

## II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA

### SECCIÓN 3.2 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Preparado para:  
Minera Yanacocha S.R.L.



Preparado por:  
Stantec Perú S.A.



## TABLA DE CONTENIDOS

<b>3</b>	<b>LINEA BASE AMBIENTAL .....</b>	<b>3.1</b>
3.2	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	3.1
3.2.1	<i>Meteorología, Clima y Zonas de vida</i> .....	3.1
3.2.1.1	Objetivos .....	3.1
3.2.1.2	Estaciones Meteorológicas.....	3.1
3.2.1.3	Clasificación Climática y Análisis de Parámetros Meteorológicos .....	3.8
3.2.1.4	Análisis de Parámetros Meteorológicos .....	3.10
3.2.1.5	Zonas de Vida .....	3.36
3.2.1.6	Ocurrencia de Fenómeno El Niño y La Niña y Cambio Climático .....	3.37
3.2.2	<i>Geología, Geomorfología, Geoquímica</i> .....	3.37
3.2.2.1	Geología.....	3.37
3.2.2.2	Geomorfología.....	3.76
3.2.2.3	Geoquímica .....	3.84
3.2.3	<i>Hidrografía, Hidrología, Hidrogeología y Balance Hídrico</i> .....	3.306
3.2.3.1	Hidrografía .....	3.306
3.2.3.1.1	Delimitación de Cuencas .....	3.306
3.2.3.1.2	Inventario de Fuentes de Agua Superficial, Subterránea y de Infraestructura Hidráulica . .....	3.307
3.2.3.1.3	Características Hidrogeomorfológicas y Geomorfológicas .....	3.317
3.2.3.1.4	Agentes Erosivos.....	3.321
3.2.3.2	Hidrología.....	3.323
3.2.3.2.1	Antecedentes .....	3.323
3.2.3.2.2	Información y Análisis Hidrometeorológico.....	3.323
3.2.3.2.3	Estudio de la Oferta Hídrica.....	3.333
3.2.3.2.4	Estudio de la Demanda Hídrica .....	3.349
3.2.3.2.5	Balance Hídrico.....	3.367
3.2.3.3	Hidrogeología.....	3.417
3.2.3.3.1	Antecedentes .....	3.417
3.2.3.3.2	Caracterización Hidrogeológica del Área del Proyecto .....	3.418
3.2.3.3.3	Inventario de Fuentes de Agua .....	3.420
3.2.3.3.4	Modelo Hidrogeológico Conceptual.....	3.427
3.2.3.3.5	Modelo Numérico de Flujo Subterráneo .....	3.450
3.2.4	<i>Suelo, Capacidad de Uso Mayor de los Suelos y Uso Actual de las Tierras</i> .	3.456
3.2.4.1	Estudio de Suelos.....	3.456
3.2.4.2	Clasificación de las Tierras por Capacidad de Uso Mayor.....	3.477
3.2.4.3	Uso Actual de la Tierra.....	3.484
3.2.4.4	Conclusiones .....	3.487
3.2.5	<i>Calidad de Aire, Suelo, Agua y Ruido Ambiental</i> .....	3.489
3.2.5.1	Calidad de Aire.....	3.489
3.2.5.2	Calidad de Suelo .....	3.521
3.2.5.3	Calidad de Agua Superficial y Efluentes.....	3.548
3.2.5.3.1	Establecimiento de la Categoría Ambiental para Cursos de Agua.....	3.548
3.2.5.3.2	Establecimiento de la Red de Muestreo .....	3.550
3.2.5.3.3	Frecuencia y Parámetros de Muestreo .....	3.554
3.2.5.3.4	Interpretación de Resultados .....	3.556
3.2.5.3.5	Identificación de Fuentes Contaminantes .....	3.602



3.2.5.4	Calidad de Agua Subterránea .....	3.603
3.2.5.4.1	Establecimiento de la Red de Muestreo en Piezómetros .....	3.603
3.2.5.4.2	Normativa Aplicable .....	3.605
3.2.5.4.3	Interpretación de Resultados .....	3.606
3.2.5.5	Ruido Ambiental .....	3.615
3.2.6	Otros Aspectos .....	3.626
3.2.6.1	Pasivos Ambientales .....	3.626
3.2.6.2	Niveles de Vibraciones .....	3.626
3.2.6.3	Sismicidad .....	3.635
3.2.6.4	Calidad de Sedimentos .....	3.640

## LISTA DE TABLAS

Tabla 3.2.1.2-1	Lista de Estaciones Meteorológicas Disponibles .....	3.1
Tabla 3.2.1.2-2	Parámetros disponibles en las estaciones regionales .....	3.2
Tabla 3.2.1.2-3	Parámetros disponibles en las estaciones locales – diarios .....	3.3
Tabla 3.2.1.2-4	Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horarios .....	3.4
Tabla 3.2.1.3-1	Clasificación Climática en las Estaciones Locales .....	3.8
Tabla 3.2.1.4-1	Precipitación Media Anual .....	3.17
Tabla 3.2.1.4-2	Precipitación Total Anual (mm) para Año Húmedo con Diferentes Periodos de Retorno .....	3.19
Tabla 3.2.1.4-3	Precipitación Total Anual (mm) para Año Seco con Diferentes Periodos de Retorno .....	3.20
Tabla 3.2.1.4-4	Precipitación Máxima en 24 Horas .....	3.20
Tabla 3.2.1.4-5	Hietogramas Sintéticos para las Estaciones Locales .....	3.21
Tabla 3.2.1.4-6	Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación La Quinua .....	3.23
Tabla 3.2.1.4-7	Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Carachugo .....	3.24
Tabla 3.2.1.4-8	Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Maqui .....	3.26
Tabla 3.2.1.4-9	Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Yanacocha .....	3.27
Tabla 3.2.1.4-10	Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Km 24 .....	3.28
Tabla 3.2.1.4-11	Evapotranspiración Potencial Anual .....	3.33
Tabla 3.2.1.4-12	Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm) .....	3.33
Tabla 3.2.1.4-13	Evaporación Potencial Anual (mm) .....	3.34
Tabla 3.2.1.4-14	Evaporación Potencial Promedio Mensual (mm) .....	3.34
Tabla 3.2.1.4-15	Promedio Mensual de Humedad Relativa .....	3.35
Tabla 3.2.1.4-16	Presión Atmosférica (mbar) .....	3.35
Tabla 3.2.1.4-17	Radiación Solar (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	3.36
Tabla 3.2.2.1-1	Dominios preferenciales de las estructuras en el Cerro Yanacocha ....	3.66
Tabla 3.2.2.2-1	Unidades Geomorfológicas en el Área de Estudio de la II MEIA .....	3.78
Tabla 3.2.2.3-1	Criterios de Calificación Según Resultados NCV .....	3.86
Tabla 3.2.2.3-2	Resumen de Materiales Analizados .....	3.90
Tabla 3.2.2.3-3	Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV .....	3.94
Tabla 3.2.2.3-4	Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Mineral ....	3.96

Tabla 3.2.2.3-5	Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Desmonte.....	3.97
Tabla 3.2.2.3-6	Cantidades de Producción del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback.....	3.98
Tabla 3.2.2.3-7	Unidades Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback .....	3.99
Tabla 3.2.2.3-8	Distribución de Alteración Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback.....	3.99
Tabla 3.2.2.3-9	Cantidad de Material a Extraer de Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur y Explotación Subterránea Chaquicocha .....	3.100
Tabla 3.2.2.3-10	Resumen de Muestras Seleccionadas para la Caracterización Geoquímica de los Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur, Explotación Subterránea Chaquicocha y Pad de Lixiviación Carachugo .....	3.100
Tabla 3.2.2.3-11	Características de las Muestras de acuerdo con el Proceso de Operación que Recibirá .....	3.101
Tabla 3.2.2.3-12	Identificación y de las Muestras de la Prueba HCT-Chaquicocha Subterráneo .....	3.101
Tabla 3.2.2.3-13	Número de Muestras e Identificación de Compósitos de Muestras de Yanacocha Verde .....	3.102
Tabla 3.2.2.3-14	Significado de las Abreviaturas de la Litología y Alteración .....	3.103
Tabla 3.2.2.3-15	Descripción de los Compósitos de WRC para Yanacocha Etapa 2 ..	3.104
Tabla 3.2.2.3-16	Coordenadas de Muestras de Desmonte y Mineral – Carachugo Fase III .....	3.107
Tabla 3.2.2.3-17	Muestras para la Caracterización Geoquímica de Relaves y Descargas de Autoclaves .....	3.108
Tabla 3.2.2.3-18	Descripción del Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails para la Caracterización Geoquímica – Mezcla de Relaves .....	3.109
Tabla 3.2.2.3-19	Descripción de relaves de flotación FT Comp .....	3.110
Tabla 3.2.2.3-20	Descripción de residuos de autoclave AC Comp .....	3.111
Tabla 3.2.2.3-21	Descripción de los compósitos de residuos para el ensayo HCT .....	3.112
Tabla 3.2.2.3-22	Resultados ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback.....	3.126
Tabla 3.2.2.3-23	Resultados ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback.....	3.128
Tabla 3.2.2.3-24	Porcentaje de Resultados Ensayo NCV para el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback.....	3.137
Tabla 3.2.2.3-25	Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV por Tipo de Material .....	3.140
Tabla 3.2.2.3-26	Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 2 .....	3.142
Tabla 3.2.2.3-27	Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 3 .....	3.143
Tabla 3.2.2.3-28	Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 4 .....	3.144
Tabla 3.2.2.3-29	Resumen de Resultados de SPLP – Chaquicocha Subterráneo .....	3.145
Tabla 3.2.2.3-30	Máximos, Mínimos y Promedios en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.146
Tabla 3.2.2.3-31	Parámetros para cada Compósito en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.147
Tabla 3.2.2.3-32	Velocidades de Liberación de SO <sub>4</sub> , Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.151
Tabla 3.2.2.3-33	Rango de Parámetros en los Compósitos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.151

Tabla 3.2.2.3-34	Máximos, Mínimos y Promedio de Iones y Parámetros Físicoquímicos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.152
Tabla 3.2.2.3-35	Resumen de Resultados de SPLP – Plataforma de Lixiviación Carachugo (Ripios).....	3.155
Tabla 3.2.2.3-36	Resumen de Resultados de Ensayos Complementarios – Complejo Chaquicocha.....	3.157
Tabla 3.2.2.3-37	Resumen de Resultados de Muestras de Descargas del Pad La Quinoa .....	3.158
Tabla 3.2.2.3-38	Muestras de Mineral DT Stock para Pruebas SPLP y HCT .....	3.165
Tabla 3.2.2.3-39	Muestras a partir de las cuales se prepararon los Compósitos para SPLP .....	3.166
Tabla 3.2.2.3-40	Ubicación de Taladros de Muestras SPLP y HCT .....	3.167
Tabla 3.2.2.3-41	Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinoa (Rechazos) .....	3.168
Tabla 3.2.2.3-42	Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinoa (Mineral no Lixiviado).....	3.169
Tabla 3.2.2.3-43	Resultados del Ensayo NCV para Yanacocha Verde .....	3.171
Tabla 3.2.2.3-44	Proporción Porcentual de los Tipos de Muestras según el Valor de NCV para Yanacocha Verde .....	3.172
Tabla 3.2.2.3-45	Valores Máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo SPLP-Yanacocha Verde .....	3.174
Tabla 3.2.2.3-46	Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y NAG-Yanacocha Verde .....	3.184
Tabla 3.2.2.3-47	Valores máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo NAG - Yanacocha Verde .....	3.186
Tabla 3.2.2.3-48	Velocidades de Liberación de $SO_4$ , Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.193
Tabla 3.2.2.3-49	Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.196
Tabla 3.2.2.3-50	Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Físicoquímicos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.197
Tabla 3.2.2.3-51	Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.197
Tabla 3.2.2.3-52	Parámetros para cada Compósito - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.198
Tabla 3.2.2.3-53	Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.199
Tabla 3.2.2.3-54	Velocidades de Liberación de $SO_4$ , Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.205
Tabla 3.2.2.3-55	Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Físicoquímicos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.206
Tabla 3.2.2.3-56	Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.206
Tabla 3.2.2.3-57	Parámetros para cada Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.208
Tabla 3.2.2.3-58	Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y BAPP - Yanacocha Verde .....	3.209
Tabla 3.2.2.3-59	Máximos, Mínimos y Promedios para Metales – BAPP - Yanacocha Verde .....	3.210
Tabla 3.2.2.3-60	Parámetros para cada Compósitos – BAPP - Yanacocha Verde .....	3.212
Tabla 3.2.2.3-61	Mineralogía de los Compósitos-WRC-Yanacocha Verde .....	3.216

Tabla 3.2.2.3-62	Guía Mineralogía .....	3.216
Tabla 3.2.2.3-63	Parámetros para cada Compósitos - WRC-Yanacocha Verde .....	3.223
Tabla 3.2.2.3-64	Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - WRC-Yanacocha Verde .....	3.224
Tabla 3.2.2.3-65	Velocidades de Liberación de SO <sub>4</sub> , Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - WRC-Yanacocha Verde .....	3.226
Tabla 3.2.2.3-66	Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV .....	3.228
Tabla 3.2.2.3-67	Muestras Utilizadas en Pruebas SPLP – Carachugo Marleny Norte .....	3.230
Tabla 3.2.2.3-68	Resultados de Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte .....	3.231
Tabla 3.2.2.3-69	Máximo, Mínimo y Promedio de la Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte .....	3.235
Tabla 3.2.2.3-70	Coordenadas de los Taladros – Tajo Carachugo Fase III .....	3.237
Tabla 3.2.2.3-71	Resultados de la Prueba NCV para Desmonte – Tajo Carachugo Fase III .....	3.238
Tabla 3.2.2.3-72	Resultados de la Prueba NCV para Mineral – Tajo Carachugo Fase III .....	3.239
Tabla 3.2.2.3-73	Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV para las 77 Muestras-Carachugo Fase III .....	3.241
Tabla 3.2.2.3-74	Taladros y Resultados de la Prueba NCV-Carachugo Fase III .....	3.243
Tabla 3.2.2.3-75	Pruebas NCV, NAG y BAPP-Carachugo Fase III .....	3.243
Tabla 3.2.2.3-76	Máximos, Mínimos y Promedio del Ensayo SPLP-Carachugo Fase III ..	3.244
Tabla 3.2.2.3-77	Lixiviación por Compósito del Ensayo SPLP – Tajo Carachugo Fase III .....	3.246
Tabla 3.2.2.3-78	Máximos, Mínimos y Promedio para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III .....	3.251
Tabla 3.2.2.3-79	Lixiviación por Compósito para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III .....	3.253
Tabla 3.2.2.3-80	Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Residuos de Autoclave .....	3.258
Tabla 3.2.2.3-81	Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Relaves de Flotación .....	3.258
Tabla 3.2.2.3-82	Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.262
Tabla 3.2.2.3-83	Abundancia Elemental y GAI de Elementos para Muestras de Relaves de Flotación, Relaves de Autoclave y Lodos de Tratamiento de Agua Ácida .....	3.265
Tabla 3.2.2.3-84	Abundancia Elemental y GAI de Elementos para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.266
Tabla 3.2.2.3-85	Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en Muestras de Relaves de Flotación, Relaves de Autoclave y Lodos de Tratamiento de Agua Ácida .....	3.268
Tabla 3.2.2.3-86	Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.269
Tabla 3.2.2.3-87	Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación .....	3.273
Tabla 3.2.2.3-88	Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Físicoquímicos del Ensayo SPLP de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA .....	3.276
Tabla 3.2.2.3-89	Sales Solubles, Metales y Aniones Lixiviados del Ensayo SPLP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.277

Tabla 3.2.2.3-90	Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.280
Tabla 3.2.2.3-91	Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Físicoquímicos del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA .....	3.281
Tabla 3.2.2.3-92	Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.287
Tabla 3.2.2.3-93	Promedio Ponderado de Metales Lixiviados del Ensayo NAG de las muestras que forman el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.....	3.288
Tabla 3.2.2.3-94	Velocidades de Liberación de SO <sub>4</sub> , Ca y Mg para las muestras Compósitos de residuos .....	3.295
Tabla 3.2.2.3-95	Rangos de Parámetros para las muestras Compósitos de residuos....	3.295
Tabla 3.2.2.3-96	Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Físicoquímicos – Compósitos de residuos .....	3.300
Tabla 3.2.2.3-97	Parámetros para cada Compósitos de residuos.....	3.302
Tabla 3.2.3.1-1	Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA SUR .....	3.316
Tabla 3.2.3.1-2	Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA ESTE .....	3.317
Tabla 3.2.3.1-3	Parámetros Geomorfológicos de las Microcuencas .....	3.322
Tabla 3.2.3.2-1	Estaciones Meteorológicas y Puntos de Monitoreo de Caudal en el Ámbito de las Microcuencas en Evaluación .....	3.324
Tabla 3.2.3.2-2	Lista de Estaciones Disponibles .....	3.325
Tabla 3.2.3.2-3	Parámetros Disponibles en las Estaciones Regionales .....	3.326
Tabla 3.2.3.2-4	Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Diarios .....	3.327
Tabla 3.2.3.2-5	Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horarios .....	3.328
Tabla 3.2.3.2-6	Evapotranspiración Potencial Anual.....	3.332
Tabla 3.2.3.2-7	Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm) .....	3.333
Tabla 3.2.3.2-8	Estaciones de Control, Descarga y Seleccionados para Verificación de Modelo Hidrológico .....	3.335
Tabla 3.2.3.2-9	Porcentajes de Balance Hidrológico en Áreas No Disturbadas .....	3.338
Tabla 3.2.3.2-10	Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s) .....	3.339
Tabla 3.2.3.2-11	Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s) .....	3.339
Tabla 3.2.3.2-12	Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.340
Tabla 3.2.3.2-13	Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s) .....	3.341
Tabla 3.2.3.2-14	Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s) ...	3.341
Tabla 3.2.3.2-15	Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.341
Tabla 3.2.3.2-16	Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s).....	3.342
Tabla 3.2.3.2-17	Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s) ....	3.342
Tabla 3.2.3.2-18	Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.342
Tabla 3.2.3.2-19	Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s) .....	3.343
Tabla 3.2.3.2-20	Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s) .....	3.343
Tabla 3.2.3.2-21	Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.343
Tabla 3.2.3.2-22	Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s)...	3.344
Tabla 3.2.3.2-23	Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s)	3.345
Tabla 3.2.3.2-24	Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.345

Tabla 3.2.3.2-25	Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Normal (m <sup>3</sup> /s) ....	3.345
Tabla 3.2.3.2-26	Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m <sup>3</sup> /s) .	3.346
Tabla 3.2.3.2-27	Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Seco (m <sup>3</sup> /s) .....	3.346
Tabla 3.2.3.2-28	Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto – Año Normal .....	3.347
Tabla 3.2.3.2-29	Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Húmedo .....	3.347
Tabla 3.2.3.2-30	Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Seco.....	3.347
Tabla 3.2.3.2-31	Caudales Máximos para Distintos Periodos de Retorno (m <sup>3</sup> /s) .....	3.348
Tabla 3.2.3.2-32	Resumen Estadístico de Caudales Observados .....	3.349
Tabla 3.2.3.2-33	Uso de Agua Subterránea .....	3.349
Tabla 3.2.3.2-34	Permisos de Agua Superficial .....	3.350
Tabla 3.2.3.2-35	Vertimiento de Aguas Industriales Tratadas .....	3.350
Tabla 3.2.3.2-36	Puntos de Control y Relación con sus Respective Puntos de Descarga .....	3.351
Tabla 3.2.3.2-37	Descarga en Canales .....	3.352
Tabla 3.2.3.2-38	Incremento en las descargas debido a la mitigación al flujo base ...	3.355
Tabla 3.2.3.2-39	Flujo Mínimo de Mitigación al Flujo Base .....	3.357
Tabla 3.2.3.2-40	Resoluciones de Uso de Agua de Otros Usuarios .....	3.359
Tabla 3.2.3.2-41	Demanda de Otros Usuarios (m <sup>3</sup> ) .....	3.360
Tabla 3.2.3.2-42	Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso Sin Proyecto (m <sup>3</sup> ) .....	3.360
Tabla 3.2.3.2-43	Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha -Caso con Proyecto (m <sup>3</sup> ) .....	3.361
Tabla 3.2.3.2-44	Demandas de agua por consumo minero Yanacocha – Caso sin Proyecto (Hm <sup>3</sup> ) .....	3.361
Tabla 3.2.3.2-45	Demandas de agua por consumo minero Yanacocha – Caso con Proyecto (Hm <sup>3</sup> ) .....	3.362
Tabla 3.2.3.2-46	Demandas Mensuales por Consumo en el Complejo Minero Yanacocha-Caso Sin Proyecto (m <sup>3</sup> ) .....	3.362
Tabla 3.2.3.2-47	Caudal Ecológico Medio Anual .....	3-365
Tabla 3.2.3.2-48	Caudal Ecológico - Método Estadístico (95% persistencia) .....	3-366
Tabla 3.2.3.2-49	Caudal ecológico – Método Hidrológico (Tennant modificado) .....	3-366
Tabla 3.2.3.2-50	Caudal Ecológico en Microcuencas de Estudio (m <sup>3</sup> /s) .....	3-367
Tabla 3.2.3.2-51	Puntos de Control y Relación con sus Respective Puntos de Descarga .....	3-369
Tabla 3.2.3.2-52	Estaciones en Canales y Flujos a Descargar .....	3-369
Tabla 3.2.3.2-53	Balance Hídrico Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada Honda.....	3-396
Tabla 3.2.3.2-54	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Azufre .	3-397
Tabla 3.2.3.2-55	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada La Saccha .....	3-398
Tabla 3.2.3.2-56	Balance Hídrico en el Caso Sin proyecto – Microcuenca Río San José .....	3-399
Tabla 3.2.3.2-57	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Grande .....	3-400
Tabla 3.2.3.2-58	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Shoclla	3-401



Tabla 3.2.3.2-59	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada SN1 .....	3-402
Tabla 3.2.3.2-60	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada Chachacoma .....	3-403
Tabla 3.2.3.2-61	Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Intercuenca SN2 .....	3-404
Tabla 3.2.3.2-62	Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso con Proyecto .....	3-405
Tabla 3.2.3.2-63	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada Honda .....	3.408
Tabla 3.2.3.2-64	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Azufre .....	3.409
Tabla 3.2.3.2-65	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada La Saccha .....	3.410
Tabla 3.2.3.2-66	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río San José .....	3.411
Tabla 3.2.3.2-67	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Grande .....	3.412
Tabla 3.2.3.2-68	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Shoclla .....	3.413
Tabla 3.2.3.2-69	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada SN1 .....	3.414
Tabla 3.2.3.2-70	Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada Chachacoma .....	3.415
Tabla 3.2.3.2-71	Balance Hídrico Proyectado – Intercuenca SN2 .....	3.416
Tabla 3.2.3.3-1	Parámetros Hidrodinámicos .....	3.420
Tabla 3.2.3.3-2	Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Seca (Octubre 2018) .....	3.422
Tabla 3.2.3.3-3	Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Húmeda (Mayo 2019) .....	3.424
Tabla 3.2.3.3-4	Balance de Agua en el Subsistema Maqui Maqui/Arnacocha .....	3.428
Tabla 3.2.3.3-5	Balance de Agua en el Subsistema Carachugo/Chaquicocha .....	3.429
Tabla 3.2.3.3-6	Balance de Agua en el Subsistema San José .....	3.431
Tabla 3.2.3.3-7	Balance de Agua en el Subsistema Yanacocha .....	3.432
Tabla 3.2.3.3-8	Balance de Agua en el Subsistema de Sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste .....	3.434
Tabla 3.2.3.3-9	Balance de Agua en el Subsistema de Sedimentos de La Quinua ....	3.435
Tabla 3.2.3.3-10	Balance de Agua en el Subsistema de Sedimentos de La Quinua ....	3.437
Tabla 3.2.3.3-11	Ubicación del Sondeo Ensayado .....	3.447
Tabla 3.2.3.3-12	Selección de Tramos .....	3.447
Tabla 3.2.3.3-13	Resumen de Resultados .....	3.449
Tabla 3.2.3.3-14	Estimación de Flujo base en el Caso Base .....	3.449
Tabla 3.2.3.3-15	Desarrollo Histórico del Modelo distrital de flujo subterráneo de MYSRL.....	3.450
Tabla 3.2.3.3-16	Coeficientes de Infiltración con los que se simula las principales Infraestructuras Mineras .....	3.453
Tabla 3.2.3.3-17	Valores de Concentración Inicial de Sulfatos Considerados en el Modelo de Transporte MEIA Yanacocha .....	3.455
Tabla 3.2.3.3-18	Valores de Difusión .....	3.455
Tabla 3.2.3.3-19	Valores de Coeficiente de Dispersividad .....	3.456
Tabla 3.2.4.1-1	Ubicación de Calicatas .....	3.457
Tabla 3.2.4.1-2	Resultados del Análisis de Caracterización de Suelos .....	3.459
Tabla 3.2.4.1-3	Fases por Pendientes .....	3.464
Tabla 3.2.4.1-4	Clasificación Taxonómica de los Suelos .....	3.464
Tabla 3.2.4.1-5	Unidades de Suelos y Pendientes .....	3.473
Tabla 3.2.4.1-6	Área y Porcentaje de Unidades de Suelos .....	3.474

Tabla 3.2.4.2-1	Capacidad de Uso Mayor de las Tierras.....	3.477
Tabla 3.2.4.2-2	Capacidad de Uso Mayor de las Tierras Identificadas.....	3.477
Tabla 3.2.4.2-3	Área de los Grupos de Capacidad de Uso Mayor .....	3.483
Tabla 3.2.4.3-1	Unidades de Uso Actual de la Tierra .....	3.485
Tabla 3.2.5.1-1	Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire .....	3.491
Tabla 3.2.5.1-2	Estándares de Calidad de Aire .....	3.493
Tabla 3.2.5.2-1	Distribución de Muestras de Suelos por Sectores.....	3.521
Tabla 3.2.5.2-2	Áreas de Muestreo de Calidad de Suelos.....	3.523
Tabla 3.2.5.2-3	Número de Muestras Duplicadas por Sector .....	3.525
Tabla 3.2.5.2-4	Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Negro .....	3.526
Tabla 3.2.5.2-5	Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector La Quinua.....	3.528
Tabla 3.2.5.2-6	Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Yanacocha.....	3.534
Tabla 3.2.5.2-7	Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Maqui Maqui.....	3.536
Tabla 3.2.5.2-8	Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Carachugo .....	3.537
Tabla 3.2.5.2-9	Red de Muestreo de Calidad de Suelos para Seguimiento y Control .....	3.543
Tabla 3.2.5.2-10	Parámetros Seleccionados y ECA Aplicables .....	3.544
Tabla 3.2.5.2-11	Resultados del Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de Calidad de Suelos.....	3.545
Tabla 3.2.5.3-1	Evaluación de las Categorías de Agua.....	3.549
Tabla 3.2.5.3-2	Evaluación de las Categorías de Agua – Condiciones Pre-Mina .....	3.549
Tabla 3.2.5.3-3	Inicio de Operación de los diferentes componentes mineros asociados a la generación de aportes de carga química por microcuenca de interés.....	3.551
Tabla 3.2.5.3-4	Estaciones de evaluación de calidad de agua superficial .....	3.552
Tabla 3.2.5.3-5	Estaciones de Ubicación de Puntos de Descarga .....	3.552
Tabla 3.2.5.3-6	Frecuencia de Monitoreo Estaciones de Agua Superficial.....	3.555
Tabla 3.2.5.3-7	Frecuencia de Monitoreo y Tipo de Descarga de los DCP .....	3.556
Tabla 3.2.5.3-8	Resultados de Calidad de Agua Superficial – Condiciones Pre-Mina .....	3.556
Tabla 3.2.5.3-9	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Quebrada Honda .....	3.559
Tabla 3.2.5.3-10	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Azufre .....	3.564
Tabla 3.2.5.3-11	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Quebrada La Saccha .....	3.568
Tabla 3.2.5.3-12	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río San José .....	3.573
Tabla 3.2.5.3-13	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Shoclla.....	3.579



Tabla 3.2.5.3-14	Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Grande.....	3.584
Tabla 3.2.5.3-15	Resumen de Cantidad de Excedencias Históricas en los DCP .....	3.592
Tabla 3.2.5.4-1	Estaciones de Muestreo de Agua Subterránea.....	3.603
Tabla 3.2.5.5-1	Estaciones de Muestreo de Ruido Ambiental .....	3.615
Tabla 3.2.5.5-2	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido .....	3.617
Tabla 3.2.6.2-1	Estaciones de Muestreo de Niveles de Vibraciones .....	3.627
Tabla 3.2.6.2-2	Estándar ISO 2631-2 .....	3.628
Tabla 3.2.6.2-3	Resultado del Muestreo de Niveles de Vibraciones.....	3.630
Tabla 3.2.6.2-4	Resultado de Muestreo de Niveles de Vibraciones - Línea Base de la I MEIA .....	3.633
Tabla 3.2.6.3-1	Registros Históricos de Eventos Sísmicos Importantes.....	3.638
Tabla 3.2.6.3-2	Parámetros de Diseño Sísmico .....	3.639
Tabla 3.2.6.4-1	Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Sedimentos .....	3.641
Tabla 3.2.6.4-2	Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos (%) .....	3.643
Tabla 3.2.6.4-3	Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda.....	3.646
Tabla 3.2.6.4-4	Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre .....	3.653
Tabla 3.2.6.4-5	Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande.....	3.657
Tabla 3.2.6.4-6	Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuaro .....	3.663
Tabla 3.2.6.4-7	Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo.....	3.667

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.2.1.2-1	Estaciones de Monitoreo Meteorológico
Figura 3.2.1.3-1	Mapa Climático
Figura 3.2.1.4-1	Mapa de Isotermas
Figura 3.2.1.4-2	Mapa de Isoyetas
Figura 3.2.2.1-2	Columna Estratigráfica Regional
Figura 3.2.2.1-3	Diagrama de Evolución del Distrito Minero de Yanacocha
Figura 3.2.2.1-4	Esfuerzo Comprensivo Dirección NE
Figura 3.2.2.1-5	Esfuerzo Comprensivo Dirección EW
Figura 3.2.2.1-6	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Cerro Encajón
Figura 3.2.2.1-7	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Cerro Encajón
Figura 3.2.2.1-8	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Cerro Encajón
Figura 3.2.2.1-9	Plano Litológico y Estructural de la Subdivisión de Áreas estructurales
Figura 3.2.2.1-10	Densidad de Polos y Diagrama de rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Sur
Figura 3.2.2.1-11	Densidad de polos y diagrama de rosas de Fallas del tajo Yanacocha Sur
Figura 3.2.2.1-12	Densidad de polos y diagrama de rosas de Junturas del tajo Yanacocha Sur

Figura 3.2.2.1-13	Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Sur
Figura 3.2.2.1-14	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Oeste
Figura 3.2.2.1-15	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Tajo Yanacocha Oeste
Figura 3.2.2.1-16	Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Tajo Yanacocha Oeste
Figura 3.2.2.1-17	Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Oeste
Figura 3.2.2.1-18	Modelo Geológico-Estructural Proyecto Yanacocha (Nivel 3,757)
Figura 3.2.2.1-19	Esfuerzo Dirección N60-80E
Figura 3.2.2.1-20	Direcciones Preferenciales de Esfuerzos (delta 1)
Figura 3.2.2.1-21	Esfuerzo Dirección EW
Figura 3.2.2.1-22	Esfuerzo Dirección N20-30W
Figura 3.2.2.3-1	Ubicación de Yanacocha Layback en el interior del Tajo Yanacocha Sur
Figura 3.2.2.3-2	Mapa de Ubicación de Taladros en el Tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste Layback)
Figura 3.2.2.3-3	Mapa de ubicación del área del proyecto de La Quinua Sur Robust layback
Figura 3.2.2.3-4	Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico de Carachugo Fase III
Figura 3.2.2.3-5	Corte Transversal que Muestra Tipos de Alteración en Yanacocha Sur Layback
Figura 3.2.2.3-6	Ubicación de Taladros de Perforación en YS Layback para Ensayos de NCV
Figura 3.2.2.3-7	Densidad de los Taladros Realizados en el Depósito La Quinua Sur Robust Layback
Figura 3.2.2.3-8	Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico – Carachugo Fase III
Figura 3.2.2.3-9	Modificaciones de Componentes Propuestos
Figura 3.2.3.2-2	Esquema de Modelo Hidrológico Implementado (SMA – HEC HMS)
Figura 3.2.3.2-3	Mapa de Ubicación de Puntos usados para la verificación del modelo hidrológico
Figura 3.2.6.3-1	Geometría de la Zona de Subducción
Figura 3.2.1.5-1	Mapa de Zonas de Vida
Figura 3.2.2.1-1	Mapa de Geología Regional
Figura 3.2.2.1-4	Mapa de Geología Local
Figura 3.2.2.1-5	Secciones Geológicas
Figura 3.2.2.2-1	Mapa de Unidades Geomorfológicas
Figura 3.2.2.2-2	Plano Topográfico
Figura 3.2.2.2-3	Mapa de Pendientes
Figura 3.2.2.2-4	Perfil Topográfico A-A'
Figura 3.2.2.2-5	Perfil Topográfico B-B'
Figura 3.2.3.1-1	Mapa Hidrográfico Regional
Figura 3.2.3.1-2	Mapa Hidrográfico Local
Figura 3.2.3.1-3	Mapa de Fuentes de Agua Superficial
Figura 3.2.3.1-4	Mapa de Ubicación de Canales COMOCA SUR

Figura 3.2.3.1-5	Mapa de Ubicación de Canales COMOCA ESTE
Figura 3.2.3.3-1	Área de Estudio Hidrogeológico
Figura 3.2.3.2-1	Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas y Estaciones de Monitoreo
Figura 3.2.3.3-2	Unidades Hidrogeológicas
Figura 3.2.4.4-1	Mapa de Ubicación de Calicatas
Figura 3.2.4.4-2	Unidades Cartográficas de Suelos
Figura 3.2.4.4-3	Capacidad de Uso Mayor de Suelos
Figura 3.2.4.4-4	Mapa de Uso Actual de Suelos
Figura 3.2.5.1-1	Cuenca Atmosférica de la Ciudad de Cajamarca
Figura 3.2.5.1-2	Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire
Figura 3.2.5.2-1	Áreas de Muestreo de Identificación - Calidad de Suelos
Figura 3.2.5.2-2	Estaciones de Monitoreo de Calidad de Suelos
Figura 3.2.5.3-1	Estaciones de Evaluación de Calidad de Agua Superficial – Condición Pre Mina
Figura 3.2.5.3-2	Estaciones de Evaluación de Calidad de Agua Superficial y Efluentes – Condiciones Históricas
Figura 3.2.5.5-1	Estaciones de Muestreo de Ruido Ambiental
Figura 3.2.6.2-1	<i>Estaciones de Muestreo de Niveles de Vibraciones</i>
Figura 3.2.6.3-2	Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.2.2.3-1	Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-YSL ...	3.117
Gráfico 3.2.2.2-2	Resultados de la Clasificación AGP y ANP para Muestras de Mineral .....	3.117
Gráfico 3.2.2.3-3	Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-YSL ..	3.118
Gráfico 3.2.2.3-4	Histograma de Alteraciones para Muestras de Mineral-YSL .....	3.118
Gráfico 3.2.2.3-5	Histograma de la Clasificación de NCV para Muestras de Mineral con Alteración Sílice Masiva-YSL.....	3.119
Gráfico 3.2.2.3-6	Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte .....	3.119
Gráfico 3.2.2.3-7	Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-YSL .....	3.120
Gráfico 3.2.2.3-8	Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-YSL .....	3.120
Gráfico 3.2.2.3-9	Histograma de Alteraciones para Muestras de Desmonte-YSL .....	3.121
Gráfico 3.2.2.3-10	Histograma de la Clasificación de NCV para Muestras de Desmonte con Alteración Sílice Masiva-YSL.....	3.121
Gráfico 3.2.2.3-11	Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3.....	3.122
Gráfico 3.2.2.3-12	Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3.....	3.122
Gráfico 3.2.2.3-13	Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Mineral-La Quinua 3 .....	3.123
Gráfico 3.2.2.3-14	Histograma NCV para las Muestras de Mineral con Alteración SM-La Quinua 3.....	3.123
Gráfico 3.2.2.3-15	Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-La Quinua 3.....	3.124

Gráfico 3.2.2.3-16	Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-La Quinua 3.....	3.124
Gráfico 3.2.2.3-17	Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Desmonte-La Quinua 3 .....	3.125
Gráfico 3.2.2.3-18	Histograma NCV para las Muestras de Desmonte con Alteración SM-La Quinua 3.....	3.125
Gráfico 3.2.2.3-19	Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback.....	3.136
Gráfico 3.2.2.3-20	Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback .....	3.137
Gráfico 3.2.2.3-21	Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback.....	3.138
Gráfico 3.2.2.3-22	Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback.....	3.138
Gráfico 3.2.2.3-23	AGP vs. ANP para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback.....	3.139
Gráfico 3.2.2.3-24	AGP vs. ANP para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback.....	3.139
Gráfico 3.2.2.3-25	Sulfato Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo ..	3.147
Gráfico 3.2.2.3-26	Acidez Acumulada en la prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo.	3.148
Gráfico 3.2.2.3-27	Evolución del pH en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo.....	3.148
Gráfico 3.2.2.3-28	Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.149
Gráfico 3.2.2.3-29	Calcio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo..	3.149
Gráfico 3.2.2.3-30	Magnesio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.150
Gráfico 3.2.2.3-31	Ca+Mg Acumulado vs. Sulfato Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.150
Gráfico 3.2.2.3-32	Arsénico Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.152
Gráfico 3.2.2.3-33	Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo ...	3.153
Gráfico 3.2.2.3-34	Plomo Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo ..	3.153
Gráfico 3.2.2.3-35	Cobre Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo ..	3.154
Gráfico 3.2.2.3-36	Zinc Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.154
Gráfico 3.2.2.3-37	Cadmio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo .....	3.155
Gráfico 3.2.2.3-38	Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo Yanacocha.....	3.164
Gráfico 3.2.2.3-39	Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo La Quinua.....	3.165
Gráfico 3.2.2.3-40	AGP vs. ANP. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde .....	3.173
Gráfico 3.2.2.3-41	AGP vs. ANP. A. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde .....	3.173
Gráfico 3.2.2.3-42	Correlación entre NCV y %Sulfuros-Yanacocha Verde.....	3.174
Gráfico 3.2.2.3-43	Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.176
Gráfico 3.2.2.3-44	Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.176
Gráfico 3.2.2.3-45	Comparación de los Valores de Cu del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.177

Gráfico 3.2.2.3-46	Comparación de los Valores de Mn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.177
Gráfico 3.2.2.3-47	Comparación de los Valores de Be del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.178
Gráfico 3.2.2.3-48	Comparación de los Valores de Al del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.179
Gráfico 3.2.2.3-49	Comparación de los Valores de Cr del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.179
Gráfico 3.2.2.3-50	Correlación entre el Fe y el Azufre Sulfúrico (SS) de las Muestras de Litología Upha para el Ensayo SPLP-Yanacocha Verde.....	3.180
Gráfico 3.2.2.3-51	Comparación de los Valores de K del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.180
Gráfico 3.2.2.3-52	Comparación de los Valores de Mg del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.181
Gráfico 3.2.2.3-53	Comparación de los Valores de Ti del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.181
Gráfico 3.2.2.3-54	Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.182
Gráfico 3.2.2.3-55	Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.182
Gráfico 3.2.2.3-56	Comparación de los Valores de Mo del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.183
Gráfico 3.2.2.3-57	Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP por litología-Yanacocha Verde .....	3.183
Gráfico 3.2.2.3-58	NCV vs. pH NAG. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde .....	3.185
Gráfico 3.2.2.3-59	NCV vs. pH NAG. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde .....	3.185
Gráfico 3.2.2.3-60	Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de NAG con los LMP por litología-Yanacocha Verde .....	3.187
Gráfico 3.2.2.3-61	Correlación Fe vs. SS del Ensayo NAG –Yanacocha Verde.....	3.188
Gráfico 3.2.2.3-62	Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.188
Gráfico 3.2.2.3-63	Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.189
Gráfico 3.2.2.3-64	Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.189
Gráfico 3.2.2.3-65	Acidez Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.190
Gráfico 3.2.2.3-66	Alcalinidad Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.190
Gráfico 3.2.2.3-67	Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.191
Gráfico 3.2.2.3-68	Manganeso Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.191
Gráfico 3.2.2.3-69	Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.192
Gráfico 3.2.2.3-70	Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.193
Gráfico 3.2.2.3-71	Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.194
Gráfico 3.2.2.3-72	Arsénico Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.194

Gráfico 3.2.2.3-73	Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.195
Gráfico 3.2.2.3-74	Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.195
Gráfico 3.2.2.3-75	Cobre Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde .....	3.196
Gráfico 3.2.2.3-76	Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.199
Gráfico 3.2.2.3-77	Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.200
Gráfico 3.2.2.3-78	Acidez Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.200
Gráfico 3.2.2.3-79	Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.201
Gráfico 3.2.2.3-80	Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.201
Gráfico 3.2.2.3-81	Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.202
Gráfico 3.2.2.3-82	Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.202
Gráfico 3.2.2.3-83	Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.203
Gráfico 3.2.2.3-84	Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.203
Gráfico 3.2.2.3-85	Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.204
Gráfico 3.2.2.3-86	Arsénico Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.204
Gráfico 3.2.2.2-87	Hierro Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde .....	3.205
Gráfico 3.2.2.3-88	pH BAPP vs. pH NAG con respecto a la Alteración de la Muestra - Yanacocha Verde .....	3.210
Gráfico 3.2.2.3-89	Comparación de los Valores de As del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.213
Gráfico 3.2.2.3-90	Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.214
Gráfico 3.2.2.3-91	Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.214
Gráfico 3.2.2.3-92	Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.215
Gráfico 3.2.2.3-93	Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde .....	3.215
Gráfico 3.2.2.3-94	Evolución del pH en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.217
Gráfico 3.2.2.3-95	Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde.....	3.217
Gráfico 3.2.2.3-96	Calcio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.218
Gráfico 3.2.2.3-97	Magnesio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.218
Gráfico 3.2.2.3-98	Manganeso Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde .....	3.219
Gráfico 3.2.2.3-99	Calcio+Magnesio+Manganeso Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde.....	3.220
Gráfico 3.2.2.3-100	Hierro Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde.....	3.220
Gráfico 3.2.2.3-101	Aluminio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde.....	3.221



Gráfico 3.2.2.3-102	Mercurio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.221
Gráfico 3.2.2.3-103	Cadmio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.222
Gráfico 3.2.2.3-104	Arsénico Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde .....	3.222
Gráfico 3.2.2.3-105	Histograma de Clasificación NCV – Mineral Carachugo Marleny Norte .....	3.229
Gráfico 3.2.2.3-106	Histograma de Clasificación NCV – Desmonte Carachugo Marleny Norte .....	3.229
Gráfico 3.2.2.3-107	Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP– Carachugo Marleny Norte .....	3.232
Gráfico 3.2.2.3-108	Comparación de los Valores de Arsénico del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.232
Gráfico 3.2.2.3-109	Comparación de los Valores de Cobre del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.233
Gráfico 3.2.2.3-110	Comparación de los Valores de Magnesio del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.233
Gráfico 3.2.2.3-111	Comparación de los Valores de Zinc del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.234
Gráfico 3.2.2.3-112	Comparación de los Valores de Hierro del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.234
Gráfico 3.2.2.3-113	Comparación de los Valores de Manganeseo del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte .....	3.235
Gráfico 3.2.2.3-114	Resultados de Prueba NCV de Muestras de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III.....	3.241
Gráfico 3.2.2.3-115	Resultados de Prueba NCV de Muestras de Mineral – Tajo Carachugo Fase III.....	3.241
Gráfico 3.2.2.3-116	AGP vs. ANP de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III.....	3.242
Gráfico 3.2.2.3-117	AGP vs. ANP de Mineral – Tajo Carachugo Fase III.....	3.242
Gráfico 3.2.2.3-118	Lixiviación de Sulfato por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=desmonte .....	3.247
Gráfico 3.2.2.3-119	Conductividad por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte.....	3.247
Gráfico 3.2.2.3-120	STD por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.248
Gráfico 3.2.2.3-121	Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte.....	3.248
Gráfico 3.2.2.3-122	Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.249
Gráfico 3.2.2.3-123	Lixiviación de Bario por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte.....	3.249
Gráfico 3.2.2.3-124	pH por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.250
Gráfico 3.2.2.3-125	Lixiviación de Hierro por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte.....	3.250
Gráfico 3.2.2.3-126	Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.254
Gráfico 3.2.2.3-127	Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.254
Gráfico 3.2.2.3-128	Lixiviación de Aluminio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.255
Gráfico 3.2.2.3-129	Lixiviación de Mercurio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.255

Gráfico 3.2.2.3-130	Lixiviación de Níquel por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.256
Gráfico 3.2.2.3-131	Lixiviación de Zinc por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.256
Gráfico 3.2.2.3-132	Lixiviación de Plomo por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.257
Gráfico 3.2.2.3-133	Lixiviación de Cobre por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte .....	3.257
Gráfico 3.2.2.3-134	AGP vs. ANP a las Muestras de Residuo de Autoclave .....	3.260
Gráfico 3.2.2.3-135	AGP vs. ANP a las Muestras de Relaves de Flotación .....	3.260
Gráfico 3.2.2.3-136	NCV vs. pH NAG a las Muestras de Residuo de Autoclave .....	3.261
Gráfico 3.2.2.3-137	NCV vs. pH NAG a las Muestras de Relaves de Flotación .....	3.261
Gráfico 3.2.2.3-138	AGP vs. ANP para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.263
Gráfico 3.2.2.3-139	NCV vs. pH NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.264
Gráfico 3.2.2.3-140	Conductividad en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.270
Gráfico 3.2.2.3-141	pH en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Autoclaves y Relaves de Flotación .....	3.270
Gráfico 3.2.2.3-142	Lixiviación de Azufre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.271
Gráfico 3.2.2.3-143	Lixiviación de Calcio del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.271
Gráfico 3.2.2.3-144	Lixiviación de Hierro del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.272
Gráfico 3.2.2.3-145	Lixiviación de Arsénico del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.274
Gráfico 3.2.2.3-146	Lixiviación de Cobre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.274
Gráfico 3.2.2.3-147	Lixiviación de Plomo del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.275
Gráfico 3.2.2.3-148	Lixiviación de Manganeseo del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.275
Gráfico 3.2.2.3-149	Lixiviación de Cobalto del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.277
Gráfico 3.2.2.3-150	Lixiviación de Cobre en el Ensayo SPLP comparados con LMP del Residuo del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails .....	3.279
Gráfico 3.2.2.3-151	pH en el Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.282
Gráfico 3.2.2.3-152	Lixiviación de Zinc del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.282
Gráfico 3.2.2.3-153	Lixiviación de Aluminio del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.283
Gráfico 3.2.2.3-154	Lixiviación de Manganeseo del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.284
Gráfico 3.2.2.3-155	Lixiviación de Hierro del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.284
Gráfico 3.2.2.3-156	Lixiviación de Plata del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.285
Gráfico 3.2.2.3-157	Lixiviación de Plomo del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.285



Gráfico 3.2.2.3-158	Lixiviación de Arsénico del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación.....	3.286
Gráfico 3.2.2.3-159	Lixiviación de Cobre del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación .....	3.286
Gráfico 3.2.2.3-160	Cobre en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.....	3.289
Gráfico 3.2.2.3-161	Plomo en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.....	3.289
Gráfico 3.2.2.3-162	Hierro en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.....	3.290
Gráfico 3.2.2.3-163	pH en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.....	3.290
Gráfico 3.2.2.3-164	Evolución del pH en la Prueba HCT – Compósitos de residuos .....	3.291
Gráfico 3.2.2.3-165	Sulfato acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos .....	3.292
Gráfico 3.2.2.3-166	Acidez acumulada en la Prueba HCT – Compósitos de residuos .....	3.292
Gráfico 3.2.2.3-167	Alcalinidad acumulada en la Prueba HCT – Compósitos de residuos .....	3.293
Gráfico 3.2.2.3-168	Calcio acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos.....	3.293
Gráfico 3.2.2.3-169	Magnesio acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos..	3.294
Gráfico 3.2.2.3-170	Sulfato acumulado vs. Ca+Mg acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos .....	3.294
Gráfico 3.2.2.3-171	Hierro acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos.....	3.296
Gráfico 3.2.2.3-172	Estroncio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos ....	3.296
Gráfico 3.2.2.3-173	Níquel acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos.....	3.297
Gráfico 3.2.2.3-174	Titanio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos .....	3.297
Gráfico 3.2.2.3-175	Talio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos .....	3.298
Gráfico 3.2.2.3-176	Antimonio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos..	3.298
Gráfico 3.2.2.3-177	Arsénico acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos.....	3.299
Gráfico 3.2.2.3-178	Potasio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos .....	3.299
Gráfico 3.2.2.3-179	Sodio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos .....	3.300
Gráfico 3.2.3-1	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Honda .....	3.307
Gráfico 3.2.3-2	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Azufre .....	3.308
Gráfico 3.2.3-3	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada La Saccha .....	3.308
Gráfico 3.2.3-4	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río San José .....	3.309
Gráfico 3.2.3-5	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Grande.....	3.310
Gráfico 3.2.3-6	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Shoclla .....	3.310
Gráfico 3.2.3-7	Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Chachacoma.....	3.311
Gráfico 3.2.3-8	Caudales Registrados en el Dique Rejo (CP6) .....	3.313
Gráfico 3.2.3-9	Caudales Registrados en el Dique Azufre (CP10).....	3.313
Gráfico 3.2.3-10	Caudales Registrados en el Dique Río Grande (CP3).....	3.314
Gráfico 3.2.3-11	Modelo GoldSim del Reservorio San José.....	3.315
Gráfico 3.2.3-12	Variación Volumétrica del Reservorio San José .....	3.316
Gráfico 3.2.3-13	Registro Multianual de Precipitación en las Estaciones Locales y Regionales .....	3.330
Gráfico 3.2.3-14	Análisis y Tratamiento de Datos -Método del Vector Regional.....	3.331
Gráfico 3.2.3-15	Análisis y Tratamiento de Datos -Curva Doble Masa .....	3.331
Gráfico 3.2.3-16	Método de Vector Regional – Estaciones Seleccionadas .....	3.332
Gráfico 3.2.3-17	Caudal Medio Anual- Caso Sin Proyecto .....	3.340

Gráfico 3.2.3-18	Caudal Medio Mensual- Caso Sin Proyecto - Año Normal .....	3.340
Gráfico 3.2.3-19	Caudal Medio Anual - Caso con Proyecto.....	3.344
Gráfico 3.2.3-20	Caudal Medio Mensual- Caso con Proyecto - Año Normal .....	3.344
Gráfico 3.2.3-21	Esquema de Balance Hídrico – Caso Sin Proyecto .....	3.363
Gráfico 3.2.3-22	Esquema de Balance Hídrico - Caso Con Proyecto .....	3.364
Gráfico 3.2.3-23	Diagrama Fluvial Quebrada Honda – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto .....	3-371
Gráfico 3.2.3-24	Diagrama Fluvial Quebrada Honda – Época Húmeda (mes de agosto) – Sin Proyecto.....	3-372
Gráfico 3.2.3-25	Diagrama Fluvial Río Azufre – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto.....	3-373
Gráfico 3.2.3-26	Diagrama Fluvial Río Azufre – Época Húmeda (mes de agosto) – Sin Proyecto .....	3-374
Gráfico 3.2.3-27	Diagrama Fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto.....	3-375
Gráfico 3.2.3-28	Diagrama Fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – Época Seca (mes de agosto) – Sin Proyecto.....	3-376
Gráfico 3.2.3-29	Diagrama Fluvial Río Grande – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto .....	3-377
Gráfico 3.2.3-30	Diagrama Fluvial Río Grande – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto .....	3-378
Gráfico 3.2.3-31	Diagrama fluvial Río Shoclla – época húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto .....	3-379
Gráfico 3.2.3-32	Diagrama fluvial Río Shoclla – época seca (mes de agosto) – Sin Proyecto .....	3-380
Gráfico 3.2.3-33	Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto.....	3-381
Gráfico 3.2.3-34	Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época seca (mes de agosto) – Sin Proyecto.....	3-382
Gráfico 3.2.3-35	Diagrama fluvial Quebrada Honda – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-383
Gráfico 3.2.3-36	Diagrama fluvial Quebrada Honda – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto.....	3-384
Gráfico 3.2.3-37	Diagrama fluvial Río Azufre – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-385
Gráfico 3.2.3-38	Diagrama fluvial Río Azufre – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto .....	3-386
Gráfico 3.2.3-39	Diagrama fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-387
Gráfico 3.2.3-40	Diagrama fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto .....	3-388
Gráfico 3.2.3-41	Diagrama fluvial Río Grande – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-389
Gráfico 3.2.3-42	Diagrama fluvial Río Grande – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto .....	3-390
Gráfico 3.2.3-43	Diagrama fluvial Río Shoclla – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-391
Gráfico 3.2.3-44	Diagrama fluvial Río Shoclla – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto .....	3-392
Gráfico 3.2.3-45	Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto .....	3-393

Gráfico 3.2.3-46	Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto .....	3-394
------------------	---	-------

## LISTA DE FOTOS

Foto 3.2.2.1-1	Características Estructurales Sector Yanacocha Sur .....	3.59
Foto 3.2.2.1-2	Características Estructurales Sector Yanacocha Oeste .....	3.65
Foto 3.2.2.2-1	Altiplanicie Fluvioglaciaria .....	3.80
Foto 3.2.2.2-2	Altiplanicie Volcánica .....	3.81
Foto 3.2.2.2-3	Altiplanicie Volcánica Sedimentaria .....	3.81
Foto 3.2.2.2-4	Ladera de Colina Fluvioglaciaria .....	3.82
Foto 3.2.2.2-5	Ladera de Colina Volcánica .....	3.83
Foto 3.2.2.2-6	Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria .....	3.84
Foto 3.2.2.2-7	Áreas de Intervención Minera .....	3.84

## APÉNDICES

### APÉNDICE D – ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

### APÉNDICE E – CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

#### ANEXO E.1 – CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD ANALÍTICA

#### ANEXO E.2 – INFORMES DE INVESTIGACIÓN Y MEMORANDUMS

### APÉNDICE F – ESTUDIOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

#### ANEXO F.1 – ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### ANEXO F.2 – INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

#### ANEXO F.3 – ESTUDIOS DE CAUDAL ECOLÓGICO

#### ANEXO F.4 – INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

#### ANEXO F.5 – ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

### APÉNDICE G – INFORMACIÓN DE SUELOS

#### ANEXO G.1 – PERFILES

#### ANEXO G.2 – RESULTADOS DE LABORATORIO

#### ANEXO G.3 – CERTIFICADOS DE HABILITACIÓN

### APÉNDICE H – INFORMES DE MONITOREO

#### ANEXO H.1 INFORMES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRES, RUIDO Y VIBRACIONES

#### ANEXO H.2 – INFORME DE CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y EFLUENTES

#### ANEXO H.3 – ESTADÍSTICAS Y GRÁFICAS DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

ANEXO H.4 – PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

ANEXO H.5 – CARGOS DE INFORMES DE MONITOREO

ANEXO H.6 – INFORME DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

APÉNDICE I – RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL IISC

APÉNDICE J – EVALUACIÓN DE RIESGO SÍSMICO

### 3 LINEA BASE AMBIENTAL

#### 3.2 Descripción del Medio Físico

##### 3.2.1 Meteorología, Clima y Zonas de vida

Para la caracterización climática del área de estudio del Proyecto, se ha tenido en cuenta la caracterización e información meteorológica disponible en el "Estudio Climatológico para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha – Estudio Climatológico", elaborado por WSP Perú S.A. (WSP, 2019), en el cual el análisis de los parámetros climáticos fue realizado usando información de estaciones regionales y locales. Las estaciones locales son aquellas que Yanacocha ha instalado y operado dentro de su propiedad a partir del año 1993, y las estaciones regionales son aquellas que pertenecen al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. En la Tabla 3.2.1.2-1, *Lista de Estaciones Meteorológicas Disponibles*, se muestra la ubicación geográfica de las estaciones disponibles en la zona del proyecto. Asimismo, cabe aclarar que el área de estudio para la caracterización climática se encuentra delimitada en el mencionado Estudio Climatológico elaborado por WSP.

##### 3.2.1.1 Objetivos

- Caracterizar los parámetros climatológicos y meteorológicos en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha, tales como: precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa, radiación, velocidad y dirección de viento.
- Describir el régimen meteorológico en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha con la finalidad de especificar la temporalidad en la descripción de los parámetros climáticos.
- Determinar el tipo de clima en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha según la metodología de Thornwaite, así como analizar la incidencia del fenómeno El Niño sobre el área del proyecto.
- Analizar las proyecciones de cambio climático sobre el área del proyecto.

##### 3.2.1.2 Estaciones Meteorológicas

Las principales características (fuente, ubicación, altitud) de las estaciones meteorológicas disponibles y las distancias del Proyecto a las mismas se muestran en la Tabla 3.2.1.2-1, *Lista de Estaciones Meteorológicas Disponibles*. La ubicación de las estaciones meteorológicas disponibles se presenta en la Figura 3.2.1.2-1, *Estaciones de Monitoreo Meteorológico*.

Los parámetros de las estaciones regionales (administradas por SENAMHI) se presentan en la Tabla 3.2.1.2-2, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Regionales*, mientras los parámetros disponibles en las estaciones locales (de propiedad de MYSRL) a nivel diario y horario se muestran en la Tabla 3.2.1.2-3, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Diario*, y Tabla 3.2.1.2-4, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horario*, respectivamente. Los datos registrados de las estaciones regionales y locales se presentan en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Tabla 3.2.1.2-1 Lista de Estaciones Meteorológicas Disponibles**

Estación	Fuente	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Proyecto (km)
Maqui Maqui	MYSRL	780507	9228923	4112	0.23
Yanacocha	MYSRL	772624	9229184	3816	Dentro del Área del Proyecto
Carachugo	MYSRL	775412	9227811	4196	Dentro del Área del Proyecto
La Quinua	MYSRL	768899	9227128	3455	Dentro del Área del Proyecto
Km 24	MYSRL	765575	9220546	3613	0.22
Huayramachay	MYSRL	790063	9234970	4086	10.55
Chailhuagón	MYSRL	790529	9230012	3760	10.03
Negritos	SENAMHI	768842	9225554	3560	Dentro del Área del Proyecto
Augusto Weberbauer	SENAMHI	777966	9208909	2660	13.12

Estación	Fuente	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)	Distancia al Proyecto (km)
Bambamarca	SENAMHI	774561	9262409	2577	31.11
Granja Porcón	SENAMHI	763297	9221895	3261	2.41
La Encañada	SENAMHI	796408	9212494	2950	18.73
Llapa	SENAMHI	741217	9227535	2900	23.49
Magdalena	SENAMHI	759490	9197942	1257	22.34
Hacienda Negritos	SENAMHI	772586	9236601	3500	6.00
Quebrada Honda	SENAMHI	759686	9236666	3550	11.98
La Llica	SENAMHI	774462	9249070	2625	17.90
Cajamarca	SENAMHI	777976	9210753	2620	11.50
Cerro Chicche	SENAMHI	746779	9234884	3485	20.54
Hacienda Quilcate	SENAMHI	750516	9245930	3250	25.02
Fuente: Estudio Climático para la Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).					

Tabla 3.2.1.2-2 Parámetros disponibles en las estaciones regionales

Estación	Parámetros	Periodo
Quebrada Honda	Precipitación Total Mensual	1965 – 1997
	Precipitación Máxima en 24 horas	1965 – 1997
La Llica	Precipitación Total Mensual	1983 – 1998
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 1998
Llapa	Precipitación Total Mensual	1964 – 2016
	Precipitación Máxima en 24 horas	1964 – 2016
	Temperatura Media Mensual	1996 – 2016
Augusto Weberbauer	Precipitación Total Mensual	1973 – 1994 / 1996 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1973 – 1994 / 1996 – 2018
	Evaporación total mensual tanque	2010 – 2011/2013 – 2014/2017-2018
	Humedad relativa media mensual	1988 / 1990 – 2000 / 2006 / 2010/2012 – 2018
	Dirección predominante y velocidad media del viento en el mes	2007 – 2011
	Temperatura Máxima Media Mensual	1965 – 2018
	Temperatura Media Mensual	1965 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	1965 – 2018
Granja Porcón	Precipitación Total Mensual	1967 – 1981 / 1986 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1967 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	1997 – 2014
	Temperatura Media Mensual	1997 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	1997 – 2014
Negritos	Precipitación Total Mensual	1979 - 1994
	Precipitación Máxima en 24 horas	1979 - 1994
Hacienda Negritos	Precipitación Total Mensual	1962 - 1975
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 1975
Bambamarca	Precipitación Total Mensual	1962 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	2000 – 2014
	Temperatura Media Mensual	2000 – 2018

Estación	Parámetros	Período
	Temperatura Mínima Media Mensual	2000 – 2014
La Encañada	Precipitación Total Mensual	1998 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1998 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	2003 – 2014
	Temperatura Media Mensual	2003 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	2003 – 2014
	Dirección predominante y velocidad media del viento mensual	2004 – 2009
Magdalena	Precipitación Total Mensual	1964 - 1982 / 1987 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1964 – 2018
	Temperatura Media Mensual	1994 – 2018
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019)		

**Tabla 3.2.1.2-3 Parámetros disponibles en las estaciones locales – diarios**

Estación	Parámetros	Periodo existente
Maqui Maqui	Precipitación (mm)	1995 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1995 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1995 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1995 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1995 - 2014
	Evaporación (mm)	1995 - 2010
	Humedad relativa (%)	1995 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	1995 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	1995 - 2014
Carachugo	Precipitación (mm)	1993 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1993 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1993 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1993 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1996 - 2014
	Evaporación (mm)	1994 - Abr2010
Yanacocha	Precipitación (mm)	1998 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1998 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1998 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1998 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1998 - 2014
	Evaporación (mm)	1998 - Abr2010
	Humedad relativa (%)	2004 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	2005 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2005 - 2014
La Quinua	Precipitación (mm)	1999 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1999 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1999 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1999 - 2014

Estación	Parámetros	Periodo existente
	Dirección del viento (grados)	1999 - 2014
	Evaporación (mm)	1999 - Abr2012
	Humedad relativa (%)	2003 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	2004 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2004 - 2014
Km 24	Precipitación (mm)	2003 - 2014
	Temperatura máxima (°C)	2003 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	2003 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	2003 - 2014
	Dirección del viento (grados)	2003 - 2014
	Evaporación (mm)	2003 - Abr2010
	Temperatura promedio (°C)	2004 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2004 - 2014
Chailhuagón	Precipitación (mm)	1997 - Ago2014
	Temperatura promedio (°C)	1998 - Oct2014
	Temperatura mínima (°C)	1997 - Oct2014
	Temperatura máxima (°C)	1997 - Oct2014
	Evaporación (mm)	1998 - Ago2014
	Humedad relativa (%)	1998 - Oct2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1997 - Oct2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	1997 - Oct2014
Huayramachay	Precipitación (mm)	2004 - Ago2014
	Temperatura promedio (°C)	2004 - Oct2014
	Temperatura mínima (°C)	2004 - Oct2014
	Temperatura máxima (°C)	2004 - Oct2014
	Evaporación (mm)	2004 - Ago2014
	Humedad relativa (%)	2004 - Oct2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	2004 - Oct2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2004 - Oct2014
	Dirección del viento (grados)	2004 - Oct2009
Fuente: Estudio Climático para la Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2017)		

Tabla 3.2.1.2-4 Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horarios

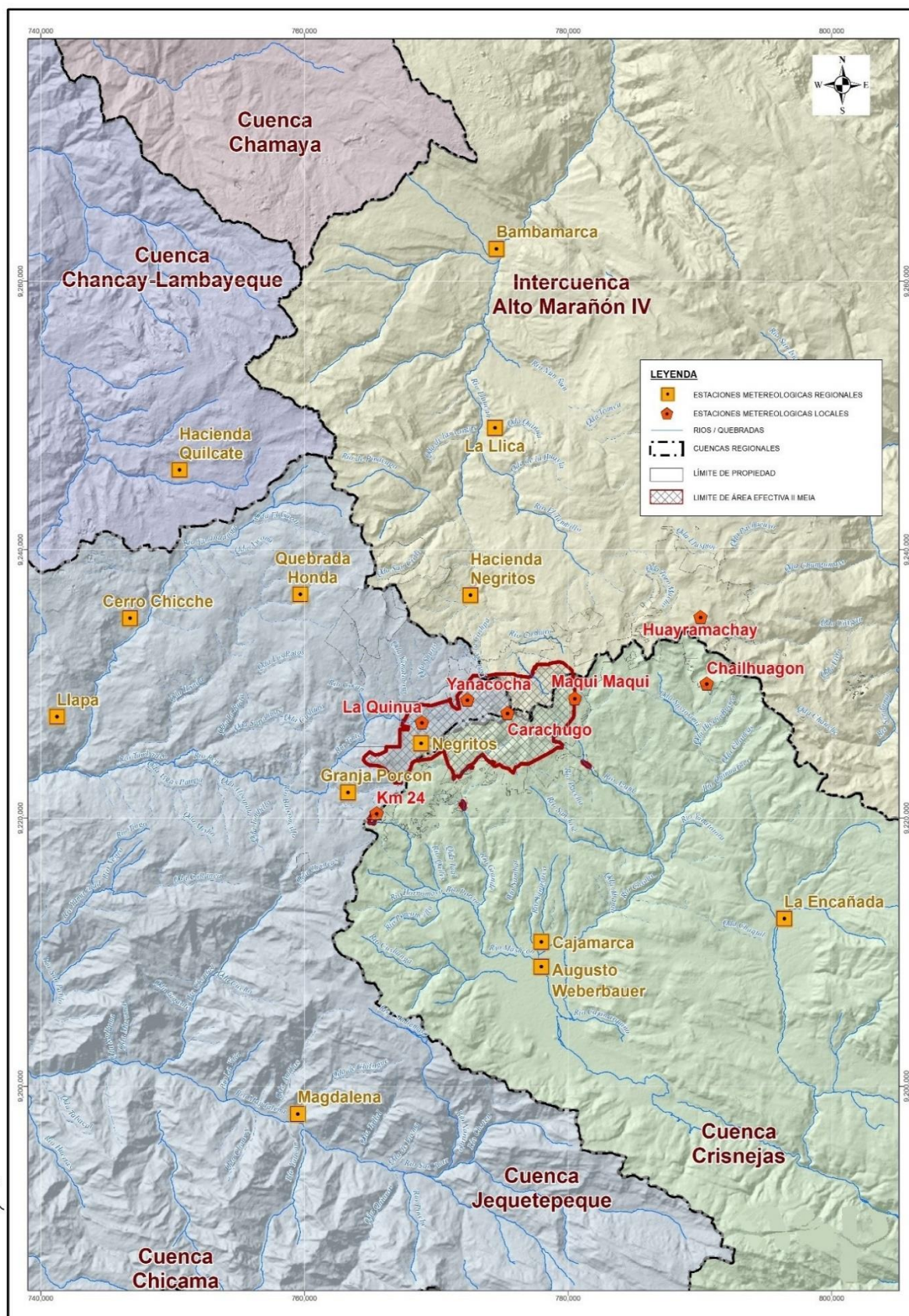
Estación	Parámetros	Periodo existente
Maqui Maqui	Precipitación (mm)	2003-2006 / 2009-Nov2018
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Mar2017
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Mar2017
	Humedad relativa (%)	2012 - Mar2017



Estación	Parámetros	Periodo existente
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Radiación (W/m²)	Mar2015 – Nov2018
Carachugo	Precipitación (mm)	2003-2006 / 2009- Nov2018
	Evaporación (mm)	2012- Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012- Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012- Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012- Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012- Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012- Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012- Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012- Nov2018
	Radiación (W/m²)	Feb2015 – Nov2018
Yanacocha	Precipitación (mm)	2012 - Nov2018
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012 - Nov2018
	Radiación (W/m²)	2012 - Nov2018
La Quinua	Precipitación (mm)	2003-2006 / 2009- Nov2018
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012 - Nov2018
Km 24	Precipitación (mm)	2012 - Nov2014
	Evaporación (mm)	2012 – Nov2014
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Oct2014
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Oct 2014
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Oct 2014

Estación	Parámetros	Periodo existente
	Humedad relativa (%)	2012 - Abr2017
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2004 - 2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Oct2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - 2014
Chailhuagón	Precipitación (mm)	2012 - Nov2014
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2014
	Temperatura mínima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura máxima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura promedio (°C)	2012 - 27Nov2014
	Humedad relativa (%)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - 27Nov2014
	Presión (mm Hg)	2012 - 27Nov2014
	Radiación (W/m²)	2012 - 27Nov2014
Huayramachay	Precipitación (mm)	2012 - Nov2014
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2014
	Temperatura Mínima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura Máxima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura Promedio (°C)	2012 - 27Nov2014
	Humedad relativa (%)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - 27Nov2014
	Presión (mm Hg)	2012 - 27Nov2014
	Radiación (kWh/m²)	2012 - 27Nov2014
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019)		

Figura 3.2.1.2-1 Estaciones de Monitoreo Meteorológico



Fuente:

Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

### 3.2.1.3 Clasificación Climática y Análisis de Parámetros Meteorológicos

La clasificación climática está basada en la consideración de la eficacia térmica, dada por la Evapotranspiración Potencial (ETP), y la Humedad Disponible, expresada como índices de humedad y de aridez a partir del balance hídrico según la clasificación Climática de Thornthwaite. Para realizar el balance hídrico se calcula inicialmente la Evapotranspiración Potencial usando el método de Thornthwaite. De igual forma, el balance hídrico y los índices de humedad fueron calculados para las estaciones Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua. Los cálculos e índices utilizados se encuentran dentro del Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

De acuerdo con la interpretación de los resultados obtenidos por la clasificación empleada, el área de estudio de la II MEIA Yanacocha se caracteriza por presentar un clima predominante súper húmedo (A), con pequeña o nula demasía de agua (r), frío moderado (C'2) y baja concentración estival (a') de acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite, en las estaciones Carachugo, Maqui Maqui y Yanacocha. Sin embargo, en la estación La Quinua, debido a que se tiene mayor temperatura, presenta un clima súper húmedo (A), con pequeña o nula demasía de agua (r), semi frío (B'1) y baja concentración estival (a'), para mayores detalles ver Tabla 3.2.1.3-1, *Clasificación Climática en las Estaciones Locales* y Figura 3.2.1.3-1, *Mapa Climático*.

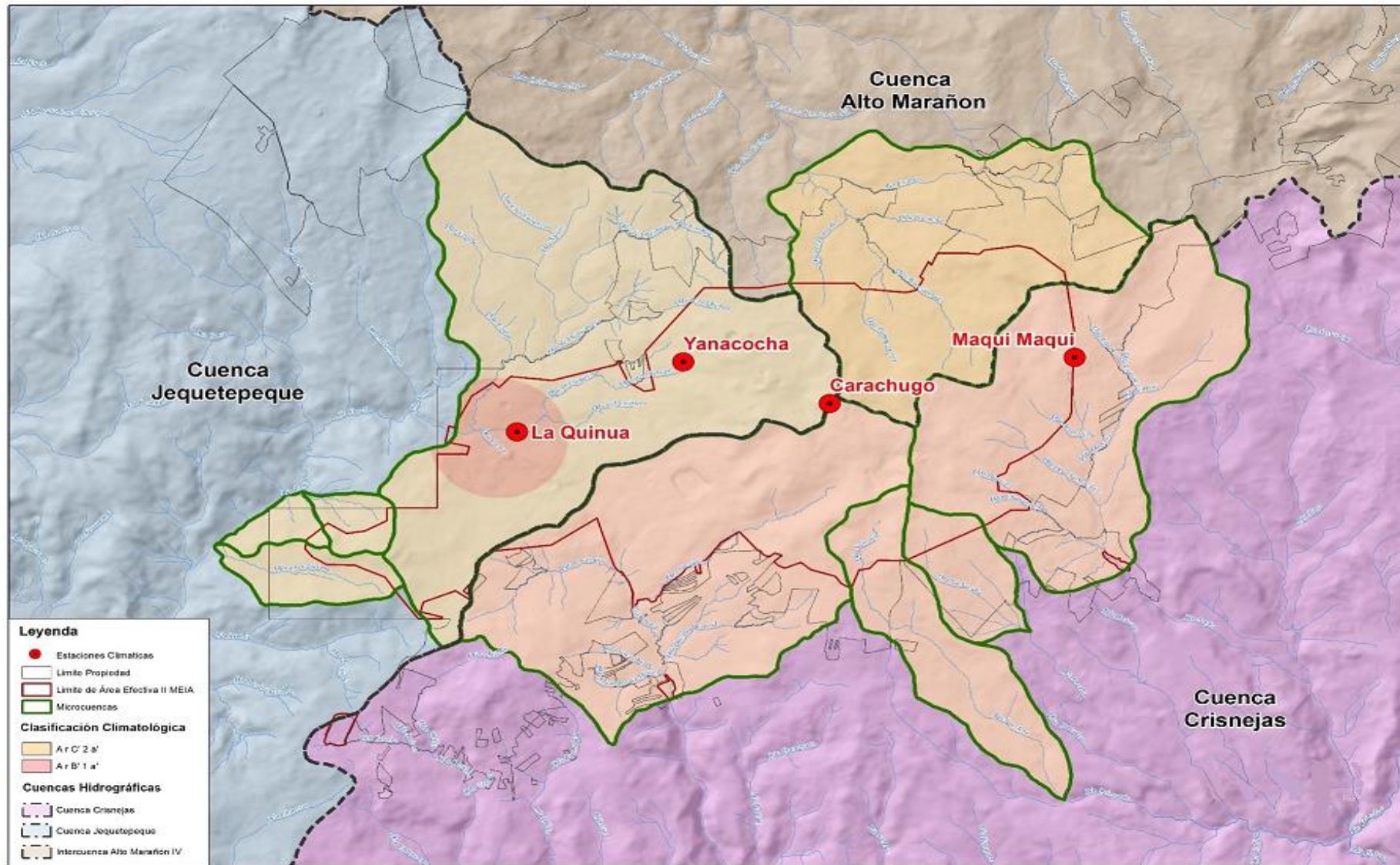
Los resultados de la determinación del tipo de clima por el método de Thornthwaite se presentan en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Tabla 3.2.1.3-1 Clasificación Climática en las Estaciones Locales**

Estación	Ih (%)	Ia (%)	Im (%)	S (%)	Fórmula climática	Descripción
Carachugo	178.9	0.0	178.9	25.4	A r C' 2 a'	Presenta un clima súper húmedo, con pequeña o nula demasía de agua, frío moderado y baja concentración estival.
Maqui Maqui	139.2	0.0	139.2	25.8	A r C' 2 a'	Presenta un clima súper húmedo, con pequeña o nula demasía de agua, frío moderado y baja concentración estival.
Yanacocha	167.1	0.0	167.1	24.8	A r C' 2 a'	Presenta un clima súper húmedo, con pequeña o nula demasía de agua, frío moderado y baja concentración estival.
La Quinua	162.6	0.0	162.6	25.7	A r B' 1 a'	Presenta un clima súper húmedo, con pequeña o nula demasía de agua, semi frío y baja concentración estival.
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019). <b>Notas:</b> Ih = Índice de humedad, Ia = Índice de aridez, Im = Índice hídrico y S = concentración térmica en verano.						



Figura 3.2.1.3-1 Mapa Climático



Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

### 3.2.1.4 Análisis de Parámetros Meteorológicos

#### Calidad, representatividad y confiabilidad de la data

La información obtenida de las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 3.2.1.2-1, *Lista de Estaciones Meteorológicas Disponibles*, ha sido considerada de calidad, representativa y confiable en lo que respecta a las variables de ubicación y tiempo. Asimismo, las estaciones Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua son consideradas como las estaciones más representativas debido a su cercanía a la Unidad Minera Yanacocha.

Es necesario mencionar que las estaciones meteorológicas indicadas aportan información meteorológica mayores a quince años (15), y debido a ello se considera que la cantidad de los datos observados son coherentes y suficientes para representar el comportamiento de las variables meteorológicas del área de estudio. En el Apéndice D, *Estudio Climatológico*, se muestran los resultados del análisis y tratamiento de los datos para cada una de las estaciones; así como los certificados de calibración de las estaciones meteorológicas.

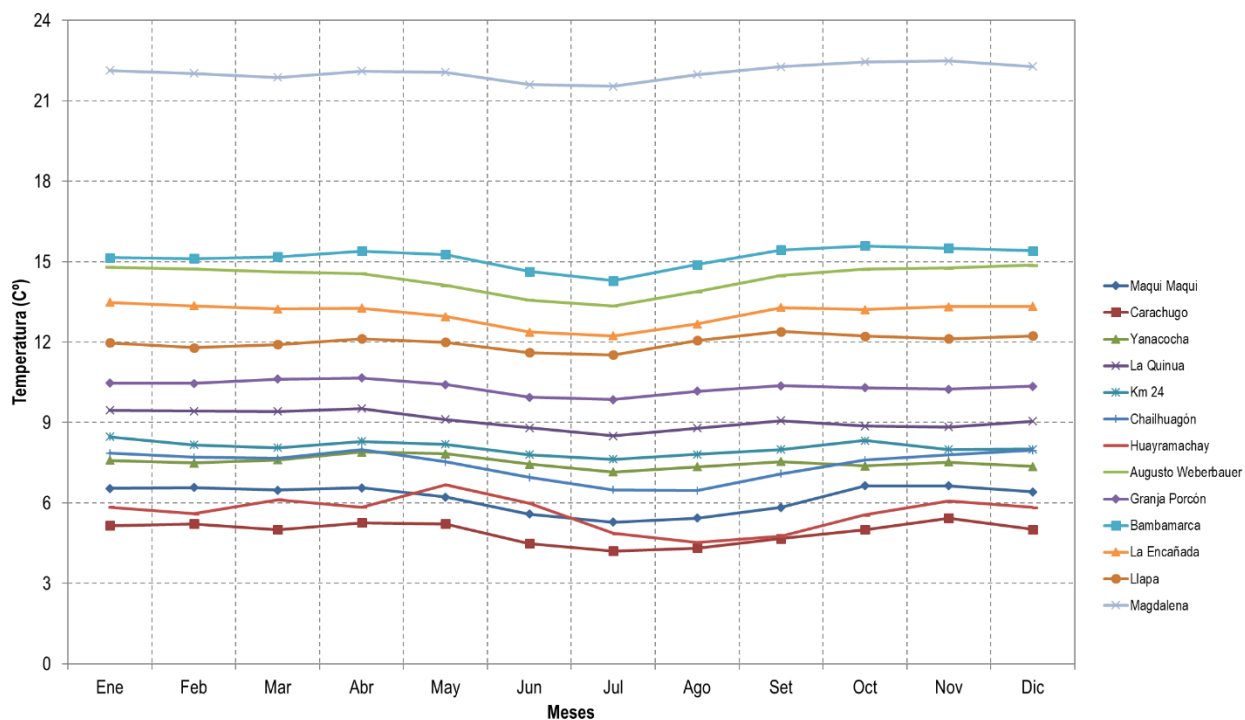
Para la estimación de periodos de retorno, la metodología utilizada ha sido desarrollada considerando manejar temas de influencia de periodos de registro y representatividad de la información.

#### Temperatura

La temperatura promedio anual registrada es de 9.1 °C para la estación La Quinua, de 7.5 °C para la estación Yanacocha, de 6.2 °C para la estación Maqui Maqui y de 4.9 °C en la estación Carachugo.

La temperatura promedio mensual en cada una de las estaciones evaluadas se presenta en el Gráfico 3.2.1-1, *Temperaturas Promedio Mensuales*, donde se observa en las estaciones regionales registros de temperaturas más elevadas que en las estaciones locales. Con respecto a las estaciones locales, la estación Carachugo es la que registra los menores valores de temperatura promedio. Esta temperatura promedio mensual se mantiene casi constante en todas las estaciones a lo largo del año. Asimismo, los registros de temperatura se presentan en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Gráfico 3.2.1-1 Temperaturas Promedio Mensuales**

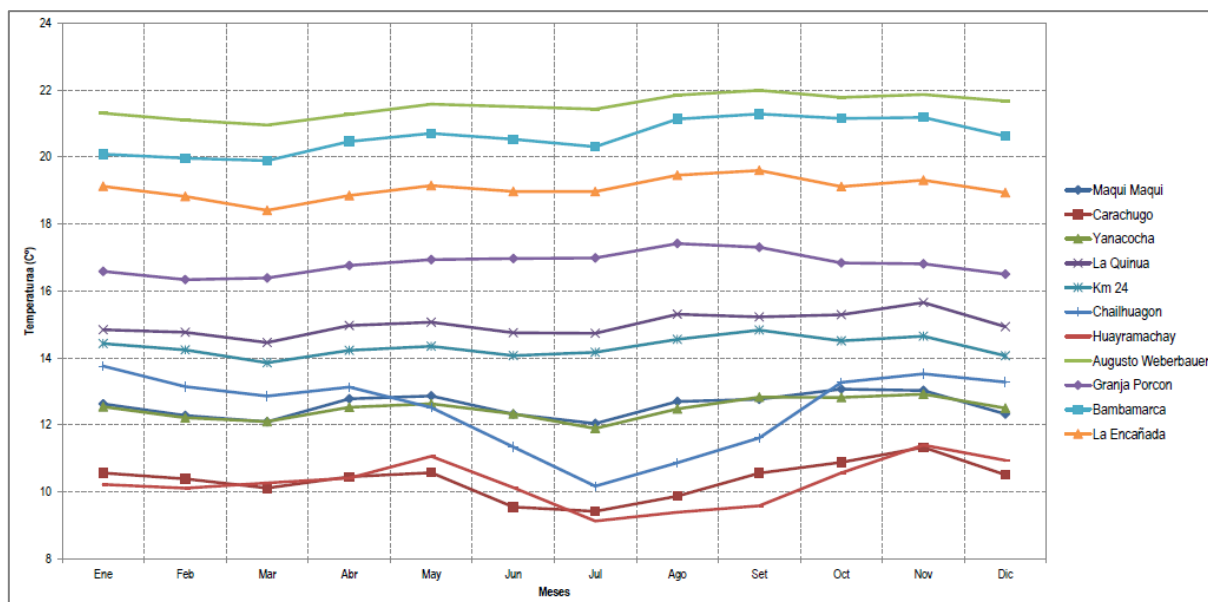


Fuente:

Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

Respecto a la temperatura máxima media mensual de las estaciones regionales, en el Gráfico 3.2.1-2, *Temperatura Máxima Media Mensual*, **Error! Reference source not found.** se observa que las mayores temperaturas se registran en las estaciones Augusto Weberbauer y Bambamarca que se encuentran fuera del área de estudio de la II MEIA Yanacocha. Con respecto a las estaciones locales, la estación que registra la máxima temperatura mensual es la estación La Quinua, y corresponde al mes de noviembre (15.66 °C).

**Gráfico 3.2.1-2 Temperatura Máxima Media Mensual**

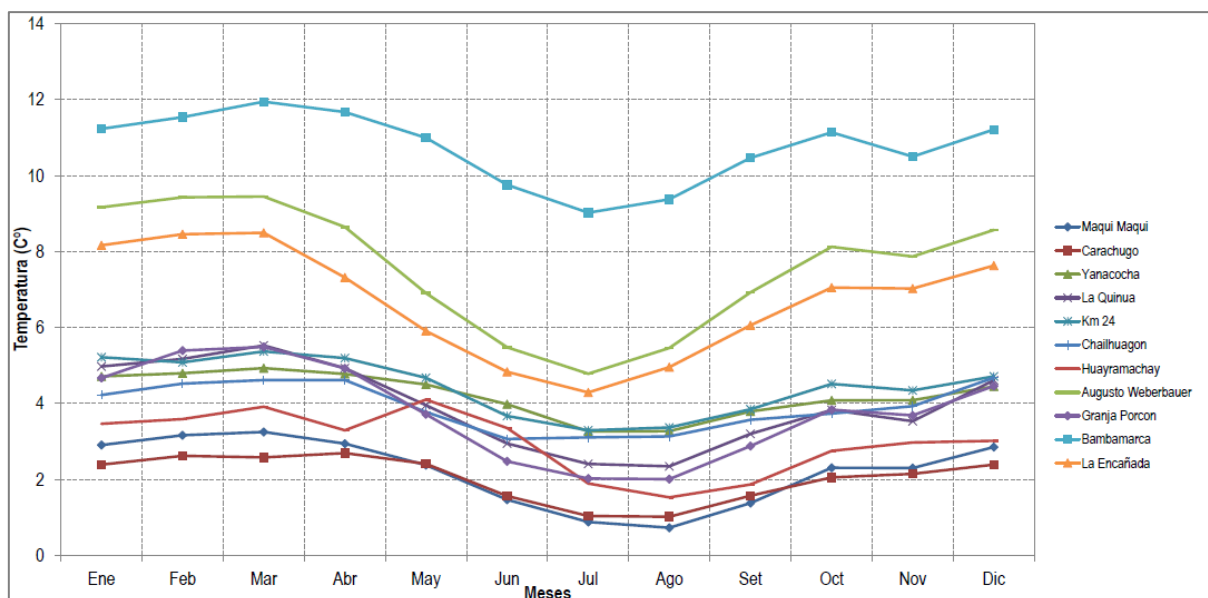


**Fuente:**

Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

En el Gráfico 3.2.1-3, *Temperatura Mínima Media Mensual*, se muestran los registros de temperatura mínima media mensual en cada una de las estaciones. Los menores registros de temperatura mínima media mensual fueron observados en las estaciones Carachugo y Maqui Maqui ubicadas dentro del área de estudio de la II MEIA Yanacocha y dentro de la Unidad Minera Yanacocha. Por el contrario, los mayores registros de temperatura mínima media mensual fueron observados en la estación Bambamarca.

**Gráfico 3.2.1-3 Temperatura Mínima Media Mensual**



**Fuente:**

Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

**Relación Temperatura - Elevación**

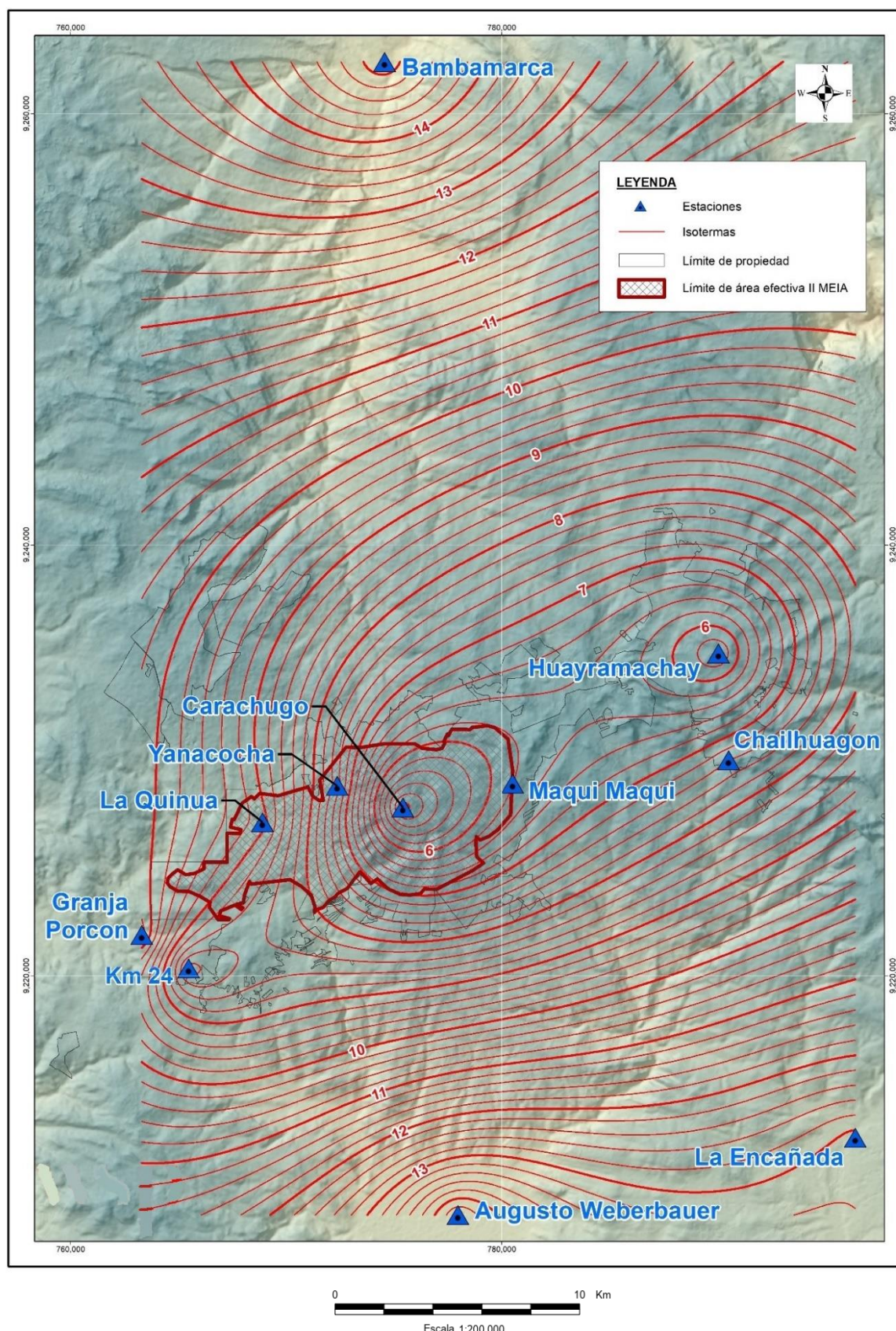
Con la finalidad de caracterizar la temperatura en las microcuencas del área de estudio, se evaluó el comportamiento de la temperatura promedio anual con respecto a la elevación de cada estación. Para tal fin se realizó una regresión lineal entre estos parámetros, obteniéndose una buena correlación ( $R^2 = 0.99$ ). A continuación, se presenta la ecuación regional obtenida.

$$T = -0.0059 \text{ Elevación} + 29.945$$

En base a la ecuación, se puede afirmar que conforme aumenta la elevación, la temperatura media anual disminuye a una tasa de -5.9 °C cada 1,000 metros en promedio. En la Figura 3.2.1.4-1, *Mapa de Isotermas*, se observa que la distribución de la temperatura en función de la altitud.



Figura 3.2.1.4-1 Mapa de Isotermas



**Fuente:**  
Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

## **Precipitación**

La descripción de la precipitación en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha se ha realizado a partir de la información pluviométrica correspondiente a la totalidad de estaciones meteorológicas, tanto regionales como locales, que se ubican geográficamente próximas a la Unidad Minera Yanacocha.

La determinación de las regiones climáticas, a las cuales pertenecen las estaciones meteorológicas analizadas en la presente línea base, se realizó utilizando el método del Vector Regional. El vector regional tiene como objetivo evaluar, homogeneizar y completar datos faltantes cuando sea necesario, es decir, cuando el análisis de calidad de datos muestre inconsistencias o saltos en los registros históricos. El método parte de la hipótesis que, para una misma zona climática sometida a un mismo régimen de precipitaciones, los totales pluviométricos anuales son pseudo – proporcionales con una pequeña variación aleatoria cada año debido a la repartición de las lluvias dentro de la zona o región (Espinoza, 2005). El método del Vector Regional crea una estación virtual denominada "vector" usando la información de las estaciones seleccionadas. Luego compara la estación "vector" con las estaciones seleccionadas, cuando la desviación estándar de esta comparación es baja, indica que las estaciones pertenecen a una misma región climática.

Del análisis de calidad de datos, se observó que las estaciones pluviométricas muestran un cambio en la pendiente de la curva de doble masa en el periodo 1981 y 1983. Respecto del análisis de homogeneidad se pudo establecer que existen dos periodos homogéneos, el primero para el periodo 1965–1984 y el segundo para el periodo 1985–2018; el primer periodo presenta una precipitación media menor que la precipitación media del segundo periodo; así, se consideró utilizar el periodo homogéneo 1985–2018 para la caracterización de la precipitación en el área de estudio. Es necesario mencionar que la Unidad Minera Yanacocha se encuentran entre el "divortium aquarium" de las cuencas Pacífico y Atlántico lo que determina que las condiciones pluviométricas de esta zona estén sujetas a la influencia de ambas vertientes hidrográficas.

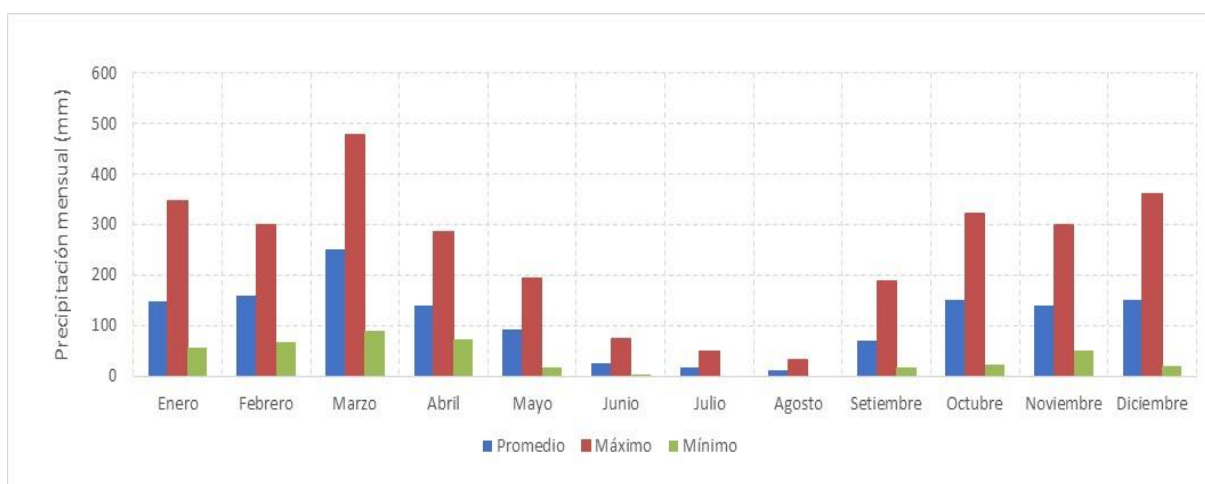
La precipitación acumulada promedio anual durante el periodo 1985-2018 fue de 1,355.5 mm para la estación La Quinua, 1,350.5 mm para la estación Yanacocha, 1,171.8 mm para la estación Maqui Maqui y 1,347.9 mm para la estación Carachugo. A nivel local para el área de estudio de la II MEIA Yanacocha; las estaciones más representativas fueron Carachugo y La Quinua debido a su longitud de registro y la ubicación geográfica de las estaciones.

Los registros de las precipitaciones totales mensuales en las estaciones meteorológicas regionales son menores con respecto a los valores registrados en las estaciones locales que se ubican cerca de la Unidad Minera Yanacocha, siendo la precipitación total anual en la estación Weberbauer de 660.1 mm, 758.0 mm en la estación Bambamarca y 901.1 mm en la estación La Encañada.

Respecto a la estacionalidad de las precipitaciones, el análisis de los datos muestra que éstas dan lugar a dos periodos marcados: periodo de lluvia entre los meses de noviembre a abril, y periodo seco entre los meses de junio y setiembre, con un periodo de transición en los meses de mayo y octubre. La precipitación mensual puede variar drásticamente cada año; sin embargo, las tendencias generales durante la estación lluviosa son consistentes.

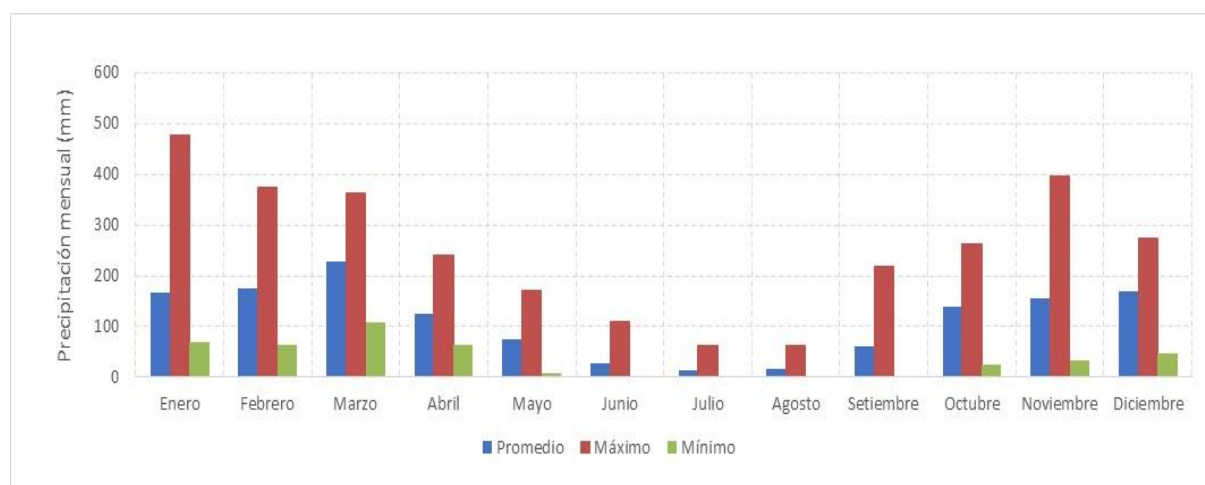
La precipitación promedio multianual de la estación La Quinua en el periodo 1985-2018 se representa en el Gráfico 3.2.1-4, *Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación La Quinua*. La precipitación acumulada promedio anual para esta estación es de 1,355.5 mm. El valor más alto se registra en el mes de marzo, siendo la precipitación de ese mes para un año promedio 249.9 mm; mientras que los valores mínimos se registraron en los meses de julio y agosto con 17.2 mm y 12.0 mm respectivamente. Los valores registrados en dicha estación indican que el 73% de la precipitación anual se concentra en los meses de noviembre a abril, el 9% entre los meses de junio a setiembre, mientras que el 18% se concentra en los meses de transición (mayo y octubre). El gráfico también muestra, como valores máximos, la envolvente de los máximos mensuales de todo el periodo de registro, y la envolvente de los valores mensuales mínimos.



**Gráfico 3.2.1-4 Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación La Quinua**

**Fuente:** Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

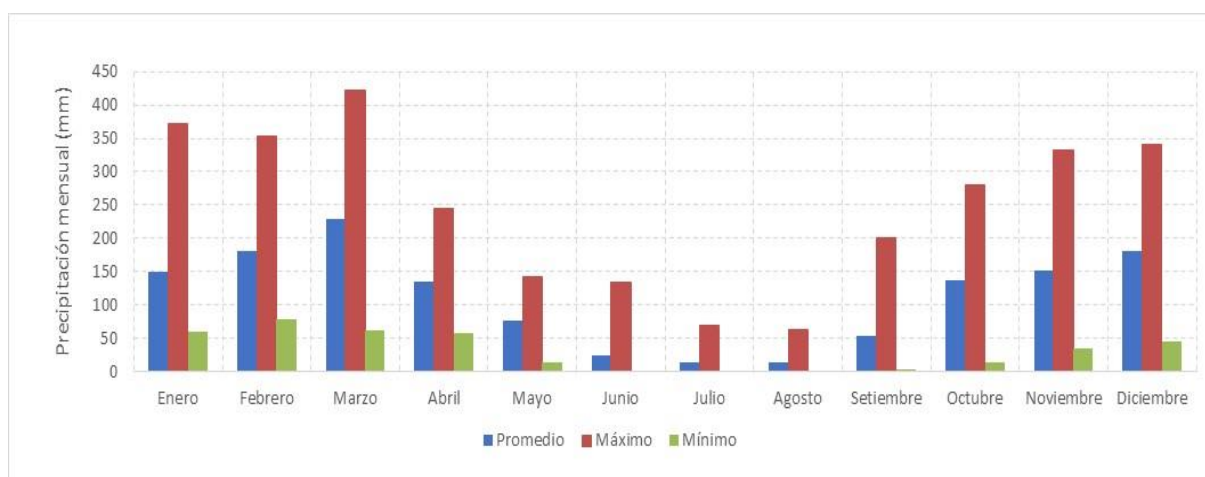
La precipitación promedio multianual para la estación Yanacocha (1985-2018) se representa en el Gráfico 3.2.1-5, *Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Yanacocha*. La precipitación acumulada promedio anual para esta estación es de 1,350.5 mm y presenta el valor promedio mensual más alto en marzo con 228.1 mm. Los valores registrados en dicha estación indican que el 76% de la precipitación anual se concentra en los meses de noviembre a abril, el 9% entre los meses de junio a setiembre, mientras que el 16% se concentra en los meses de transición (mayo y octubre), registrándose un valor máximo anual en el año 2009 de 2,148 mm.

**Gráfico 3.2.1-5 Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Yanacocha**

**Fuente:** Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

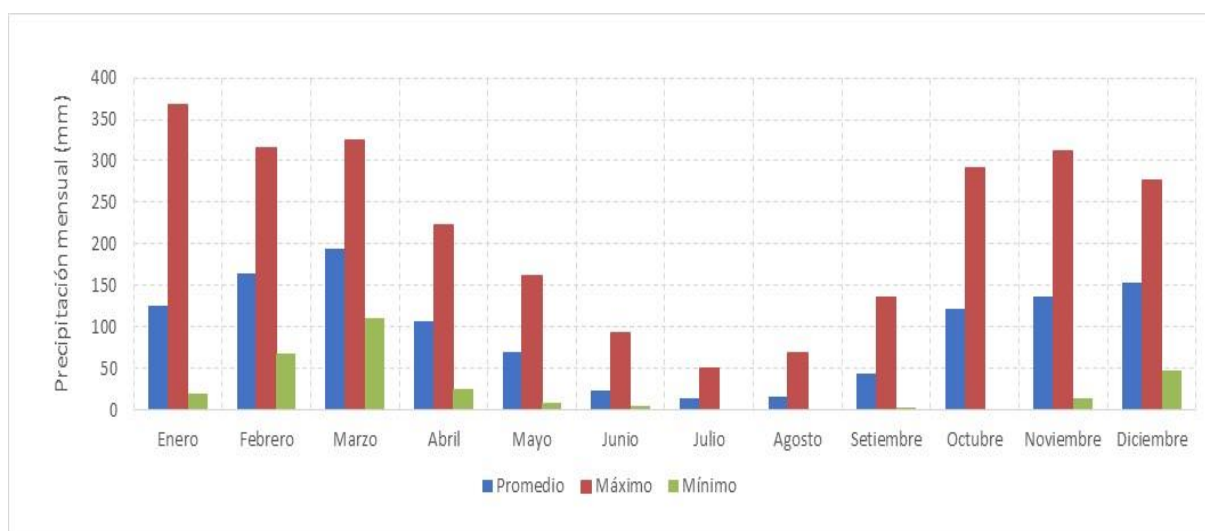
La precipitación promedio multianual para la estación Carachugo (1985-2018) se representa en el Gráfico 3.2.1-6, *Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Carachugo*. La precipitación acumulada promedio anual para esta estación es de 1,347.9 mm; presenta el valor promedio mensual más alto en marzo con 228.8 mm, y el valor más bajo en los meses de julio y agosto con 14 mm de precipitación. Los valores registrados en dicha estación indican que el 76% de la precipitación anual se concentra en los meses de noviembre a abril, el 8% entre los meses de junio a setiembre, mientras que el 16% se concentra en los meses de transición (mayo y octubre),

De igual forma que en los gráficos anteriores, se muestran los valores máximos y mínimos de precipitación mensual, y la serie promedio.

**Gráfico 3.2.1-6 Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Carachugo**

Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

La precipitación promedio multianual para la estación Maqui Maqui (1985-2018) se representa en el Gráfico 3.2.1-7, *Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Maqui Maqui*. La precipitación acumulada promedio anual para esta estación es de 1,171.8 mm. Se observa que el mayor porcentaje de precipitación ocurre durante el periodo noviembre – abril, acumulando un total del 75% de la precipitación anual; mientras que en los meses de junio a setiembre llueve aproximadamente un 8% del total anual. El porcentaje restante, que equivale a un 16% del anual, se produce en los meses de mayo y octubre, los cuales se consideran como meses de transición. En el gráfico se muestra los valores mensuales promedio y la envolvente máxima y mínima de la precipitación mensual.

**Gráfico 3.2.1-7 Precipitación Total Mensual – Promedio Multianual Estación Maqui Maqui**

Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

### Relación Precipitación - Elevación

Para conocer la distribución espacial de la precipitación en el área de estudio, se estimó la relación precipitación – elevación, la misma que presenta características homogéneas de precipitación y temperatura y que ha sido determinada por el método del vector regional. La relación fue estimada mediante el método de regresión lineal utilizando las precipitaciones medias anual (PMA) de estaciones meteorológicas regionales administradas por SENAMHI, según lo indicado en el Estudio Climatológico desarrollado por WSP (2019), se presenta la siguiente ecuación regional:

$$\text{PMA (mm)} = 0.373 \times \text{Elevación} - 179.14 \quad (R^2 = 0.753)$$

El gradiente de precipitación con la elevación es aproximadamente 37.3 mm por cada 100 metros.

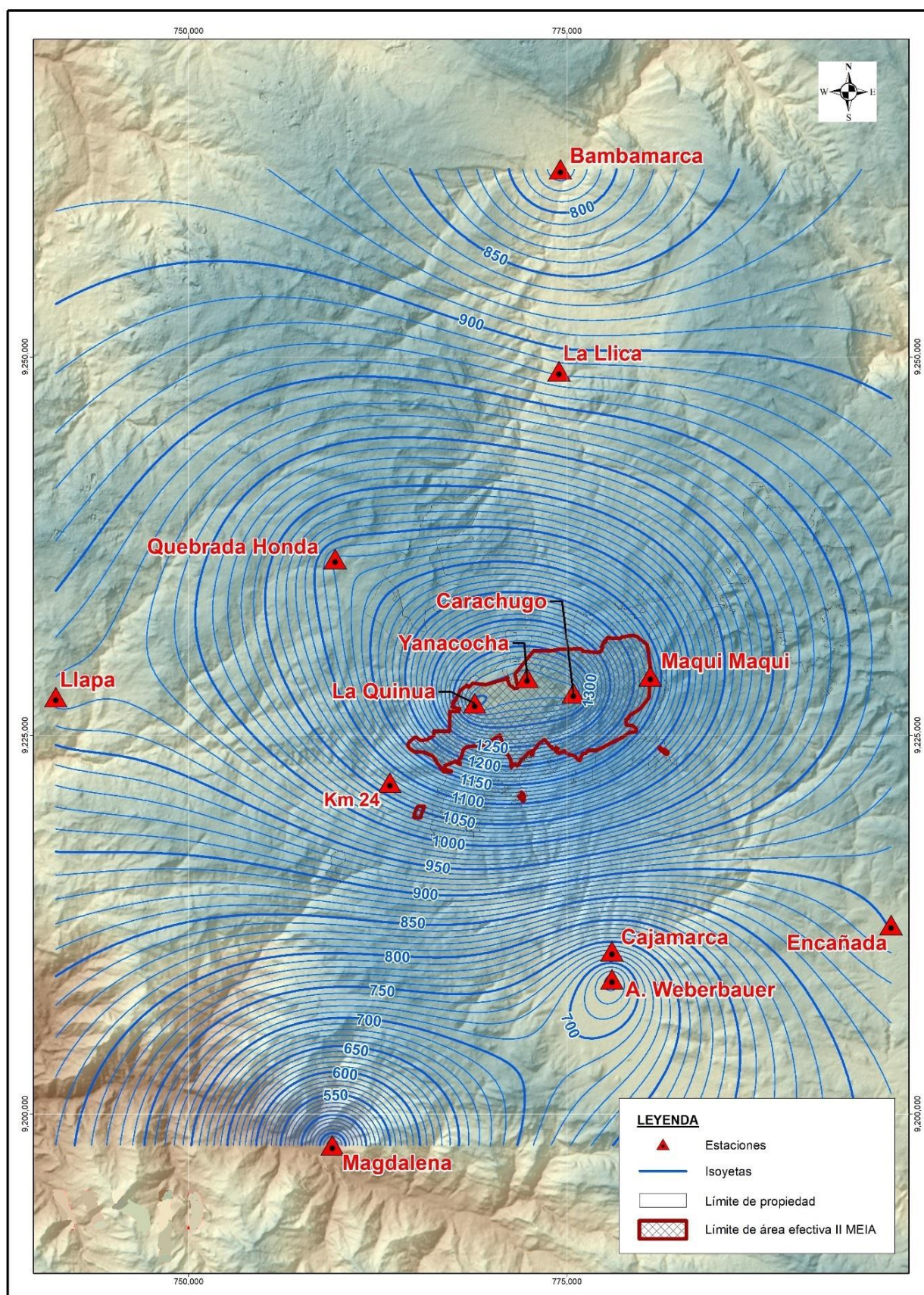
En la Tabla 3.2.1.4-1, *Precipitación Media Anual*, se muestran los valores de precipitación media anual y altitud de cada una de las estaciones consideradas para el trazo de las isoyetas (ver Figura 3.2.1.4-2, *Mapa de Isoyetas*), y que permitió evaluar mejor el régimen de las precipitaciones en la zona donde se ubica el proyecto y alrededores.

**Tabla 3.2.1.4-1 Precipitación Media Anual**

Estación	Altitud (msnm)	PMA (mm) Periodo Original	PMA (mm) Periodo 1985-2018
A. Weberbauer	2,660	661.8	660.1
Bambamarca	2,577	737.9	758.0
Encañada	2,950	959.1	901.1
Llapa	2,900	978.0	976.1
Quebrada Honda	3,550	809.8	1,122.6
Carachugo	4,196	1,394.4	1,347.9
Maqui Maqui	4,112	1,213.4	1,171.8
Yanacocha	3,816	1,400.9	1,350.5
La Quinua	3,455	1,434.5	1,355.5
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019)			



Figura 3.2.1.4-2 Mapa de Isoyetas



Fuente:

Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

### Ocurrencia de Nieve y Acumulación de Nieve

La zona de estudio del proyecto no presenta la ocurrencia de acumulación de precipitación en forma de nieve debido a que no se producen temperaturas menores a 2°C que pudieran influenciar en la ocurrencia de precipitaciones sólidas, motivo por el cual no ha sido considerado en el análisis de clima.

### Precipitación para Años Húmedos

La precipitación anual para años húmedos se obtuvo por medio de un análisis de frecuencias aplicado a las estaciones seleccionadas, combinado con un análisis precipitación – elevación similar al realizado para la estimación de la precipitación media anual. En el Apéndice D, *Estudio Climatológico*, se presenta un mayor detalle del procedimiento para el análisis de años húmedo.

El análisis de frecuencias realizado por WSP se efectuó considerando que las series de precipitaciones anuales se ajustan a la distribución de Valores Extremos Tipo I (Gumbel). La distribución Gumbel ha sido ampliamente usada para el análisis de frecuencias de series hidrológicas en diferentes partes del mundo, incluso es recomendada por diferentes agencias de los Estados Unidos de América para el análisis de eventos extremos en precipitaciones.

La Tabla 3.2.1.4-2, *Precipitación Total Anual (mm) para Año Húmedo con Diferentes Periodos de Retorno*, muestra la precipitación anual para años húmedos a distintos periodos de retorno en las estaciones evaluadas. Asimismo, se presenta la ecuación de ajuste Precipitación – Elevación entre estas estaciones, para cada periodo de retorno. Para todos los periodos de retorno se encontró que el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) es mayor a 0.75, lo cual indica una alta relación entre las variables.

**Tabla 3.2.1.4-2 Precipitación Total Anual (mm) para Año Húmedo con Diferentes Periodos de Retorno**

Estaciones	A. Weberbauer	Bambamarca	La Encañada	Qda. Honda	Carachugo	Maqui Maqui	Yanacocha	La Quínu
Elevación	2,660	2,577	2,950	3,550	4,196	4,112	3,816	3,455
TR (años)	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
500	1,300	1,405	1,642	2,101	2,692	2,502	2,887	2,761
200	1,197	1,300	1,522	1,943	2,475	2,287	2,638	2,534
100	1,118	1,221	1,432	1,823	2,310	2,124	2,450	2,361
50	1,039	1,141	1,340	1,703	2,144	1,960	2,261	2,188
20	934	1,035	1,219	1,542	1,924	1,742	2,009	1,958
10	853	953	1,125	1,418	1,753	1,573	1,814	1,779
5	768	867	1,027	1,288	1,575	1,397	1,611	1,593
2	641	738	879	1,093	1,307	1,131	1,304	1,313
Fuente: Estudio climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).								

### Precipitación para Años Secos

De acuerdo con WSP (2019), la determinación de la precipitación anual para años secos ante diferentes periodos de retorno se obtuvo mediante el mismo procedimiento descrito para los años húmedos, es decir, una combinación de un análisis de frecuencias con un análisis hidrológico regional de las estaciones seleccionadas.

La Tabla 3.2.1.4-3, *Precipitación Total Anual (mm) para Año Seco con Diferentes Periodos de Retorno*, muestra la precipitación anual para años secos a distintos periodos de retorno en las estaciones seleccionadas. También se muestran las ecuaciones de ajuste de la regresión lineal Precipitación – Elevación, para cada periodo de retorno. Se observa que los coeficientes de correlación ( $R^2$ ) obtenidos son buenos ( $> 0.6$ ), y estos son mejores para periodos de retorno bajos (20, 10, 5 y 2 años).



**Tabla 3.2.1.4-3 Precipitación Total Anual (mm) para Año Seco con Diferentes Periodos de Retorno**

Estaciones	A. Weberbauer	Bambamarca	La Encañada	Qda. Honda	Carachugo	Maqui Maqui	Yanacocha	La Quinua
Elevación	2,660	2,577	2,950	3,550	4,196	4,112	3,816	3,455
TR (años)	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel	Gumbel
500	393	488	592	714	787	617	710	769
200	411	506	613	742	825	654	753	809
100	427	522	631	766	858	687	791	843
50	445	541	652	794	897	725	835	884
20	475	571	687	840	960	788	907	950
10	505	601	722	886	1,022	850	979	1,015
5	546	642	768	947	1,107	934	1,076	1,104
2	641	738	879	1,093	1,307	1,131	1,304	1,313
<b>Fuente:</b> Estudio climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).								

**Precipitación Máxima de 24 Horas**

El análisis de precipitaciones máximas en 24 horas fue realizado por WSP a partir de los registros máximos diarios por año de las estaciones regionales y locales que se ubican alrededor de la Unidad Minera Yanacocha. Todas las estaciones consideradas en el análisis poseen un periodo de registro mayor a 20 años, con excepción de la estación La Quinua que posee un registro de 20 años y de la estación Hacienda Negritos que posee 16 años de registro. La estación local con mayor periodo de registro es la estación Carachugo, que posee 25 años de registro.

Al ser registros diarios, y de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial – WMO, estos valores deben ser corregidos por el factor 1.13 para que los valores se ajusten a los máximos instantáneos que ocurrirían en un periodo de 24 horas consecutivas. En base a los registros corregidos se realizó el análisis de frecuencias considerando que los datos observados se ajustan a la función de distribución Gumbel Tipo I. El cálculo de los periodos de retorno se realizó siguiendo las recomendaciones de Ven Te Chow (1994) usando el método del factor de frecuencia y considerando factores de corrección en base a la longitud de la serie. Un mayor detalle de los valores corregidos se muestra en el Apéndice D, *Estudio Climatológico (Ver Apéndice D, Datos Precipitaciones Máximas 24 Horas)*.

La Tabla 3.2.1.4-4, *Precipitación Máxima en 24 Horas*, presenta las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

**Tabla 3.2.1.4-4 Precipitación Máxima en 24 Horas**

Periodo de Retorno	A. Weberbauer	Bambamarca	La Encañada	Granja Porcón	Carachugo	Maqui Maqui	Yanacocha	La Quinua
1,000	102.8	86.0	80.3	144.5	128.0	110.8	149.1	175.0
500	95.2	80.5	76.2	134.9	119.5	103.8	138.8	162.5
200	85.2	73.3	70.8	122.1	108.4	94.6	125.1	145.9
100	77.6	67.8	66.6	112.5	99.9	87.6	114.8	133.3
50	69.9	62.3	62.5	102.7	91.4	80.5	104.4	120.7
20	59.8	54.9	57.0	89.8	80.0	71.1	90.5	103.8
10	51.9	49.3	52.7	79.8	71.3	63.9	79.8	90.8
5	43.7	43.3	48.2	69.3	62.1	56.3	68.6	77.3
2	31.3	34.4	41.5	53.6	48.3	44.9	51.7	56.8
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).								

### Análisis de Tormentas

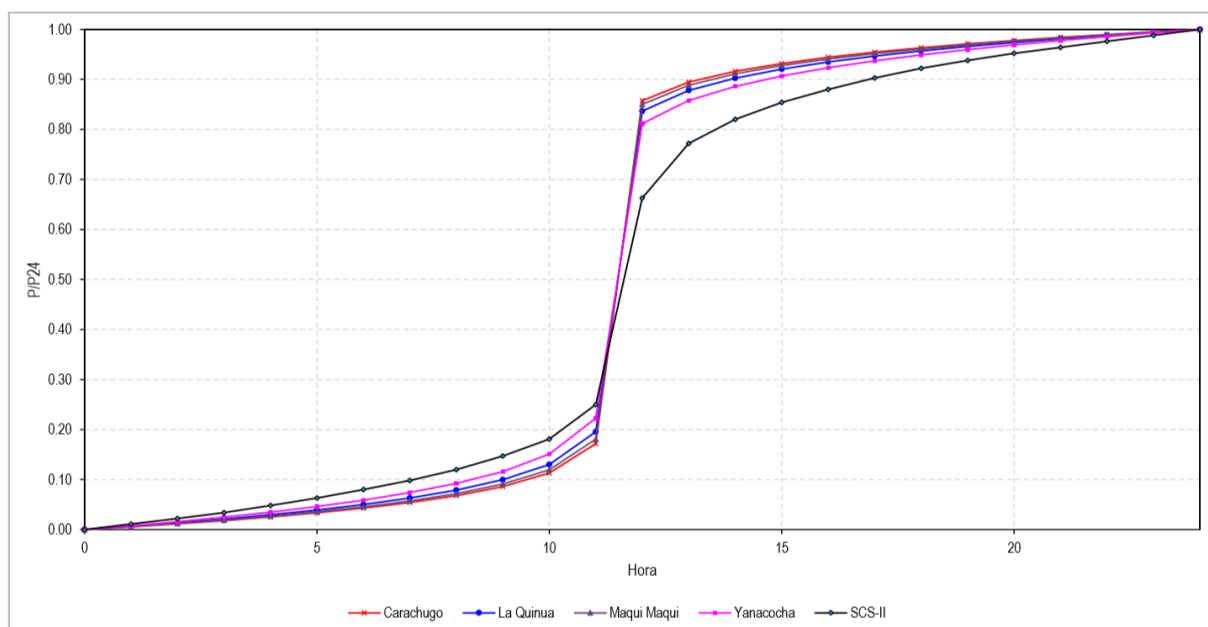
El análisis de una tormenta permite conocer características propias del evento, tales como la intensidad, frecuencia y duración, estos datos son útiles cuando se requiere dimensionar estructuras hidráulicas con duraciones menores a 24 horas. El análisis de tormentas se realizó a partir de los registros horarios de precipitación de las estaciones locales: Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua (período de registro: 2003 – 2006 y 2009 – 2017); como herramienta de análisis se utilizó el programa Hydraccess. Para cada año disponible se estimaron intensidades máximas para diferentes duraciones (desde 1 hora hasta 24 horas de duración). A partir de los valores de intensidad, se estimaron las curvas intensidad-duración-frecuencia (I-D-F) para distintos periodos de retorno y distintas duraciones.

En el Apéndice D, *Estudio Climatológico*, se muestran las precipitaciones horarias, intensidades máximas y las curvas I-D-F para cada una de las estaciones.

Usando la información de las curvas I-D-F, se elaboraron hietogramas sintéticos para cada una de las estaciones locales usando el método de los bloques alternos descrito por Ven Te Chow (1994). En la Tabla 3.2.1.4-5, *Hietograma Sintético para las Estaciones Locales*, se muestran los hietogramas sintéticos generados para una lluvia de 24 horas de duración y en el Gráfico 3.2.1-8, *Hietograma Sintético*, se muestran los hietogramas generados y el hietograma sintético tipo II del SCS. Se observa que los hietogramas son similares; sin embargo, las pendientes de los hietogramas generados son ligeramente mayores a los del hietograma tipo II del SCS.

**Tabla 3.2.1.4-5 Hietogramas Sintéticos para las Estaciones Locales**

Hora (h)	Hietograma Sintéticos			
	Carachugo	La Quinua	Maqui Maqui	Yanacocha
0	0	0	0	0
1	0.005	0.006	0.006	0.008
2	0.011	0.013	0.012	0.016
3	0.018	0.021	0.019	0.025
4	0.025	0.029	0.027	0.035
5	0.033	0.039	0.035	0.046
6	0.043	0.05	0.045	0.059
7	0.054	0.063	0.057	0.074
8	0.068	0.079	0.072	0.092
9	0.086	0.1	0.091	0.116
10	0.113	0.13	0.119	0.151
11	0.171	0.195	0.18	0.223
12	0.858	0.837	0.851	0.812
13	0.895	0.878	0.889	0.858
14	0.916	0.903	0.912	0.886
15	0.932	0.921	0.928	0.907
16	0.944	0.935	0.941	0.923
17	0.955	0.947	0.952	0.937
18	0.963	0.957	0.961	0.949
19	0.971	0.966	0.969	0.96
20	0.978	0.974	0.977	0.969
21	0.984	0.981	0.983	0.978
22	0.99	0.988	0.989	0.986
23	0.995	0.994	0.995	0.993
24	1	1	1	1
Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).				

**Gráfico 3.2.1-8 Hietograma Sintético**

Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).

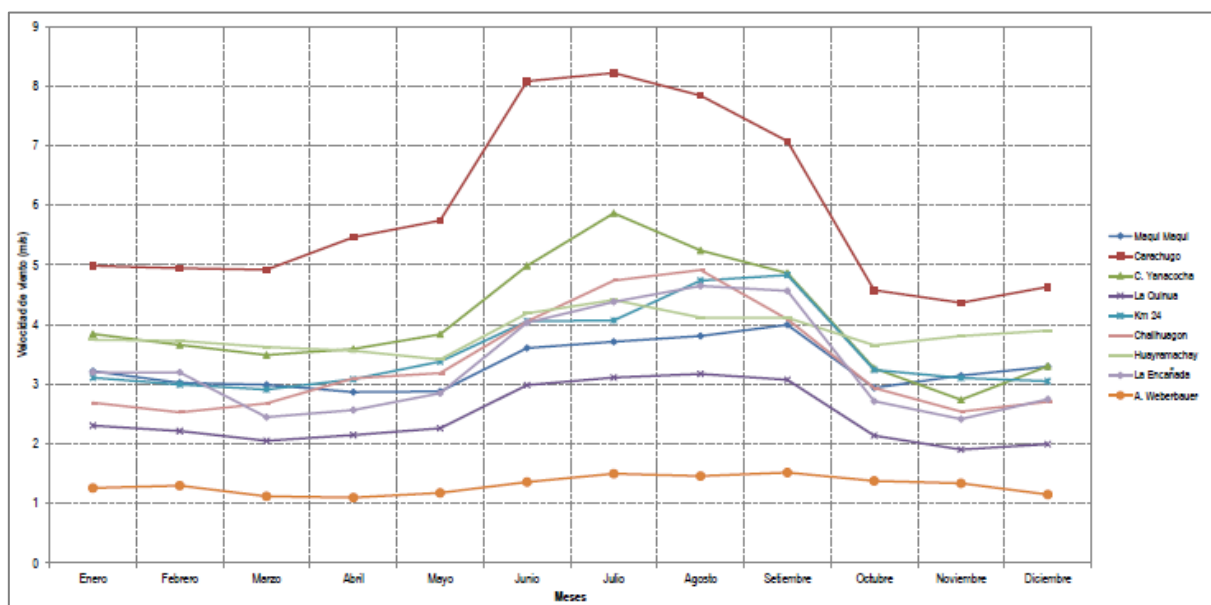
### Balance Hídrico

El desarrollo del Balance Hídrico se detalla en la Sección 3.2.3, *Hidrografía, Hidrología, Hidrogeología y Balance Hídrico* – Subsección 3.2.3.2, *Hidrología*.

### Velocidad y Dirección del Viento

Para la determinación de la velocidad y la dirección predominante del viento en área de estudio, se ha analizado información de datos provenientes de estaciones meteorológicas administradas por MYSRL, siendo éstas: La Quinua ubicada a 3,455 msnm, la estación Yanacocha ubicada a 3,816 msnm, la estación Km 24 situada a 3,613 msnm, la estación Carachugo ubicada a 4,196 msnm y la estación Maqui Maqui a 4,112 msnm. Dichas estaciones cuentan con información diaria de los parámetros de velocidad y dirección del viento para el periodo 2012 – 2018 (ver Figura 3.2.1.2-1, *Estaciones de Monitoreo Meteorológico*). La revisión de la calidad de datos de estas estaciones mostró que la información registrada en el periodo 2015 – 2018 era inconsistente con respecto a los registros del periodo 2012 – 2014 y a los registros mensuales de las estaciones regionales A. Weberbauer y La Encañada (los datos de estas últimas estaciones fueron usados de modo referencial debido a la escala temporal disponible). Por lo tanto, se descartaron los datos anómalos del periodo mencionado y se utilizó en la caracterización de velocidad y dirección de viento, los registros diarios de las estaciones administradas por MYSRL para el periodo 2012 – 2014 y de modo referencial, los registros mensuales de las estaciones regionales mencionadas. Los datos de las estaciones meteorológicas se presentan en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

Las velocidades medias anuales para las estaciones La Quinua, Yanacocha, Km 24, Carachugo y Maqui Maqui son 2.4 m/s, 4.1 m/s, 3.5 m/s, 5.9 m/s y 3.6 m/s respectivamente, correspondiendo el grado 2 (Brisa muy débil) en la escala Beaufort a las estaciones La Quinua y Km 24, el grado 3 (Brisa débil) a la estación Cerro Yanacocha, el grado 4 (Brisa moderada) a la estación Carachugo y el grado 2 (Brisa suave) a la estación Maqui Maqui. Según lo registrado en la estación Carachugo, existe una pequeña variación estacional en la velocidad del viento, alcanzando los valores más altos entre los meses junio a setiembre y velocidades más bajas de octubre a marzo, tal como se presenta en el Gráfico 3.2.1-9, *Variación Multianual de la Velocidad del Viento*. El comportamiento de la velocidad del viento es mayor en la estación Carachugo con una velocidad máxima de 8.2 m/s en julio y una mínima en noviembre de 4.4 m/s.

**Gráfico 3.2.1-9 Variación Multianual de la Velocidad del Viento**

La estación La Quinua presenta las velocidades más bajas y constantes dentro del área de estudio, alcanzando un valor mínimo de 1.9 m/s en el mes de noviembre y un máximo en junio de 3.0 m/s.

Con respecto a la caracterización de la dirección predominante de los vientos en el área de estudio, se usaron los registros horarios disponibles de velocidad y dirección del viento de las estaciones locales comprendido en el periodo 2012–2014.

La frecuencia relativa porcentual de la dirección del viento entre 2013 y 2014 en la estación La Quinua presenta una dirección predominante del viento del Oeste Noroeste (WNW) y Este Noreste (ENE), con una frecuencia porcentual del 15% y 12%, respectivamente.

La Tabla 3.2.1.4-6, *Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación La Quinua*, presenta las frecuencias de las direcciones y velocidades del viento registradas en el período 2013–2014.

**Tabla 3.2.1.4-6 Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación La Quinua**

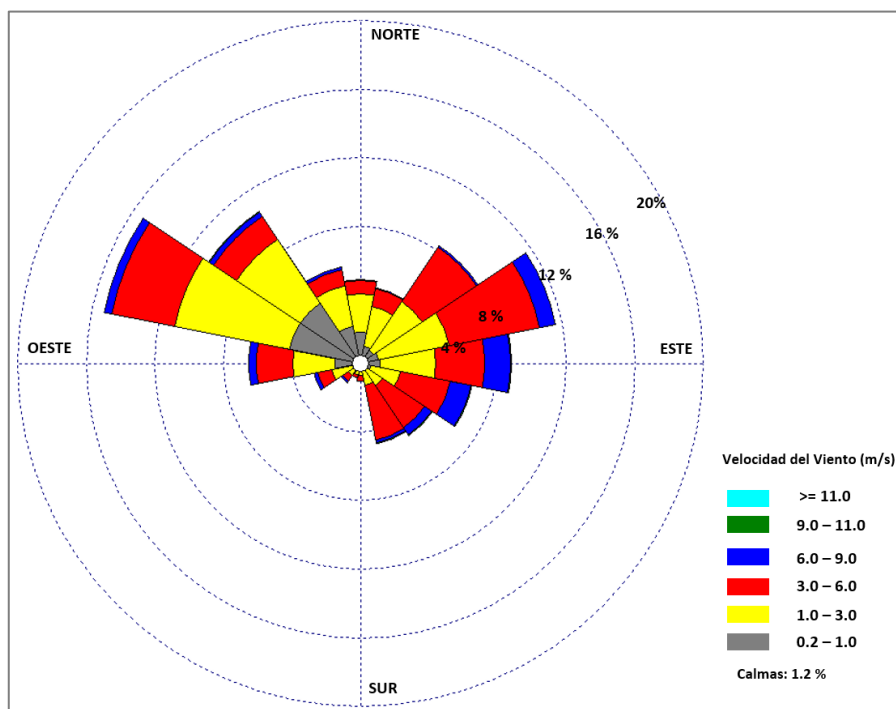
Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
N	316	378	134	13	0	0	841	5%
NNE	181	404	182	9	0	0	776	5%
NE	160	587	649	15	0	0	1,411	8%
ENE	190	719	921	160	0	0	1,990	12%
E	201	555	489	258	5	0	1,508	9%
ESE	112	303	503	212	5	0	1,135	7%
SE	47	231	495	90	7	0	870	5%
SSE	29	200	559	29	1	0	818	5%
S	11	112	62	0	0	0	185	1%
SSW	30	89	36	1	0	0	156	1%
SW	37	113	67	19	4	0	240	1%
WSW	76	217	151	33	1	1	479	3%
W	256	428	360	76	1	0	1,121	7%
WNW	726	1,170	636	77	2	0	2,611	15%
NW	729	766	279	47	2	0	1,823	11%
NNW	386	405	161	33	1	0	986	6%

Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
Calmas							216	1%
Sub-Total	3,487	6,677	5,684	1072	29	1	17,296	100%
%	21%	39%	33%	6%	0%	0%	99%	

Calmas: 1.0 % Velocidad promedio: 2.7 m/s.  
**Fuente:**  
 Base de Datos MYSRL 2013-2014.

En el Gráfico 3.2.1-10, *Rosa de los Vientos – Estación La Quinua*, se presenta la rosa de los vientos representativa indicando que los vientos provienen del Oeste Noroeste (WNW) y el porcentaje de calmas (1%) para el periodo 2013–2014.

**Gráfico 3.2.1-10 Rosa de los Vientos – Estación La Quinua**



Con respecto a los registros de datos de dirección del viento evaluados en la estación Carachugo, los vientos presentan una dirección predominante del sector Este (E) y Este Sureste (ESE) con una frecuencia porcentual de 25% y 19% respectivamente. Las frecuencias porcentuales de las direcciones y velocidades del viento registradas en el año 2014 se presentan en la Tabla 3.2.1.4-7, *Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Carachugo*.

**Tabla 3.2.1.4-7 Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Carachugo**

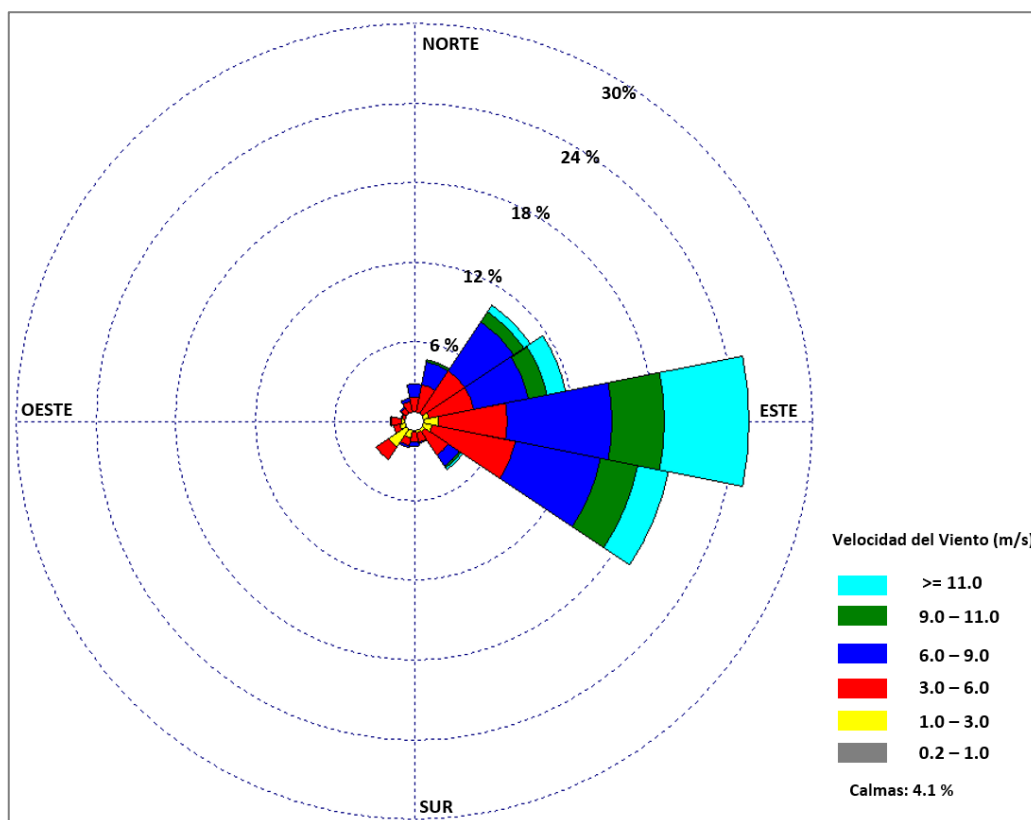
Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
N	14	45	94	83	4	0	240	3%
NNE	9	44	183	150	11	2	399	5%
NE	5	57	327	367	77	54	887	11%
ENE	21	74	289	351	118	124	977	12%
E	29	122	441	659	329	532	2,112	25%
ESE	27	90	536	548	238	197	1,636	19%
SE	18	69	175	83	14	12	371	4%
SSE	14	61	66	6	0	0	147	2%
S	21	52	60	27	0	0	160	2%

Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
SSW	32	79	51	15	0	0	177	2%
SW	34	166	96	2	0	0	298	4%
WSW	26	71	42	1	0	0	140	2%
W	20	62	63	7	0	0	152	2%
WNW	9	43	33	5	0	0	90	1%
NW	12	47	48	7	0	0	114	1%
NNW	12	44	75	20	0	0	151	2%
Calmas							346	4%
Sub-Total	303	1,126	2,579	2,331	791	921	8,397	100%
%	4%	13%	31%	28%	9%	11%	96%	

Calmas: 4.0 % Velocidad promedio: 6.1 m/s.  
**Fuente:** Base de datos de MYSRL, año 2014.

Según el Gráfico 3.2.1-11, *Rosa de los Vientos – Estación Carachugo*, la dirección predominante del viento es del Este (E) y en menor frecuencia los vientos provienen del Sureste (SE), el porcentaje de calmas es del 4%.

**Gráfico 3.2.1-11 Rosa de los Vientos – Estación Carachugo**



La estación Maqui Maqui presenta una dirección predominante Noreste (NE) con una frecuencia porcentual del 16%, no obstante, las direcciones Este (E), Este Noreste (ENE) y Este (E) alcanzan frecuencias del 11%. Un resumen de la frecuencia porcentual de la dirección predominante del viento correspondiente a la estación Maqui Maqui se presenta en la Tabla 3.2.1.4-8, *Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Maqui Maqui*.



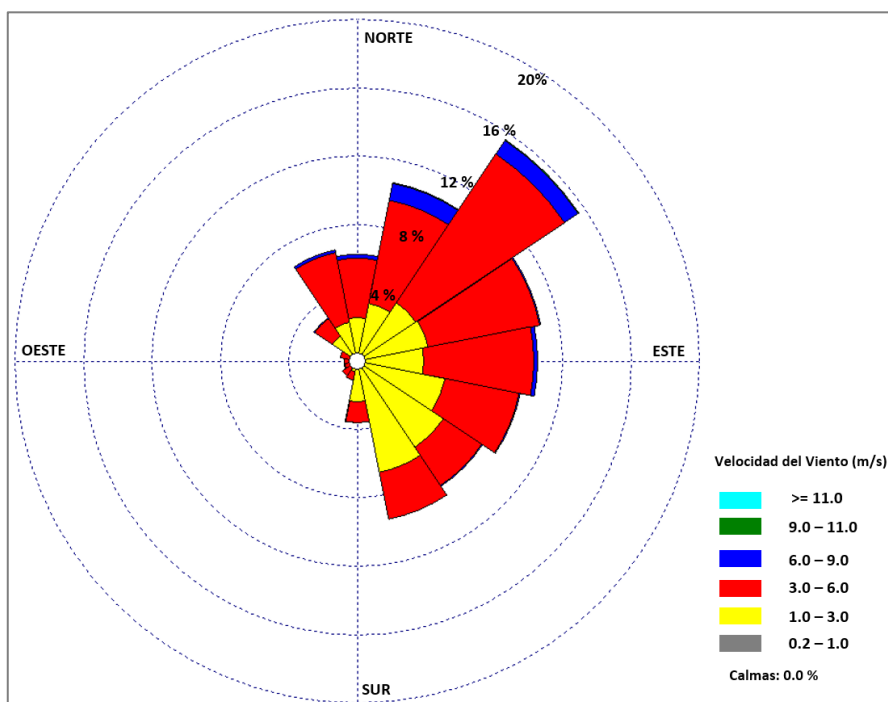
Tabla 3.2.1.4-8 Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Maqui Maqui

Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
N	10	215	300	20	0	0	545	6%
NNE	25	280	536	87	2	1	931	11%
NE	13	350	909	84	4	0	1,360	16%
ENE	24	346	579	6	0	0	955	11%
E	10	330	562	20	0	0	922	11%
ESE	40	417	387	7	0	0	851	10%
SE	37	494	234	6	0	0	771	9%
SSE	31	548	247	0	0	0	826	9%
S	17	191	107	1	0	0	316	4%
SSW	5	55	44	0	0	0	104	1%
SW	1	40	50	4	0	0	95	1%
WSW	2	26	41	6	0	0	75	1%
W	1	32	33	0	0	0	66	1%
WNW	3	42	49	0	0	0	94	1%
NW	5	149	111	2	0	0	267	3%
NNW	5	198	363	14	0	0	580	7%
Calmas							1	0%
Sub-Total	229	3,713	4,552	257	6	1	8,759	100%
%	3%	42%	52%	3%	0%	0%	100%	

Calmas: 0.0%, Velocidad promedio: 3.2 m/s.  
Fuente: Base de datos de MYSRL, año 2013.

En el Gráfico 3.2.1-12, *Rosa de los Vientos – Estación Maqui Maqui*, se presenta la rosa de los vientos representativa indicando la dirección predominante del viento del Noreste (NE) y el porcentaje de calmas (0%) para el año 2013.

Gráfico 3.2.1-12 Rosa de los Vientos – Estación Maqui Maqui



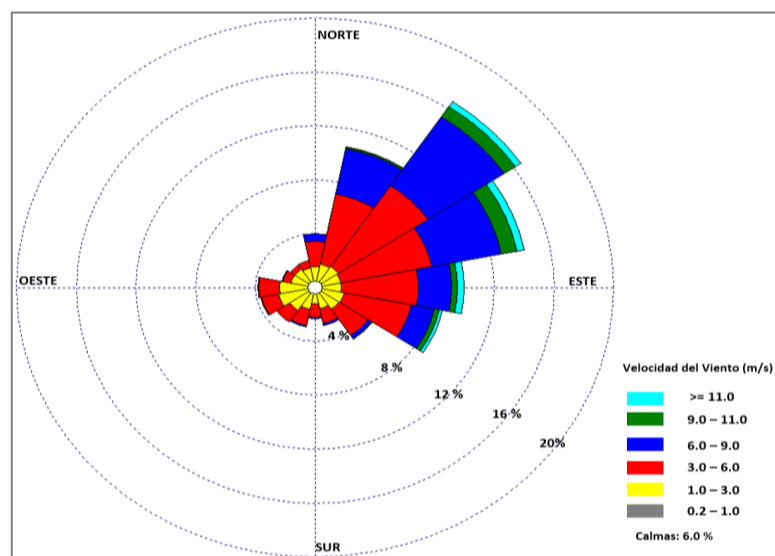
Los registros de dirección del viento obtenidos en la estación Yanacocha indican que los vientos provienen del Noreste (NE) con una frecuencia porcentual del 17%. Un resumen de la frecuencia porcentual de la dirección predominante del viento correspondiente a la estación Yanacocha se presenta en la Tabla 3.2.1.4-9, *Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Yanacocha*.

**Tabla 3.2.1.4-9 Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Yanacocha**

Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
N	24	249	337	90	2	0	702	4%
NNE	29	280	932	593	22	10	1,866	11%
NE	29	302	1259	1076	152	77	2,895	17%
ENE	26	290	1083	827	184	91	2,501	14%
E	48	263	902	391	65	74	1,743	10%
ESE	62	286	800	280	54	40	1,522	9%
SE	72	273	402	57	6	1	811	5%
SSE	57	225	199	28	0	0	509	3%
S	63	149	179	20	0	0	411	2%
SSW	55	242	214	12	0	0	523	3%
SW	51	306	186	3	0	0	546	3%
WSW	41	395	206	12	0	0	654	4%
W	50	369	245	13	0	0	677	4%
WNW	32	260	100	4	0	0	396	2%
NW	38	256	57	1	0	0	352	2%
NNW	36	231	95	1	0	0	363	2%
Calmas							1,048	6%
Sub-Total	713	4,376	7,196	3,408	485	293	17,519	100%
%	4%	25%	41%	19%	3%	2%	94%	
<b>Nota:</b> Calmas: 6%, Velocidad promedio: 4.2 m/s. <b>Fuente:</b> Base de datos de MYSRL, periodo 2013 – 2014.								

En el Gráfico 3.2.1-13, *Rosa de los Vientos – Estación Yanacocha*, se presenta la rosa de los vientos representativa indicando la dirección predominante del viento, Noreste (NE) y el porcentaje de calmas (0%) para el periodo 2013 – 2014.

Gráfico 3.2.1-13 Rosa de los Vientos – Estación Yanacocha



Con respecto a la estación Km 24 para un análisis estadístico de dos años (2013-2014), el viento tuvo una tendencia a soplar desde el Sureste (SE) con una frecuencia porcentual del 18%. Asimismo, se presentaron vientos que soplaron con menor frecuencia de otras direcciones: la dirección Este sureste (ESE) con un porcentaje de 10.0%, la dirección Noroeste (NW) y Sur sureste (SSE) con 9%. En la Tabla 3.2.1.4-10, *Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Km 24*, se presenta en detalle un resumen de la frecuencia porcentual de la dirección predominante del viento correspondiente a la estación Km24.

Tabla 3.2.1.4-10 Reporte de Frecuencia de Dirección del Viento – Estación Km 24

Dirección del viento	Velocidad (m/s)						Total (F)	%
	0.2 - 1.0	1.0 - 3.0	3.0 - 6.0	6.0 - 9.0	9.0 - 11.0	>= 11.0		
N	53	536	195	6	0	0	790	5%
NNE	34	279	201	11	0	0	525	3%
NE	31	306	431	83	6	0	857	5%
ENE	27	322	334	129	66	26	904	5%
E	35	511	497	165	16	1	1,225	7%
ESE	35	431	567	450	77	53	1,613	10%
SE	57	1088	1555	378	17	4	3,099	18%
SSE	28	334	1070	139	2	0	1,573	9%
S	13	142	174	7	0	0	336	2%
SSW	10	80	96	14	0	0	200	1%
SW	5	283	181	2	0	0	471	3%
WSW	17	322	372	11	0	0	722	4%
W	24	445	469	8	0	0	946	6%
WNW	29	505	470	1	0	0	1,005	6%
NW	42	726	666	11	0	0	1,445	9%
NNW	66	836	263	2	0	0	1,167	7%
Calmas							58	0%
Sub-Total	506	7,146	7,541	1,417	184	84	16,936	100%
%	3%	42%	45%	8%	1%	0%	100%	

**Nota:**

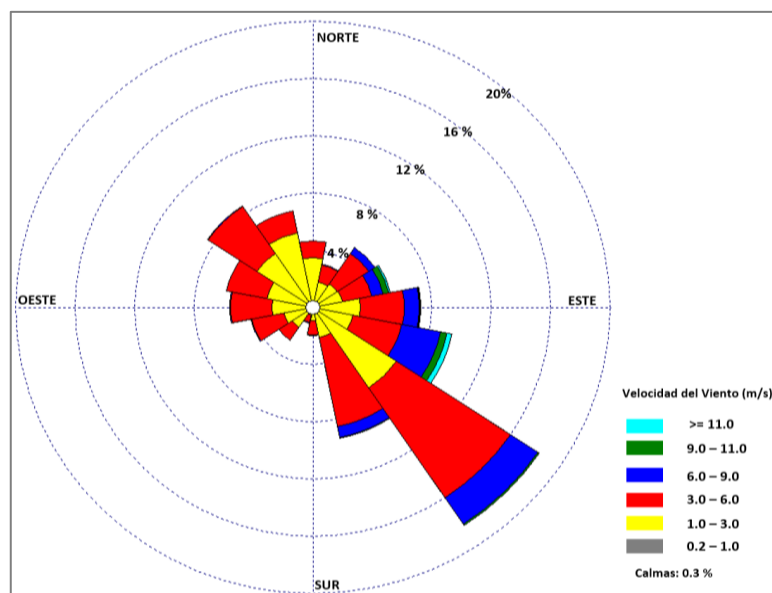
Calmas: 0 % Velocidad promedio: 3.5 m/s.

**Fuente:**

Base de Datos de MYSRL 2013-2014.

En el Gráfico 3.2.1-14, *Rosa de los Vientos – Estación Km 24*, se presenta la rosa de los vientos representativa indicando la dirección predominante del viento, Sureste (SE) con una frecuencia porcentual de 18% y el porcentaje de calmas (0%) para el periodo 2013–2014.

**Gráfico 3.2.1-14 Rosa de los Vientos – Estación Km 24**



#### **Variación Horaria de la Dirección Predominante de los Vientos**

Para la descripción de la variación horaria de la dirección del viento superficial se ha considerado la variación en horario matutino (07 am -11:00 am), vespertino (12:00 - 18:00) y nocturno (19:00 - 06:00 am) para las Estaciones Meteorológicas La Quinua y Maqui Maqui. En el Apéndice D, *Estudio Climatológico*, se presenta el consolidado de los registros de velocidad y dirección del viento para cada estación meteorológica.

##### *Estación La Quinua*

**Horario Matutino:** Predominan vientos de intensidad suave (3.0 m/s), reportando direcciones predominantes del Este-noreste (ENE) con una frecuencia porcentual del 12% y en menor frecuencia de los sectores Sureste (SE) y Sur-sureste (SSE) con 11%. Se registró ocurrencia de calmas del 2%.

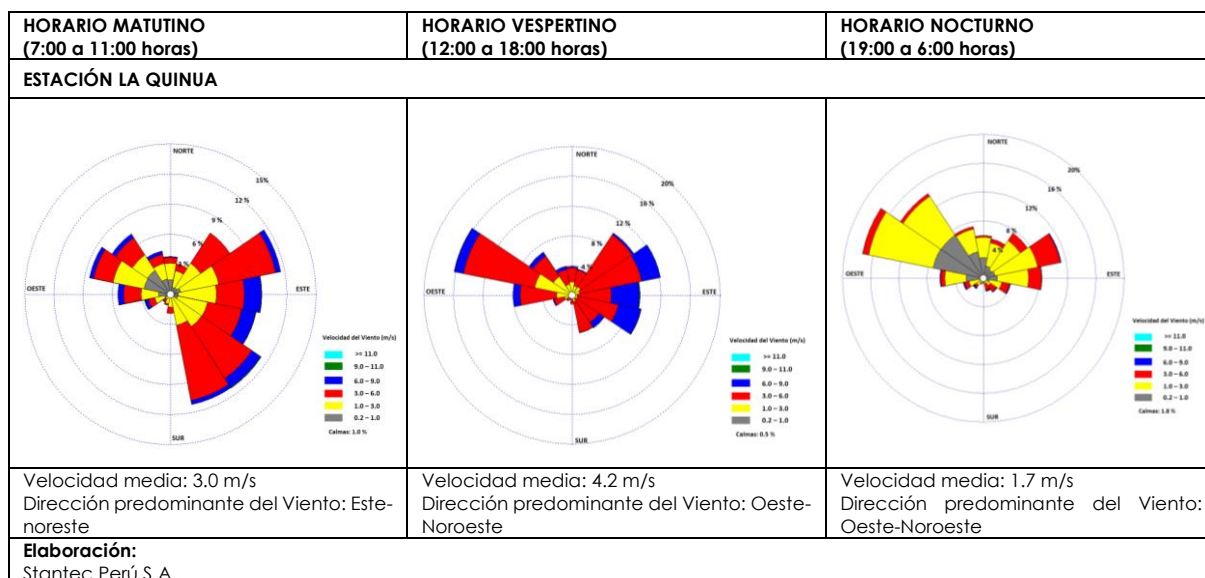
**Horario Vespertino:** Predominan vientos de intensidad leve (4.2 m/s), reportando direcciones predominantes del Oeste-noroeste (WNW) con una frecuencia porcentual del 16% y en menor frecuencia en los sectores Este-Noreste (ENE): 12.0%, Noreste (NE) y Este-sureste (ESE): 10.0%. Se registró ocurrencia de calmas del 1.0%.

**Horario Nocturno:** Predominan vientos de intensidad suave (1.7 m/s), reportando direcciones predominantes del Oeste-Noroeste (WNW) con una frecuencia porcentual del 17% y en menor frecuencia en los sectores Noroeste (NW): 14% y Este-Noreste (ENE) con 11% respectivamente. Se registró ocurrencia de calmas al 2%.

El Gráfico 3.2.1-15, *Rosa de los Vientos, Variación Horaria – Estación La Quinua*, representa las rosas de los vientos considerando las variaciones de los vientos en horario diurno, vespertino y nocturno según registros de dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica La Quinua.

Gráfico 3.2.1-15

## Rosa de los Vientos, Variación Horaria - Estación La Quinua



## Estación Carachugo

**Horario Matutino:** Predominan vientos de intensidad moderada (6.8 m/s), reportando direcciones predominantes del Este (E) y Este-sureste (ESE) con una frecuencia porcentual del 33% y 22% respectivamente. En menor frecuencia del sector Este-noreste (ENE) con 11%. Se registró ocurrencia de calmas del 4%.

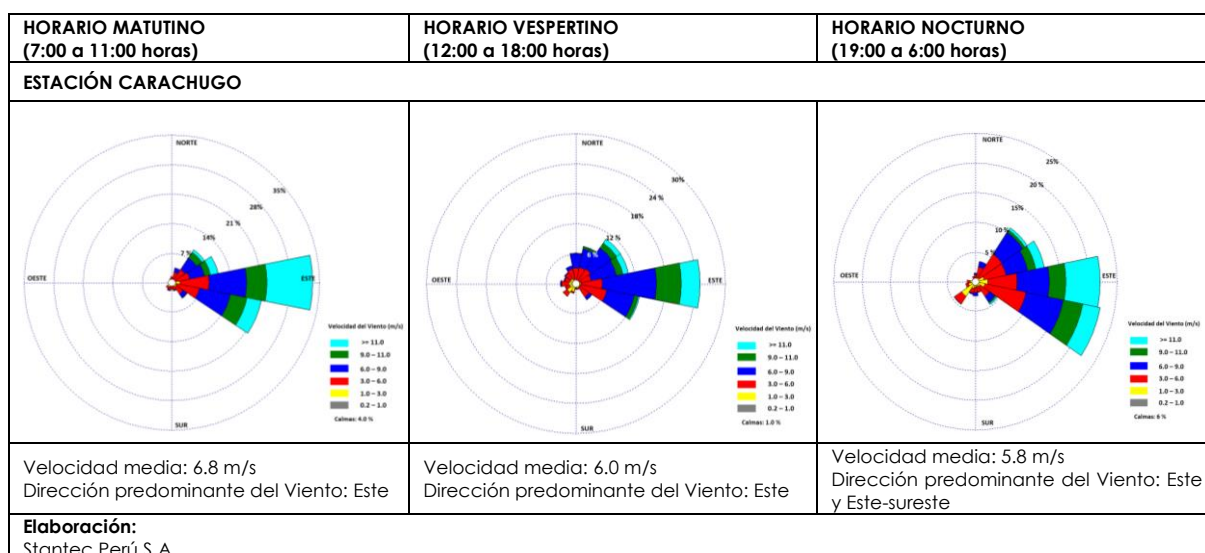
**Horario Vespertino:** Predominan vientos de intensidad moderada (6.0 m/s), reportando direcciones predominantes del Este (E) con una frecuencia porcentual del 25% y en menor frecuencia en el sector Este-Sureste (ESE) con el 13%. Se registró ocurrencia de calmas del 1%.

**Horario Nocturno:** Predominan vientos de intensidad moderada (5.8 m/s), reportando direcciones predominantes del Este (E) y Este-sureste (ESE) con una frecuencia porcentual del 22% y en menor frecuencia en el sector Este-noreste (ENE) con el 12%. Se registró ocurrencia de calmas del 6%.

El Gráfico 3.2.1-16, *Rosa de los Vientos, Variación Horaria – Estación Carachugo*, representa las rosas de los vientos considerando las variaciones de los vientos en horario diurno, vespertino y nocturno según registros de dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica Carachugo.

Gráfico 3.2.1-16

## Rosa de los Vientos, Variación Horaria - Estación Carachugo



### Estación Maqui Maqui

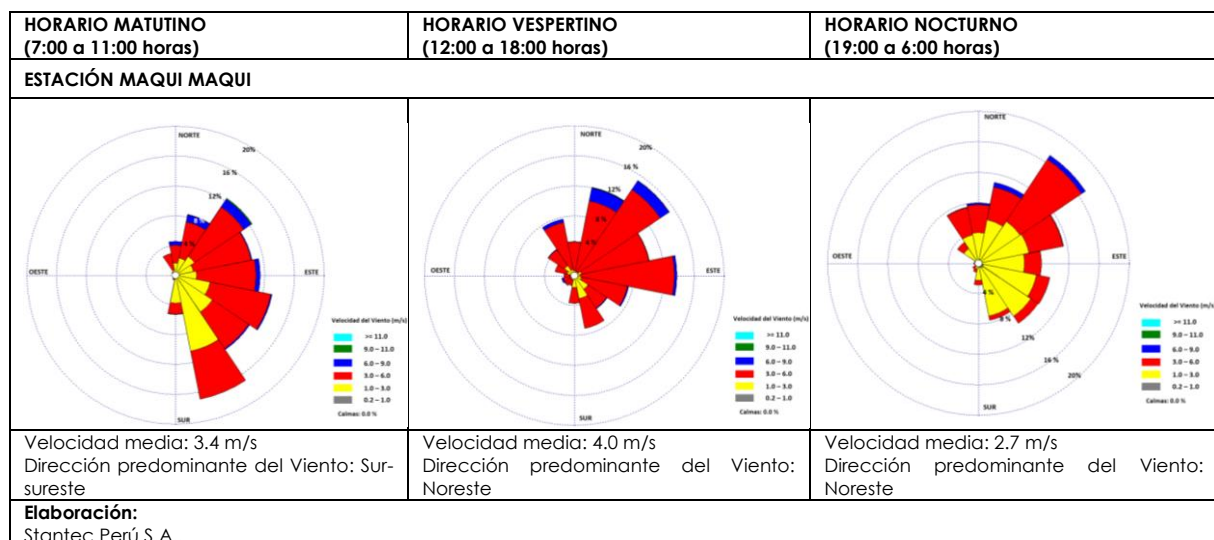
**Horario Matutino:** Predominan vientos de intensidad leve (3.4 m/s), reportando direcciones predominantes del Sur-sureste (SSE) con una frecuencia porcentual del 17% y en menor frecuencia de los sectores Este-sureste (ESE) y Sureste (SE) con 13% y 12% respectivamente. No se registró ocurrencia de calmas del 2%.

**Horario Vespertino:** Predominan vientos de intensidad leve (4.2 m/s), reportando direcciones predominantes del Noreste (NE) con una frecuencia porcentual del 15% y en menor frecuencia en los sectores Este (E): 14.0%, y Norte-noreste (NNE): 12.0%. No se registró ocurrencia de calmas.

**Horario Nocturno:** Predominan vientos de intensidad suave (1.7 m/s), reportando direcciones predominantes del Noreste (NE) con una frecuencia porcentual del 17% y en menor frecuencia en los sectores Este-Noreste (ENE): 12% y Nor-Noreste (NNE) con 11% respectivamente. No se registró ocurrencia de calmas.

El Gráfico 3.2.1-17, *Rosa de los Vientos, Variación Horaria – Estación Maqui Maqui*, representa las rosas de los vientos considerando las variaciones de los vientos en horario diurno, vespertino y nocturno según registros de dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica Maqui Maqui.

**Gráfico 3.2.1-17 Rosa de los Vientos, Variación Horaria - Estación Maqui Maqui**



### Estación Yanacocha

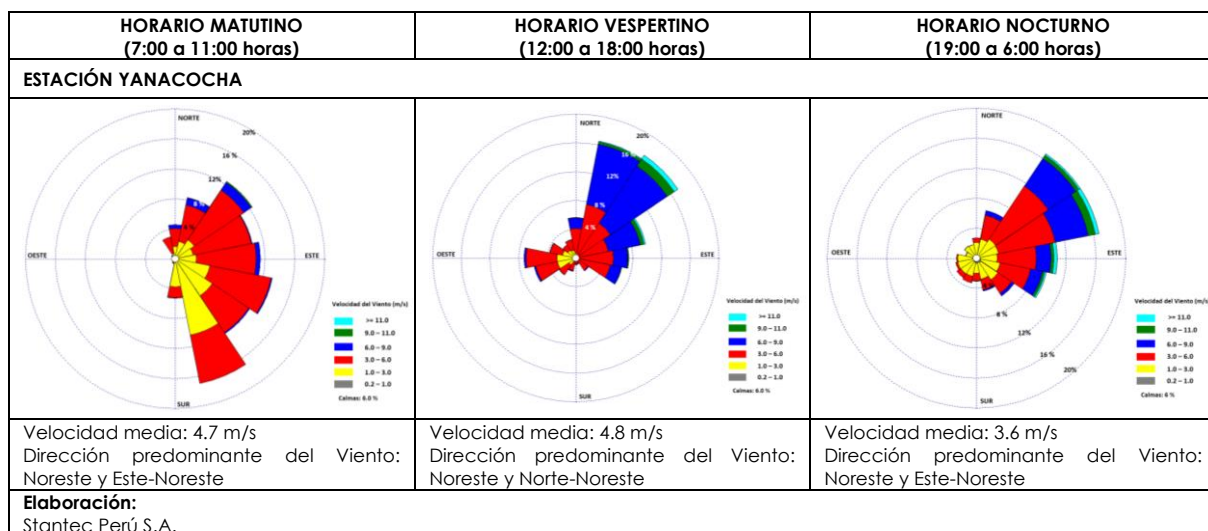
**Horario Matutino:** Predominan vientos de intensidad leve (4.7 m/s), reportando direcciones predominantes del Noreste (NE) y Este-Noreste (ENE) con una frecuencia porcentual del 15% respectivamente. En menor frecuencia de los sectores Norte-noreste (NNE) y Este-noreste (ENE) con 12% y 11% respectivamente. Se registró ocurrencia de calmas del 6%.

**Horario Vespertino:** Predominan vientos de intensidad leve (4.8 m/s), reportando direcciones predominantes del Noreste (NE) y Norte-Noreste (NNE) con una frecuencia porcentual del 17% respectivamente y en menor frecuencia en el sector Este-Noreste (ENE). Se registró ocurrencia de calmas del 6%.

**Horario Nocturno:** Predominan vientos de intensidad leve (3.6 m/s), reportando direcciones predominantes del Noreste (NE) y Este-Noreste (ENE) con una frecuencia porcentual del 17% y en menor frecuencia en el sector Este-sureste (ESE) con 10% respectivamente. Se registró ocurrencia de calmas del 6%.

El Gráfico 3.2.1-18, *Rosa de los Vientos, Variación Horaria – Estación Yanacocha*, representa las rosas de los vientos considerando las variaciones de los vientos en horario diurno, vespertino y nocturno según registros de dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica Yanacocha.



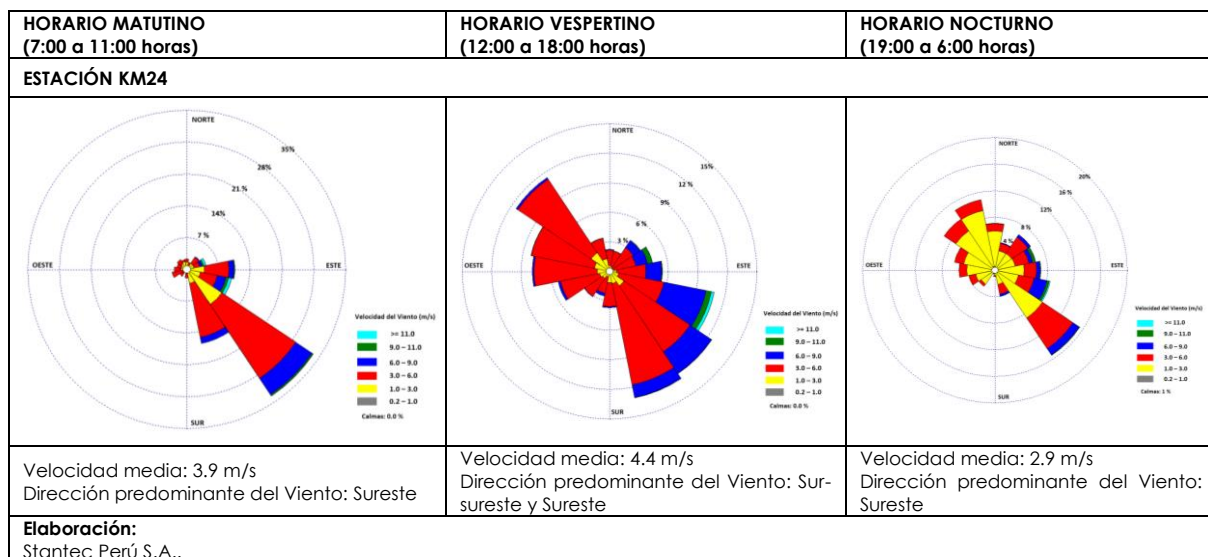
**Gráfico 3.2.1-18 Rosa de los Vientos, Variación Horaria - Estación Yanacocha****Estación Km 24**

**Horario Matutino:** Predominan vientos de intensidad leve (3.9 m/s), reportando direcciones predominantes del Sureste (SE) con una frecuencia porcentual del 33% respectivamente. En menor frecuencia de los sectores Sur-sureste (SSE) y Este (E) con 17% y 11% respectivamente. No se registró ocurrencia de calmas.

**Horario Vespertino:** Predominan vientos de intensidad leve (4.4 m/s), reportando direcciones predominantes del Sur-sureste (SSE) y Sureste (SE) con una frecuencia porcentual del 13% y 12% respectivamente y en menor frecuencia en el sector Este-Sureste (ESE). No se registró ocurrencia de calmas.

**Horario Nocturno:** Predominan vientos de intensidad suave (2.9 m/s), reportando direcciones predominantes del Sureste (SE) con una frecuencia porcentual del 15% y en menor frecuencia en el sector Norte-noreste (NNE) con 11%. Se registró ocurrencia de calmas del 1%.

El Gráfico 3.2.1-19, *Rosa de los Vientos, Variación Horaria – Estación Km 24*, representa las rosas de los vientos considerando las variaciones de los vientos en horario diurno, vespertino y nocturno según registros de dirección y velocidad del viento de la estación meteorológica Km 24.

**Gráfico 3.2.1-19 Rosa de los Vientos, Variación Horaria - Estación Km 24**

### **Evapotranspiración Potencial de Referencia**

La evaporación potencial de referencia para MYSRL fue calculada mediante la metodología de Penman – Monteith (FAO, 2006); esta metodología estima la evapotranspiración utilizando como datos de entrada: la temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y velocidad de viento que fueron registradas en las estaciones administradas por MYSRL (datos diarios). La Tabla 3.2.1.4-11, *Evapotranspiración Potencial de Referencia Anual*, muestra la evapotranspiración potencial anual estimada; se puede observar que los valores mayores de evapotranspiración ocurren en las estaciones La Quinua, Maqui Maqui y Km 24.

**Tabla 3.2.1.4-11 Evapotranspiración Potencial Anual**

Estación	Evapotranspiración Potencial Anual (mm)
Carachugo	793.5
Maqui Maqui	973.7
Yanacocha	842.3
La Quinua	1,011.8
Km 24	963.7
Chailhuagón	852.3
Huayramachay	754.2
Carachugo	793.5
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).	

La Tabla 3.2.1.4-12, *Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm)*, muestra el resumen de la evapotranspiración mensual promedio estimadas de las estaciones locales. Se observa que los mayores registros se encuentran en las estaciones La Quinua, Maqui Maqui y Km 24, además se observa que existe un comportamiento estacional donde los mayores registros ocurren entre los meses de julio a octubre. Los valores calculados de evapotranspiración mensual se muestran en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Tabla 3.2.1.4-12 Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm)**

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Carachugo	67.1	62.1	63.3	61.0	62.7	58.2	62.9	68.4	69.7	76.0	73.3	68.8
Maqui Maqui	85.7	75.1	77.7	77.6	74.7	70.9	78.8	87.3	87.4	88.4	87.3	82.7
Yanacocha	72.0	62.3	63.6	65.1	65.9	63.5	69.5	77.2	78.3	78.2	75.6	71.3
La Quinua	84.7	77.3	77.9	77.9	79.5	78.2	85.4	91.9	92.4	88.8	91.5	86.3
Km 24	82.0	74.0	76.4	74.6	73.2	74.1	79.7	86.9	88.1	86.6	82.8	85.4
Chailhuagón	81.9	69.7	72.3	70.6	70.7	53.0	54.6	62.7	66.9	81.5	84.3	83.9
Huayramachay	64.4	58.0	61.6	59.0	59.2	50.8	57.8	62.5	64.1	72.3	73.0	71.5
Carachugo	67.1	62.1	63.3	61.0	62.7	58.2	62.9	68.4	69.7	76.0	73.3	68.8
Maqui Maqui	85.7	75.1	77.7	77.6	74.7	70.9	78.8	87.3	87.4	88.4	87.3	82.7
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).												

### **Evaporación Potencial**

La evaporación potencial fue estimada utilizando el método de evaporación de lago; este método divide la evapotranspiración potencial de referencia por un factor. De acuerdo con la FAO, el factor se puede estimar mediante la humedad relativa y velocidad del viento; en este caso, en base a la información de las estaciones, se estimó un factor equivalente a 0.75.

La Tabla 3.2.1.4-13, *Evaporación Potencial Anual (mm)*, muestra el resumen de la evaporación potencial anual estimada en las estaciones locales. Se observa que las estaciones La Quinua, Maqui Maqui y Km 24 presentan los valores más altos. Estos valores se encuentran en el mismo orden de magnitud que la evaporación potencial anual registrada en la estación regional Augusto Weberbauer (1,021.2 mm/año).

**Tabla 3.2.1.4-13 Evaporación Potencial Anual (mm)**

Estación	Evaporación potencial Anual (mm)
Carachugo	1,058.0
Maqui Maqui	1,298.2
Yanacocha	1,123.1
La Quinua	1,349.1
Km 24	1,284.9
Chailhuagon	1,138.9
Huayramachay	1,005.6
Carachugo	1,058.0
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha Sulfuros (WSP, 2019).	

La Tabla 3.2.1.4-14, *Evaporación Potencial Promedio Mensual (mm)*, muestra el resumen de la evaporación mensual promedio estimada de las estaciones locales. Se observa que los mayores registros se encuentran en las estaciones La Quinua, Maqui Maqui y Km 24, además se observa que existe un comportamiento estacional donde los mayores registros ocurren entre los meses de julio a octubre.

Por otro lado, durante la época húmeda, la evaporación potencial mensual varía entre 80.6 mm (abril) y 120.6 mm (noviembre); mientras que para los meses de junio a setiembre la evaporación mensual varía entre 81.1 mm (julio) y 122.5 mm (agosto), respectivamente.

**Tabla 3.2.1.4-14 Evaporación Potencial Promedio Mensual (mm)**

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Carachugo	89.5	82.8	84.4	81.3	83.5	77.6	83.9	91.2	93.0	101.4	97.7	91.7
Maqui Maqui	114.3	100.2	103.6	103.5	99.6	94.5	105.1	116.4	116.6	117.9	116.4	110.2
Yanacocha	96.0	83.0	84.8	86.8	87.8	84.6	92.6	102.9	104.4	104.3	100.7	95.1
La Quinua	112.9	103.1	103.9	103.8	106.0	104.3	113.9	122.6	123.2	118.4	122.1	115.0
Km 24	109.3	98.7	101.9	99.5	97.6	98.8	106.2	115.8	117.4	115.4	110.4	113.9
Chailhuagón	109.2	93.0	96.4	94.1	94.3	70.7	72.8	83.7	89.2	110.2	112.4	112.9
Huayramachay	85.9	77.4	82.2	78.6	79.0	67.7	77.0	83.3	85.4	96.3	97.4	95.3
Carachugo	89.5	82.8	84.4	81.3	83.5	77.6	83.9	91.2	93.0	101.4	97.7	91.7
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).												

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa en el área de estudio varía aproximadamente entre 78.8% (Estación Maqui Maqui) y 88.4% (Estación Carachugo), con una media anual de 82%, según el análisis anual de los registros de humedad relativa de las estaciones meteorológicas locales administradas por MYSRL.

Durante los meses que corresponde a la época húmeda, la humedad varía entre 78.8% (Maqui Maqui) y 83.3% (Carachugo), mostrando una media de 82%. Mientras que, durante los meses de época seca, la humedad relativa media tiende a disminuir ligeramente alcanzando una variación entre 71.0% (La Quinua) y 86.5% (Carachugo), con un promedio de 77.4% para el área de estudio. La Tabla 3.2.1.4-15, *Promedio Mensual de Humedad Relativa*, presenta un resumen de los valores mensuales registrados, de los cuales se observa que existe un claro comportamiento estacional en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha.

Tabla 3.2.1.4-15 Promedio Mensual de Humedad Relativa

Mes	Humedad Relativa (%)								
	Maqui Maqui	Carachugo	Yanacocha	La Quinoa	Km 24	Chailhuagón	Huayramachay	Weberbauer	La Encañada
Enero	80	86.4	83.6	83.3	84.9	87.7	83.2	67.4	68.7
Febrero	82.2	88.4	85.3	83.8	84.2	90.9	85.0	69.5	71
Marzo	84.3	87.9	87.5	86.0	93.1	93.1	83.0	70.8	73.6
Abril	82.4	85.4	84.0	84.5	92.8	91.9	83.7	70.4	72.7
Mayo	80.4	86.4	81.4	81.2	94.7	89.6	81.9	67.5	68.5
Junio	76.3	88.4	76.4	74.1	82.1	89.7	84.1	61.9	65.2
Julio	73.0	87.9	71.4	69.1	73.3	86.6	79.0	56.9	62.9
Agosto	82.4	85.4	72.6	68.0	74.7	86.0	80.0	56.7	62.3
Septiembre	80.4	84.3	76.3	72.7	76.0	88.4	83.3	59.8	63.3
Octubre	76.3	80.9	80.4	78.9	83.8	88.9	81.4	62.5	68.9
Noviembre	73.0	76.5	78.2	79.8	77.0	84.4	78.0	61.6	69.6
Diciembre	73.4	77.5	82.6	82.7	79.6	88.4	79.7	65.9	70.4
Promedio	78.7	84.6	80.0	78.7	83.0	88.8	81.9	64.2	68.1
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).									

Los valores máximos o picos altos de humedad relativa en el área de estudio del proyecto, se presenta durante la época húmeda, variando entre 84.3% (Estación Maqui Maqui) y 88.4% (Estación Carachugo).

Los registros completos de humedad relativa para cada una de las estaciones se presentan en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

### **Presión Barométrica**

Para caracterizar la presión atmosférica en el área de estudio, MYSRL cuenta con registros de presión atmosférica en las estaciones Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha, La Quinoa, Chailhuagón y Huayramachay. En la Tabla 3.2.1.4-16, *Presión Atmosférica (mbar)*, se muestra la presión atmosférica (mbar) de tales estaciones.

Tabla 3.2.1.4-16 Presión Atmosférica (mbar)

Estación	Altitud (msnm)	Presión Atmosférica (mbar)
Carachugo	4,196	604.1
Maqui Maqui	4,112	610.7
Yanacocha	3,816	634.2
La Quinoa	3,455	664.0
Chailhuagón	3,760	638.8
Huayramachay	4,086	612.7
<b>Fuente:</b> Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).		

### **Radiación Solar**

Para caracterizar la variación de la radiación solar en el área de estudio se dispone de los registros a partir del 2015 hasta noviembre del 2018 (ver Tabla 3.2.1.4-17, *Radiación Solar (kWh/m²)*). El registro histórico de esta estación se muestra en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*. En base a estos datos, el valor de la radiación solar promedio anual estimado en la zona del proyecto es de 966.9 kWh/m².

Tabla 3.2.1.4-17 Radiación Solar (kWh/m<sup>2</sup>)

Estación	Radiación
La Quinua	846.2
Maqui Maqui	1,111.3
Yanacocha	919.1
Carachugo	981.0
Chailhuagon	966.6
Huayramachay	977.0
Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP, 2019).	

### 3.2.1.5 Zonas de Vida

Según el Mapa Ecológico del Perú (INRENA, 1995) en el área de estudio existen cuatro zonas de vida (ver Figura 3.2.1.5-1, Mapa de Zonas de Vida) las cuales se describen a continuación:

- **Bosque húmedo - Montano Tropical (bh-MT):** Se distribuye entre los 3,500 y 3,900 msnm. Posee un clima húmedo - templado frío, con biotemperatura media anual entre 6 °C y 8 °C; y la precipitación pluvial total, con un promedio anual de entre 500 y 700 milímetros. La cubierta vegetal que caracteriza a esta formación ecológica es la presencia del "chocho" o tarhui. En las partes más altas se observa la existencia de pastos naturales altoandinos. Entre las especies forestales se puede distinguir el "quinual" *Polylepis* sp. y el "mutuy" *Senna* sp. En esta zona de vida la agricultura de secano se desarrolla casi con óptimas condiciones hídricas, siendo más bien factor limitante los cambios bruscos de temperatura. En esta zona se siembra papa, habas, alverja y cultivos nativos altoandinos como oca, mashua y olluco. Las especies características de esta zona y que fueron registradas en el área de estudio son *Polylepis racemosa*, *Lupinus* sp. y *Calamagrostis tarmensis*.
- **Bosque muy húmedo - Montano Tropical (bmh-MT):** Se distribuye entre los 2,900 y 3,900 msnm, y en las inmediaciones del área de influencia del proyecto se encuentra entre los 3,600 y 3,900 msnm. Posee un clima perhúmedo - templado frío, con una biotemperatura media anual de entre 6 °C y 12 °C; y la precipitación pluvial total, con un promedio anual variable de entre 900 y 1,800 milímetros. En la cubierta vegetal natural de esta zona de vida predominan especies de gramíneas de los géneros *Stipa*, *Calamagrostis* y *Festuca*, constituyendo praderas de pastos naturales altoandinos, donde además se puede observar la presencia del "chinchango" *Hypericum laricifolium*, especie indicadora y típica de esta zona de vida. Las especies características de esta zona y que fueron registradas en el área de estudio son *Cortaderia sericantha*, *Gynoxys* spp. y *Brachyotum longisepalum*.
- **Páramo muy húmedo - Subalpino Tropical (pmh-SaT):** Se distribuye entre los 3,900 y los 4,500 msnm. La vegetación en el área de estudio está constituida por gramíneas tales como *Calamagrostis tarmensis*, *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Stipa inconspicua*, *Bromus catharticus*, *Bromus lanatus*, *Agrostis breviculmis*, *Poa annua*, *Poa tuberosum*, entre otras. Posee condiciones de humedad del tipo perhúmedo, con una biotemperatura media anual entre 4.6 °C y 6.9 °C; y una precipitación pluvial total, promedio anual entre 584 y 1,255 milímetros. El suelo está conformado por suelos delgados y suelos orgánicos.
- **Tundra pluvial - Alpino Tropical (tp-AT):** Se distribuye sobre el páramo pluvial- subalpino tropical, entre los 4,300 y 4,500 msnm, en la región de la sierra. Posee un clima superhúmedo - muy frío, con una biotemperatura media anual de entre 1.5 °C y 3 °C; y la precipitación pluvial total, con un promedio anual variable desde 500 hasta 1,000 milímetros. La cubierta vegetal es más abundante y florísticamente diversificada con relación a las otras tundras, tales como la tundra húmeda y la tundra muy húmeda. Además de las matas gramíneas, plantas arrosetadas y plantas de porte almohadillado, se observa la presencia de *Distichia muscoides*, la cual forma almohadillas convexas que crecen continuamente, y sus raíces más profundas se van convirtiendo en lo que comúnmente se denomina turba.

También es posible observar la existencia de líquenes y musgos en altitudes superiores, hasta sobrepasar los 4,400 msnm. Las tierras de esta zona de vida son utilizadas para el pastoreo trashumante, y tienen una amplia capacidad de carga animal, sin causar pérdidas cuantitativas y

cualitativas del recurso. Las especies características de esta zona y que fueron registradas en el área de estudio son *Loricaria ferruginea*, *Werneria nubigena* y *Distichia spp.*

### 3.2.1.6 Ocurrencia de Fenómeno El Niño y La Niña y Cambio Climático

La evaluación de la incidencia de los fenómenos El Niño/ La Niña sobre la zona del proyecto, a través del análisis visual de series de tiempo y análisis de regresión lineal entre la precipitación local/regional e índices como el SOI (índice de oscilación sur), el ICEN (índice Costero El Niño), el índice C (Pacífico Ecuatorial Central) e índice E (Pacífico Ecuatorial Este), no establece una clara relación (directa o inversamente proporcional) entre la ocurrencia de dichos fenómenos y el aumento o reducción de las precipitaciones en el área de la Unidad Minera Yanacocha.

Además, la regresión estadística entre la ocurrencia del fenómeno El Niño/ La Niña y el comportamiento de las precipitaciones en su mejor performance, no supera el 52.4% (correlación a escala anual entre SOI y precipitación escala anual de las estaciones de MYSRL). Esto sugiere, que además de la posible influencia de dichos fenómenos, existen otros factores locales como, por ejemplo: orográficos, orientación de cuenca y vertiente, climáticos, etc. que intervienen en la variabilidad pluviométrica de la zona del proyecto.

Para el análisis de cambio climático, se evaluaron dos escenarios de cambio climático: RCP4.5 y RCP8.5 correspondientes al modelo climático regional REMO2009, que es una regionalización del Modelo Climático Global MPI-ESM-LR. Los periodos de análisis fueron 2021 – 2050 como futuro cercano y 2071 – 2100 como futuro lejano comparados con el periodo 2006 – 2020 (periodo base). Del análisis realizado, se encontró que el escenario crítico es el periodo 2021 – 2050, en el cual se experimenta una reducción de la precipitación y aumento de temperatura media anual (ver Apéndice D, *Estudio Climatológico*).

En el Apéndice D, *Estudio Climatológico*, se presenta un análisis sobre la influencia de este fenómeno en las precipitaciones que ocurren en el sector de la Unidad Minera Yanacocha.

## 3.2.2 Geología, Geomorfología, Geoquímica

### 3.2.2.1 Geología

En esta subsección se presenta la caracterización geológica del área de estudio de la II MEIA Yanacocha. Su desarrollo tiene como objetivo reconocer y delimitar las diferentes formaciones geológicas a nivel regional y local considerando lo establecido en los TdR comunes (R.M. N°116-2015-MEM), para ello, se ha recopilado información temática y cartográfica de la I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019), la cual a su vez recoge la información cartográfica disponible del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET (mapa geológico de la zona y boletines geológicos N° 31 y 38).

A continuación, se desarrolla la descripción de la geología regional, local y estructural identificando tanto la distribución como las características geotécnicas de las formaciones geológicas o unidades estratigráficas que forman parte de su configuración:

#### Geología Regional

La Unidad Minera Yanacocha se encuentra ubicado en la parte Norte del cinturón Orogénico Andino que atraviesa Perú en toda su longitud el cual está formado principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas Volcánicas del Terciario. La zona mineralizada de Yanacocha, conocida también como "Distrito Minero de Yanacocha" debido a la presencia de diversos proyectos mineros comprendidos en una misma zona geográfica, está ubicada a lo largo de una perturbación de escala regional de este cinturón orogénico. Las orientaciones Noreste – Sureste de pliegues y sobrescurrimientos en las rocas sedimentarias del Cretáceo, son desviadas Este-Oeste a lo largo de la intersección con una zona estructural este-noreste trasandina, conocida con el nombre de corredor estructural Chicama – Yanacocha. Este corredor muestra tendencias estructurales a lo largo de unos 200 km de longitud comenzando en la costa del Pacífico con un ancho de 30 a 40 km. En la Figura 3.2.2.1-1, *Mapa de Geología Regional*, se aprecia la distribución y extensión de las secuencias sedimentarias y volcánicas y los principales dominios estructurales en el entorno de la Unidad Minera Yanacocha.

Las rocas sedimentarias del Cretáceo son las unidades más antiguas en la región de Cajamarca. Un paquete basal de silicoclásticos se encuentra cubierto por la plataforma de rocas carbonatadas. No se conoce mineralización de alta sulfuración tipo Yanacocha en las rocas sedimentarias, pero muchos otros tipos de depósitos prospectados en la región están hospedados en estas rocas.



El basamento de rocas volcánicas Terciarias en la región de Cajamarca está conformado por flujos de lava, aglomerados de escombros volcánicos (debris flow) y secuencias volcanoclásticas de la Formación Llama, la cual ha sido datada en el Paleoceno. Las rocas de la formación Llama afloran al Sur del distrito minero y sobre estas se deposita el complejo volcánico de Yanacocha que esta correlacionada regionalmente con la formación volcánica Porculla.

El complejo volcánico Yanacocha es una intercalación de secuencias de flujos de lavas andesíticas y rocas piroclásticas que se superponen a la formación Llama a lo largo de un contacto transicional.

A unos 10 km al noreste de Yanacocha se encuentra cubierto por ignimbritas, dacíticas y andesíticas de la formación Huambos (Miembro Fraylones).

Estas rocas sedimentarias y volcánicas están cortadas por intrusiones Terciarias que ocurren de forma circular o elongadas a lo largo de una orientación Oeste-Noreste que corta por la margen este del distrito. Estas intrusiones han sido datadas como del Paleoceno al Mioceno. En la Figura 3.2.2.1-2, *Columna Estratigráfica Regional*, se presenta un esquema con las principales unidades litológicas presentes en la región, seguido de una breve descripción para cada una de estas unidades.

### **Rocas Sedimentarias (Cretáceo)**

Corresponde a cuarcitas fuertemente plegadas y limolitas de la formación Farrat (Cretáceo bajo), que forman parte del Grupo Goyllarisquiza; son las rocas más antiguas expuestas en la parte sur y oeste del distrito, fuera del área de estudio ambiental. La formación Yumagual (Cretáceo Medio) parte del grupo Puillucana se encuentran expuestas en la parte noreste del distrito y está compuesto principalmente por prominentes horizontes de caliza gris intercaladas por pequeños horizontes de pizarras y limolitas.

Actualmente, no se ha encontrado evidencia de rocas sedimentarias en profundidad dentro de los depósitos minerales. Solo fragmentos de cuarcita son comunes en las unidades piroclásticas y en brechas.

- **Formación Carhuaz (Cretáceo Inferior):** consta de una alternancia de areniscas con lutitas grises, hacia la parte superior contiene bancos de cuarcitas blancas que se intercalan con lutitas y a areniscas. Estas rocas afloran fuera del área de estudio ambiental y no se han encontrado evidencia en profundidad dentro de los tajos explotados.
- **Formación Farrat (Cretáceo inferior):** consta de cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso y limolitas; comúnmente plegadas. Forman la parte superior del Grupo Goyllarisquiza, son las rocas más antiguas expuestas en la parte Sur y Oeste del distrito minero. Por su constitución litológica, presenta afloramientos de escarpas visibles y el techo está cubierto en discordancia paralela, por la Formación Yumagual.
- **Formación Inca (Cretáceo Inferior):** correspondiente a la localidad donde fue descrita y definida al este de los Baños del Inca y consiste en intercalaciones de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas. No se han encontrado evidencias dentro del área de estudio ambiental.
- **Formación Chulec (Cretáceo Inferior):** consta de una secuencia fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas. Afloran hacia el noreste (NE) fuera del área de estudio ambiental.
- **Formación Pariatambo (Cretáceo Inferior):** consiste en una alternancia de lutitas con lechos delgados de calizas bituminosas negruzcas, estratos calcáreos con nódulos síliceos y dolomíticos. Se reconocen afloramientos restringidos hacia el noroeste (NO) fuera del área de estudio ambiental.
- **Formación Yumagual/Grupo Puillucana (Cretáceo Medio):** se encuentran expuestas en la parte del NE del distrito. Compuesta principalmente por grandes horizontes de caliza masiva y margas en bancos competentes, de color gris, intercalada con pequeños niveles de pizarras y limolita. Contiene niveles fosilíferos que ayudan a definir con cierta precisión la edad de esta formación.
- **Formación Quilquiñán/Mujarrún (Cretáceo Superior):** consiste en una gruesa secuencia de calizas nodulares macizas seguida de una intercalación de margas y lutitas amarillentas,

delgados lechos de calizas nodulares y finalmente bancos de calizas claras con lutitas arenosas y margas delgadas con abundantes fósiles. Las secuencias más expuestas se encuentran cerca de la Encañada y entre las haciendas Huacrasurco y Sunchubamba la Sur Este fuera del área de estudio ambiental.

- **Formación Celendín (Cretáceo Superior):** consiste en una intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas y generalmente fosilíferas. Afloran al sureste (SE) Este fuera del área de estudio ambiental.

### **Rocas Volcánicas (Terciario - Paleógeno)**

Esta secuencia volcánica sobreyace a las rocas sedimentarias del Cretáceo en discordancia angular. Está compuesta por las Formaciones Llama, Porculla (conocida también como Formación San Pablo del Grupo Calipuy) y los miembros Fraylones y Otuzco de La Formación Huambos. Las unidades litológicas del complejo minero han sido denominadas Complejo Volcánico Yanacocha y las dataciones lo ubican estratigráficamente dentro de la Formación Porculla.

- **Grupo Calipuy:** se encuentra emplazado a lo largo del gran corredor estructural Chicama-Yanacocha. Debido a la actividad del arco volcánico se han depositado en discordancia angular sobre el substrato cretácico unidades litoestratigráficas de origen volcánico continental denominadas por Cossio (1964) y Cobbing et al. (1981) como Grupo Calipuy, luego Wilson en (1985) (SGP 2006) reconoció dos unidades, separadas por discordancia angular dentro del Grupo Calipuy a las que les denominó Formación Llama y Formación Porculla.

Dentro del Grupo Calipuy, es muy difícil determinar centros volcánicos debido a que éstos se encuentran erosionados; sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que este vulcanismo haya podido tener un origen fisural aprovechando sistemas estructurales regionales.

- **Formación Llama:** el Volcánico Llama está compuesto por flujos de lava andesítica - dacítica, conglomerado volcánico y rocas volcanoclásticas. Se localiza al Sur del complejo minero y presenta una débil alteración argílica y alteración propilítica. En la región de Cajamarca la Formación Llama ha sido datada en el Paleoceno (65 a 23 ma).
- **Formación Porculla:** también conocida como Formación San Pablo. El Volcánico Porculla está constituido principalmente por rocas piroclásticas de espesor considerable intercalado con secuencias de lava andesítica y dacítica cortadas por eventos intrusivos multifases, en el área de Yanacocha localmente es conocido como "Complejo Volcánico Yanacocha" y se caracteriza por hospedar la mineralización de oro. La secuencia volcánica ha sido datada como Mioceno Medio (11 ma).
- **Formación Huambos:** secuencia volcánica de amplia distribución que suprayace al Grupo Calipuy en discordancia angular. Aflora en grandes extensiones y está constituida por rocas piroclásticas ricas en cristales e ignimbrita, intercaladas con niveles de flujos de bloques y ceniza; toda la secuencia volcanoclásticas están cortadas por múltiples eventos intrusivos de brechas freáticas y freatomagmática. Junto a las secuencias piroclásticas constituyen la roca huésped de la mineralización económica.
- **Cuerpos Intrusivos (Terciario):** Los cuerpos intrusivos están emplazados a lo largo del cinturón orogénico y compuesto principalmente por diorita y cuarzo diorita. Tienen una orientación Oeste-Noroeste cortando el lado este del distrito Minero de Yanacocha, las intrusiones se encuentran formando cuerpos circulares a elongados hasta 5 km de ancho y han sido datados como del Paleoceno-Mioceno.
- **Depósitos Cuaternarios (Holoceno):** depósitos fluvio-glaciares; estos depósitos se encuentran constituidos por brechas no consolidadas en una matriz micro-brechosa, grava y arenas limo - arcillosas. Presentan pseudo-estratificación en dirección de la pendiente, ubicándose aisladamente en las partes altas de las cuencas. Se depositan en bancos irregulares, formados durante las épocas glaciales y post glaciales del Pleistoceno como consecuencia del transporte de grandes bloques de hielo que cubrieron la zona de deposición de materiales detríticos mayormente gruesos.

- **Caracterización geohistórica:** la historia geológica del distrito minero de Yanacocha es muy compleja, debido a la sucesión de eventos tectónicos que han tenido lugar. Desde la formación de las cuencas sedimentarias donde se depositaron los sedimentos que luego dieron lugar a las formaciones cretácicas, hasta la formación de la cordillera de los Andes, con los distintos episodios orogénicos.

En la Figura 3.2.2.1-3, *Diagrama de Evolución del distrito minero de Yanacocha*, se presentan diagramas de la evolución volcánica – tectónica del distrito minero Yanacocha, los cuales se describen a continuación:

- **Etapas 1:** comprende la formación de una cuenca pull-apart en el basamento cretáceo; este sistema es desarrollado en la intercepción de un sistema estructural de rumbo noreste (NE) con un sistema estructural de rumbo andino. En esta etapa se produce un ascenso inicial de cámaras magmáticas.
- **Etapas 2:** comprende intrusiones de domos localizados a lo largo de estructuras con rumbo noreste (NE). Se produce un evento extrusivo con deposición de tufos y lavas andesíticas rellenando depresiones estructurales (Localmente unidad LPHA).
- **Etapas 3:** continúa el desarrollo de la secuencia estrato - volcánica delimitada por controles estructurales, en la parte central del depósito. La secuencia de tufos y lavas andesíticas rellena las depresiones cubriendo casi en totalidad el basamento cretáceo.
- **Etapas 4:** colapso de la secuencia estrato – volcánica a lo largo de las estructuras de orientación noreste (NE). Formación de Horts y Grabens en el paquete de tufos y lavas andesíticas.
- **Etapas 5:** actividad volcánica resurgente con producto de extrusiones volcánicas y precipitación de secuencias de tufos y lapilli (Localmente unidades TEUT, TFT), que sobreyacen a la unidad LPHA.
- **Etapas 6:** reactivación del sistema estructural de orientación noroeste (NO) con posteriores intrusiones de diques y cuerpos intrusivos (Unidades Locales: YP, CP), lo que conduce a un desarrollo de un sistema hidrotermal. Las rocas volcánicas receptoras son silicificadas y débilmente mineralizadas.
- **Etapas 7:** diques y domos ascienden rápidamente hacia niveles freáticos a lo largo de los sistemas estructurales de orientación noroeste (NO). Eventos extrusivos de ignimbritas se desencadenan como consecuencia de otra actividad volcánica resurgente (Localmente unidades USJ-ULT).
- **Etapas 8:** flujos lávicos, domos, tufos de cristales de composición andesítica son depositados de manera marginal; formando domos y acumulación de secuencias volcánicas. Al mismo tiempo que se desarrollan erupciones freáticas en las superficies de agua (paleo niveles freáticos). Distritalmente ocurren procesos de silicificación de las secuencias previamente depositadas (TEUT y ULT). Relacionado a múltiples eventos de brechamiento se tiene un desarrollo de fracturamiento de las rocas encajonantes.
- **Etapas 9:** intrusión de diatremas, en respuesta a la interacción del magma con agua a través de las cúpulas de cuerpos intrusivos. Se produce un desarrollo de brechas freáticas e hidrotermales que se emplazan dentro del distrito Yanacocha al final de esta secuencia de tiempo. El sistema se enfría y la actividad volcánica se desvanece.
- **Etapas 10:** El sistema evoluciona desde el evento de brechas impulsado por un sistema con vapor y fluidos hidrotermales. Las unidades de brechas freatomagmáticas porosas son localmente invadidas por fluidos portadores de metales (Au, Ag, Cu) con bajas concentraciones. Finalmente, la fase de metal más rica asociada a eventos hidrotermales comienza en todo el distrito minero. La intrusión de brechas hidrotermales es más intensa en profundidad – asociados a brechas freatomagmáticas, diatremas, domos e intrusivos. Una fase ácida de fluidos que transportan metales es desarrollada en un pH más neutro dentro de la roca altamente fracturada. Eventos de reactivaciones estructurales

post-mineralización se manifiestan. Finalmente, el agua descendente debido a que la permeabilidad de la roca permite una oxidación profunda dentro del sistema.

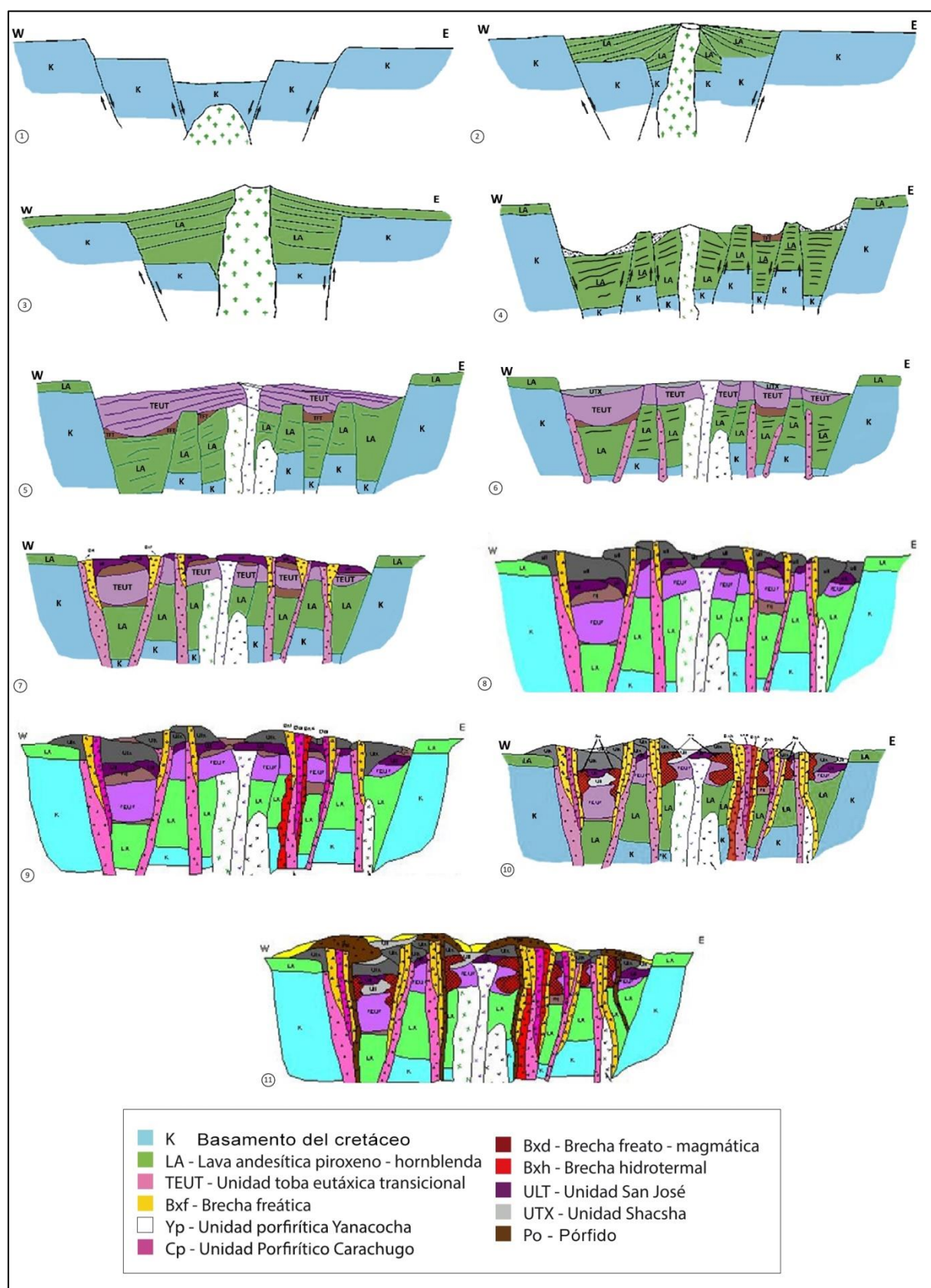
- **Etapa 11:** la erosión de las cúpulas y altos topográficos comienza. Unidades volcánicas e intrusivas se erosionan re - trabajando los materiales. La sedimentación se intensifica dentro de las fosas tectónicas. Cúpulas dacíticas tardías y cuerpos volcánicos asociados se conservan en las cuencas estructuralmente delimitadas.

Figura 3.2.2.1-1 Columna Estratigráfica Regional

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	GROSOR	LITOLOGIA	DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. fluviales y aluviales Dep. lagunares y glaciares			Arenas, gravas. Limos, arcillas.
		Pleistoceno	Formación Condebamba	150		Conglomerados, areniscas y arcillas rojas.
	NEOGENO	Plioceno	Formación Cajabamba	250		Lutitas, lodolitas, areniscas finas blanco amarillentas.
			Formación Bambamarca	300		Tobas dacíticas y traquiandesíticas blanquecinas Disc. ang.
	PALEOGENO	MIOCENO				Tobas blanco amarillentas intercaladas con areniscas. rojojas, aglomerados y piroclastos.
						Dacita
		OLIGOCENO	Grupo Calpuj			Intercalación de derrames andesíticos, tobas blanquecinas. areniscas tobáceas y conglomerados lenticulares.
			Formación Porculita	2100		Diorita
		EOCENO				Tobas blanquecinas intercaladas con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas.
		PALEOCENO	Formación Llama	600		Derrames y brechas andesíticas.
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Chota	600		Conglomerados con cantos de cuarcita. Disc. ang.
			Formación Celendín	250		Conglomerados con cantos de calizas y areniscas rojojas
			Formación Cajamarca	600-700		Calizas, margas y lutitas gris amarillentas.
			Grupo Quilquindín	800		Calizas gris azuladas, macizas, con delgadas intercalaciones de lutitas y margas.
						Calizas nodulares macizas, margas y lutitas pardo amarillentas fossilíferas.
			Grupo Pullucana	700		Calizas gris parduscas, fossilíferas, margas y escasos niveles de lutitas.
			Formación Panatambo	150-200		Lutitas grises o negras, calizas bituminosas nodulares.
		INFERIOR	Formación Chólec	200-250		Calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas.
			Formación Inca	150		Areniscas calcáreas y limolitas ferruginosas.
						Cuarzitas y areniscas blancas.
			Formación Farall	500		Areniscas rojojas y cuarcitas blancas intercaladas con lutitas grises.
			Formación Carhuáz	600		Lutitas grises y calizas margosas.
			Formación Santa	150-100		Areniscas, cuarcitas, lutitas y niveles de carbón en la parte inferior, principalmente cuarcitas en la parte superior.
			Formación Chimú	80-600		Lutitas negras, laminares y deleznales, con intercalaciones de areniscas grises y horizontes arcillosos. Disc. ang.
	JURASICO	SUPERIOR	Formación Chicama	500		Tobas, brechas y derrames andesíticos.
		MEDIO	Formación Oyotún	500		Tonalita/granodiorita
		INFERIOR	Grupo Pucará	700-800		Calizas gris azuladas, macizas con nódulos síliceos.
	TRIASICO	SUPERIOR				Disc. ang.
PALEOZOICO	SUP.	PERMANO	Grupo Mitu	300		Areniscas, limolitas y conglomerados rojojas. Disc. ang.
	INF.	ORDOVICIANO	Formación Salas	?		Filitas pelíticas y tobáceas de colores marrones y negruzcos con algunas cuarcitas hacia la parte superior. Disc. ang.
PROTEROZOICO			Complejo Osmos	?		Esquistos gris verdosos y anfibolitas. Disc. ang.



Figura 3.2.2.1-2 Diagrama de Evolución del Distrito Minero de Yanacocha



## **Geología Local**

A continuación, se realiza una descripción de las unidades geológicas que se presentan dentro del área de estudio de la II MEIA Yanacocha, las que se muestran en la Figura 3.2.2.1-4, *Mapa de Geología Local*.

- **Brecha freato-magmática - Diatrema (BXD):** consiste en una brecha compuesta por fragmentos heterolíticos (volcánicos, intrusivos y brechas) con diferentes grados de alteración de sílice masiva, sílice vuggy, sílice-alunita y sílice-arcillas. Fragmentos hasta de 1m de diámetro redondeados a sub redondeados.

La matriz también es heterolítica y está compuesta por cuarzo microgranular, sílice amorfa, vidrio volcánico, pequeños fragmentos líticos, arcillas y agregados de finísimos cristales prismáticos. La matriz representa el 50 a 90% del material muy fino por lo tal, no permite la presencia de espacios abiertos. La pirita diseminada y en venillas es el sulfuro predominante, sin embargo, también se observa presencia de otros sulfuros como la covelita y enargita en menor proporción.

En el cerro Yanacocha se tiene un cuerpo principal de brecha-diatrema, cuya extensión es aproximadamente 1000 m de largo y 400 m de ancho. Además, se presentan afloramientos de pequeñas unidades al norte, oeste y suroeste del tajo Yanacocha, y al oeste del tajo Maqui Maqui Sur, tal como se puede apreciar en la Figura 3.2.2.1-5, *Secciones Geológicas*.

- **Brecha freática (BXF):** se trata de una unidad que en su mayoría es de carácter monolítico y en menor proporción heterolítica, rica en clastos. Los afloramientos ocurren frecuentemente como canales, diques y cuerpos irregulares. Está compuesta por fragmentos angulosos a subangulosos con diferentes grados de silicificación, desde sílice masiva a sílice vuggy. La matriz está constituida por sílice microgranular de grano medio y fragmentos líticos muy finos (polvo de roca). La matriz y las cavidades han sido rellenadas principalmente por limolitas, y en menor proporción por alunita, baritina y escorodita y ocurre en forma de diques subverticales.

Las erupciones que han dado origen a esta unidad tienen un enfoque poco profundo (100 – 200 m de la zona superior del sistema hidrotermal), por consiguiente, los fragmentos de estas brechas tienen una composición que refleja las temperaturas relativamente bajas y a menudo un pH bajo; estos fragmentos están compuestos por sílice opalina, sílice calcedónico, azufre, caolín o alunita.

La naturaleza de estas brechas varía en función del número de eventos hidrotermales y el grado de transporte de los fragmentos rocosos. Esta unidad también es denominada como brechas hidrofracturadas. Con el mayor grado de transporte de los fragmentos rocosos, las brechas serán heterolíticas, redondeándose los fragmentos y aumentando la proporción de la matriz, típico de brechas freáticas.

- **Brecha hidrotermal (TBYH):** compuesta principalmente por fragmentos angulosos y subangulosos, de carácter heterolítico soportados por una matriz de sílice masiva de color gris crema y óxidos de hierro. La proporción de la matriz con respecto a los clastos es muy variada llegando en algunas zonas a una brecha de clastos soportados. Ocasionalmente, hay presencia de baritina rellenando espacios vacíos. Esta roca contiene leyes de Au >1.0 g/t, debido a su relación directa con un evento de alta mineralización de oro.
- **Unidad Porfírico Carachugo (CP):** presenta una composición andesítica de grano fino, generalmente porfírica. Esta unidad se encuentra en la parte central del tajo Maqui Maqui dentro del sector SYE, y en pequeñas unidades en la parte central y sur.

Se encuentra asociada a la presencia de domos y flujos de lava, presentando una alteración argílica y argílica avanzada.

- **Sedimentos laminados (LAM):** constituidos por sedimentos producto de depósitos piroclásticos. Dentro del sector SYE esta unidad está poco representada en superficie encontrándose algunas unidades al oeste del depósito de desmonte Maqui Maqui y al noroeste del límite del sector SYE.
- **Lava andesítica piroxena - hornblenda (LPHA):** se presenta como roca fresca y con alteración propílica. Está compuesta principalmente por secuencias de brechas y de tobas andesíticas



(lavas y domos) ricas en cristales de hornblenda y biotita, y con fragmentos líticos generalmente alterados a sílice-arcillas. Se caracteriza por presentar una textura de flujo microlítica.

Esta unidad aflora en la parte oeste y norte del sector SYE, y puede tener una potencia de hasta 300 m; además, esta unidad se encuentra al este del reservorio San José.

- **Depósitos morrénicos (QMGAL):** los depósitos morrénicos están constituidos por brechas no consolidadas en una matriz micro brechosa o arenosa. Estos depósitos están referidos a materiales morrénicos poco consolidados y depositados en bancos irregulares que han sido transportados por acción hídrica a partir de antiguos depósitos glaciares. Actualmente se encuentran erosionados, resaltando formas discontinuas en las pendientes moderadas.

Es una de las unidades geológicas de mayor extensión en el área del proyecto, presentándose al noroeste del tajo Maqui Maqui (quebrada Honda y quebrada Río Colorado), al suroeste del área de estudio ambiental (quebradas Encajón y Quishuar Corral), al sur del reservorio San José (quebrada San José) y al este y sureste del tajo Chaquicocha (quebradas La Saccha y Chaquicocha).

- **Unidad toba eutáxica transicional (TEUT):** compuesta por tobas andesíticas y lapillis de cristales con esporádicos clastos líticos del basamento, fuertemente alterados a arcillas y sílice – alunita. Es de espesor variable entre 150 y 300 m, y tiene su mejor desarrollo en el depósito de Chaquicocha. Se encuentra bien expuesta en los depósitos de Yanacocha y constituye la más importante roca huésped de mineralización de Au en el depósito.

Se presenta en las zonas de Maqui Maqui (pila de lixiviación Carachugo), al norte del tajo Chaquicocha (depósito de suelos orgánicos Atahualpa), en el antiguo tajo Carachugo (relleno del tajo con desmontes) y al norte del reservorio San José.

- **Secuencia de domos (UD):** está compuesta por flujos de lava dacítica y andesítica en forma bandeada, las cuales son ricas en piroxenos y hornblenda; adicionalmente, se encuentra intercalada con brechas y piroclastos. Dentro del sector SYE y en superficie, la mayor unidad se presenta al sur de la pila de lixiviación Maqui Maqui (quebrada Arnacocha). Otras unidades menores se presentan al norte y sur del sector SYE.
- **Ignimbrita Maqui Maqui (UMM):** representa una actividad volcánica explosiva temprana, compuesta por tobas andesíticas y traquiandesíticas con cuarzo, hornblenda y biotita, pobremente cementadas, y con fiammes de hasta 10 cm. Localmente se ha identificado la secuencia superior Ignimbrita Maqui Maqui (Umm), compuesta por tobas ricas en cristales con textura eutáxica e intercaladas con secuencias piroclásticas. Pueden subyacer a las tobas de grano medio de la unidad Teut, localmente, quizá llenando vacíos.

Constituye una roca huésped para la mineralización y su espesor varía entre 200 y 300 m. Su mayor representación en el sector SYE es en la zona de Maqui Maqui, al norte del área de estudio ambiental.

- **Unidad andesita superior (UPHA):** esta unidad está conformada por secuencias de lavas y domos que presentan una composición dacítica y andesítica, compuesta por piroxeno – hornblenda, con propiedades magnéticas y foliación marcada. Representa una etapa tardía del vulcanismo efusivo, ocurriendo en forma de domos, flujos bandeados e intercaladas con brechas piroclásticas. Puede presentar intrusiones de la Unidad porfírica Carachugo (Cp) en la sub superficie.

Dentro del sector SYE, en superficie, se encuentra al oeste del tajo Maqui Maqui y al este del tajo Chaquicocha. Debido a su morfología, a veces también se le denomina Domo andesítico Maqui Maqui.

- **Unidad San José (USJ-ULT):** conocido como Ignimbritas San José, esta unidad está compuesta por tufos dacíticos ricos en cristales de hornblenda con abundantes clastos previamente alterados. Dentro de esta secuencia volcánica se encuentran sedimentos laminados y oleadas piroclásticas basales.

Sobreyace a la unidad Toba eutáxica transicional (Teut). Esta unidad en superficie ocupa gran parte de la mitad suroeste del sector SYE cerca del cerro Yanacocha. La alteración en la zona de Yanacocha varía entre sílice masiva y sílice vuggy. Se encuentra bien preservada en los depósitos de Yanacocha, Carachugo y Chaquicocha, la mineralización de Au también se encuentra hospedada en esta secuencia.

- **Unidad Shacsha (UTX):** corresponde a una unidad de ignimbritas andesíticas ubicada al sureste del sector SYE (quebrada La Saccha). Se trata de una capa de 8 a 10 m fuertemente tectonizada y que ha sufrido fuertes procesos de erosión, por lo que se encuentra ausente en gran parte del área de estudio ambiental.
- **Unidad porfirítica Yanacocha (YP):** corresponde a una unidad de rocas porfiríticas que comprenden el Distrito Minero Yanacocha, compuesta por rocas andesíticas de grano grueso, textura porfídica, con un 25% de fenocristales de plagioclasas y hornblendas y matriz afanítica.

Este pórfido andesítico ocurre como un flujo de lava-domo con un interior porfirítico y con evidencias de foliación de flujo en las márgenes. Este domo tendría sus raíces en Yanacocha Norte, extendiéndose hacia el cerro Encajón. Además, se tiene stocks y diques de grano más finos conocidos como el porfirítico Carachugo (Cp), que afloran principalmente en el cerro Encajón.

Las secuencias del complejo volcánico Yanacocha están cortadas por unidades intrusivas de carácter porfirítico y brechas asociadas de composición andesítica de grano grueso. Estas unidades se presentan al oeste del Complejo Marleny San José, al sur del reservorio San José y en los alrededores del cerro Yanacocha.

- **Unidad Yanacocha cuarzo porfirítica (YPQ):** está conformada por rocas porfiríticas de composición dacítica, compuesta por fenocristales de plagioclasas, biotitas y anfíboles. Los fenocristales de cuarzo son muy distintivos (con una abundancia relativa de 1 a 20%) y tamaños que oscilan entre 0.5 y 0.3 mm.

Ocurre en forma de diques subverticales, y generalmente se encuentra fresco o con una débil cloritización. En el sector SYE se registran varios centros de intrusión en el cerro Yanacocha (al oeste del sector SYE).

- **Unidad Yumagual Mármol (CYM):** está conformada por roca caliza sometida a metamorfosis, con presencia local cerca de las intrusiones. La caliza ha sido cristalizada en diferentes grados hasta formar mármol y skarn. De grano fino a grueso. Esta unidad aflora en la parte norte del SYO.
- **Piroclastos inferiores de biotita (LBP):** esta secuencia volcánica se presenta como roca fresca y alteración propilítica. Rocas piroclásticas con contenido de biotita (Lbp) en menor proporción, estas se encuentran inalteradas y sin mineralización. En superficie, encontramos principalmente una unidad en la zona Oeste del Sector SYO (al Norte del depósito de Arenas de Molienda).

### **Geología Estructural**

Las orientaciones noreste - suroeste de pliegues y sobre escurrimientos en las rocas sedimentarias del Cretáceo (que afloran fuera del área de estudio), son desviadas en el eje este - oeste a lo largo de la intersección con una zona estructural este - noreste trasandina, conocida con el nombre de corredor estructural Chicama - Yanacocha. La influencia de este corredor estructural se evidencia por la presencia de múltiples fallas paralelas de orientación N50°E y el alineamiento este - noreste del depósito de Yanacocha, a nivel local. Estas estructuras se encuentran controladas por una serie de fallas regionales, cuya orientación es noroeste - noreste y presentan ángulos de buzamiento entre 50 y 70°, tal como se muestran en la Figura 3.2.2.1-4, *Mapa de Geología Local*.

En el área de Cajamarca, existen evidencias de cuatro etapas principales de deformación que iniciaron en el Cretáceo tardío y que continuaron durante el Cenozoico, correspondientes al Ciclo Andino. La primera fase corresponde a la Formación de la Cuenca Occidental Peruana aproximadamente a inicios del Jurásico, probablemente influenciados por fuerzas de distensión. Sobre esta cuenca se produjo la sedimentación marina clástica, que corresponde a la Formación Chota. El inicio del Ciclo Andino se produce dentro del Terciario Temprano, y se caracterizó por fuerzas compresivas con orientación

suroeste – noreste, como consecuencia de este movimiento se generó un macizo con una altura suficiente para ser sujeto de una intensa erosión. Posteriormente se produjo una fase compresiva con vulcanismo explosivo correspondiente al Grupo Calipuy, que probablemente se extendió hasta el inicio de la siguiente fase tectónica. Esta fase se caracterizó por una fuerte compresión, que produjo fallamientos en bloques y desplazamiento considerable, que finalmente conformó la superficie Puna. La fase final del Ciclo Andino corresponde a un movimiento epigenético, que generó la elevación de la cordillera de los Andes, el cual comenzó en el Mioceno – Plioceno y continúa hasta la actualidad.

Localmente en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha se han identificado estructuras orientadas en diferentes direcciones. Las más importantes tienen dirección NW-SE, y están representadas por fallas de movimiento sinistral, que aparentemente controlan el emplazamiento de los diques dacíticos, brechas freáticas y diatremas, y además han constituido uno de los controles de mineralización. Las estructuras NW son paralelas al corredor estructural Yanacocha – Hualgayoc. De otro lado los fallamientos de dirección NE, paralelos al corredor estructural Chicama – Yanacocha (Quiroz, 1997), son subverticales y de movimiento dextral. Otras estructuras importantes tienen orientación NS y EW.

A continuación, se presentan los alcances del modelamiento geológico-estructural y el análisis kinemático estructural del área de estudio de la II MEIA Yanacocha:

- Estudio Estructural:

Las estructuras del basamento cretáceo en el distrito de Yanacocha son el resultado de la convergencia de placas, con esfuerzos orientados en dirección NE. Este es el resultado de la geometría del plegamiento andino de dirección NW. Evidencias de esta deformación están representadas además en los pliegues de las rocas sedimentarias en los alrededores al distrito de Yanacocha (F. Breit, 2001).

El margen continental del Perú ha sido una placa ortogonal convergente, evidenciado en los largos pliegues paralelos desarrollados en el basamento cretáceo en los andes centrales. Corbet y Leach (1988) sugieren que la mineralización se desarrolló en algunos arcos magmáticos ortogonales durante los cambios a una convergencia oblicua, Corbet y Leach propuso que en aproximadamente 12Ma el esfuerzo cambió de orientación inicial NE a EW, y fue esta rotación la que desarrolló la pila volcánica en Yanacocha y la subsecuente mineralización.

La Figura 3.2.2.1-4, *Esfuerzo Compresivo Dirección NE*, muestra una falla de movimiento sinistral de dirección NE que afectó al basamento cretáceo en el distrito de Yanacocha. Mientras que la Figura 3.2.2.1-5, *Esfuerzo Compresivo Dirección EW*, muestra que esta falla fue reactivada en aproximadamente 12 Ma, como una falla de movimiento dextral, el sentido es inferido de la geometría de otras fallas en el distrito. La pila volcánica que hospeda los depósitos de Yanacocha paralelo a la dirección de esta falla está alineada a cada lado de la falla dentro de bloques estructurales definidos por fallas sinistral conjugadas con fallas normales internas de dirección EW.

Las fallas de dirección NE son las que conforman actualmente el corredor estructural Chicama – Yanacocha.

Figura 3.2.2.1-3 Esfuerzo Compresivo Dirección NE

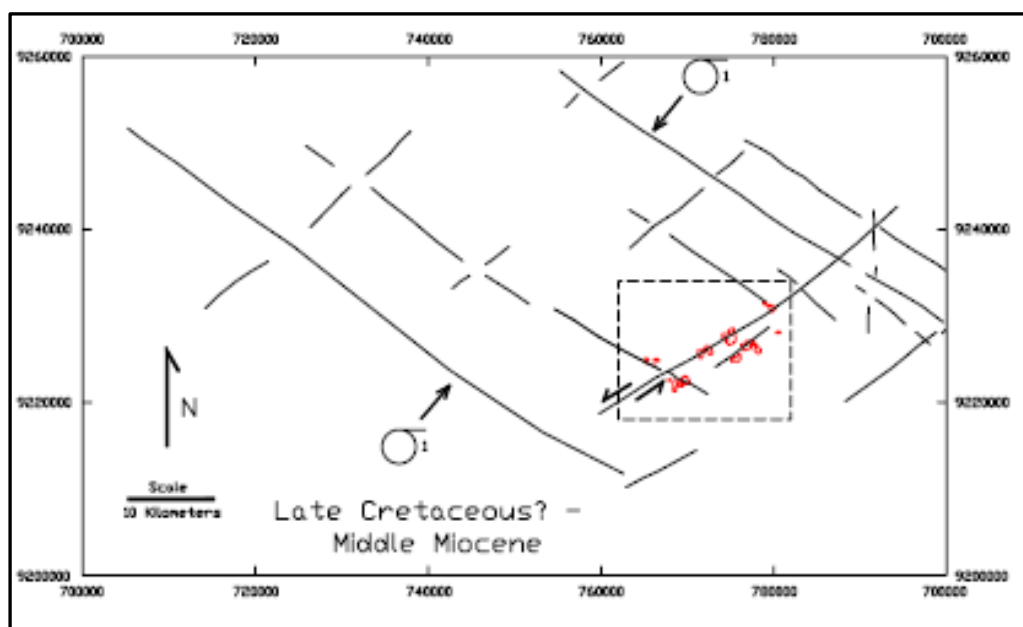
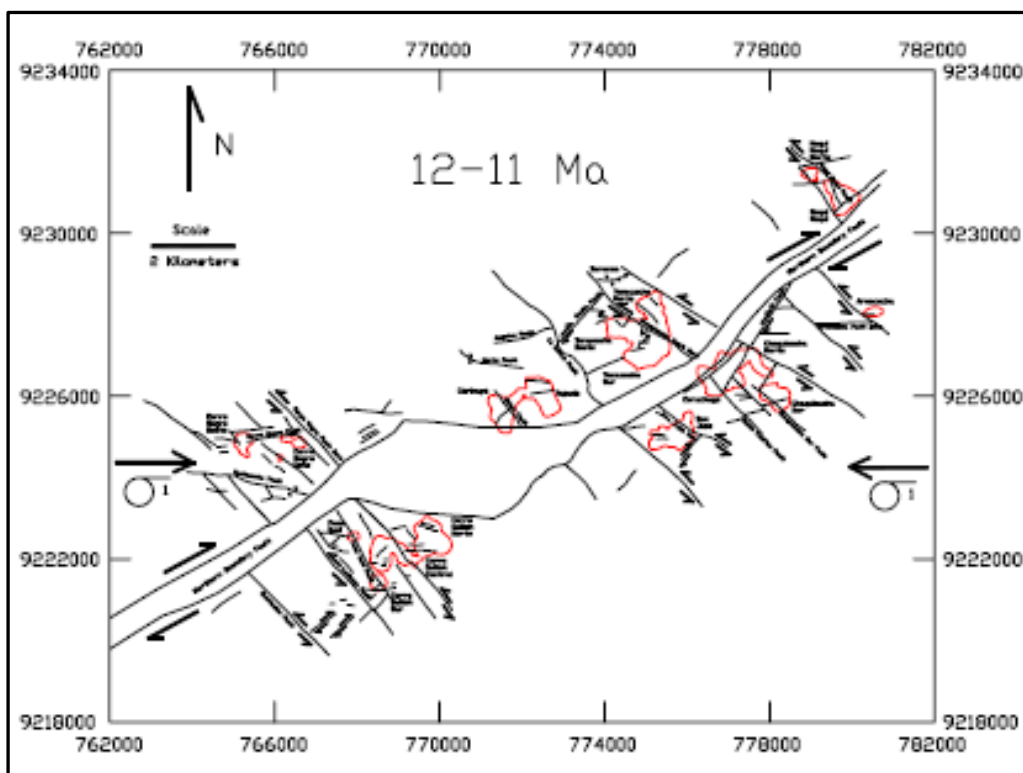


Figura 3.2.2.1-4 Esfuerzo Compresivo Dirección EW



La Figura 3.2.2.1-4, *Esfuerzo Compresivo Dirección NE*, afectó el basamento cretáceo (Carl Schnell); mientras que la Figura 3.2.2.1-5, *Esfuerzo compresivo en dirección EW*, muestran la formación de fallas transcurrentes de dirección NE y NW. Esta interpretación es basada en el mapeo y fallas inferidas realizada por T. Longo y L. Teal en agosto, 2000.

#### - Análisis Estructural a Escala Local

Durante las mediciones de elementos estructurales en el área de estudio, se tomaron los siguientes límites:

Rumbos: NS (N10E a N10W), NNW (N10-30W), NW (N30-60W), WNW (N60-80W), EW (N80E a N80W), NNE (N10-30E), NE (N30-60E) y ENE (N60-80E).

Buzamientos: Verticales (80°-90°) y sub-verticales (60°-80°).

A continuación, se describe el análisis estructural a escala local que se realizó sobre los sectores del Cerro Encajón, Yanacocha Sur y Yanacocha Oeste los cuales abarcan la totalidad del área de estudio de la II MEIA Yanacocha.

#### **a. Cerro Encajón**

##### **Análisis de diagrama estructural**

###### *Estructura total*

Una población total de 113 mediciones estructurales se tomó en el Cerro Encajón. El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N70E. Esta dirección proviene de un entorno más amplio ENE. Seguida por direcciones de segundo orden EW y NS. Por último, un débil dominio estructural de dirección NNW. Nótese la dirección NNW de forma ortogonal al principal dominio estructural ENE. Las estructuras de dirección NS - EW son de buzamientos verticales y las estructuras ENE - NNW subverticales. Ver Figura 3.2.2.1-6, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Cerro Encajón*.

###### *Fallas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N70E. Esta dirección proviene de un entorno más amplio que cubre el rango de dirección N50-70E. Seguida por direcciones de segundo orden EW y NS. Por último, un débil dominio estructural de dirección N30-50W. Nótese la dirección NW de forma ortogonal al principal dominio estructural NE. Ver Figura 3.2.2.1-7, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Cerro Encajón*.

###### *Junturas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N70E. Esta dirección proviene de un entorno más amplio que cubre el rango de dirección ENE (N60-80E). Seguida por direcciones de segundo orden NNW (N20-30W) y EW (+10). Por último, un débil dominio estructural de direcciones, NS (N10E) y N40E. Nótese la dirección NNW de forma ortogonal al principal dominio estructural ENE. Ver Figura 3.2.2.1-8, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Cerro Encajón*.

##### **Características estructurales**

Para estudiar las características estructurales del Cerro Encajón se eligieron dos áreas representativas, las cuales se pueden ver en la Figura 3.2.2.1-9, *Plano Litológico y Estructural de la Subdivisión de Áreas estructurales*.

###### *Área Oeste:*

La población de fallas muestra un dominio estructural NE, que alberga fallas de tipo 1-2, con buzamientos entre 60°-90° hacia el Sur. Estas fallas cruzan a profundidad varios bancos (>100m) evidenciando grandes espejos de falla que están cubiertas por capas de goetita. En algunas fallas se emplazan brechas freáticas y freatomagmáticas de espesores menores a 3 m.

Figura 3.2.2.1-5 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Cerro Encajón

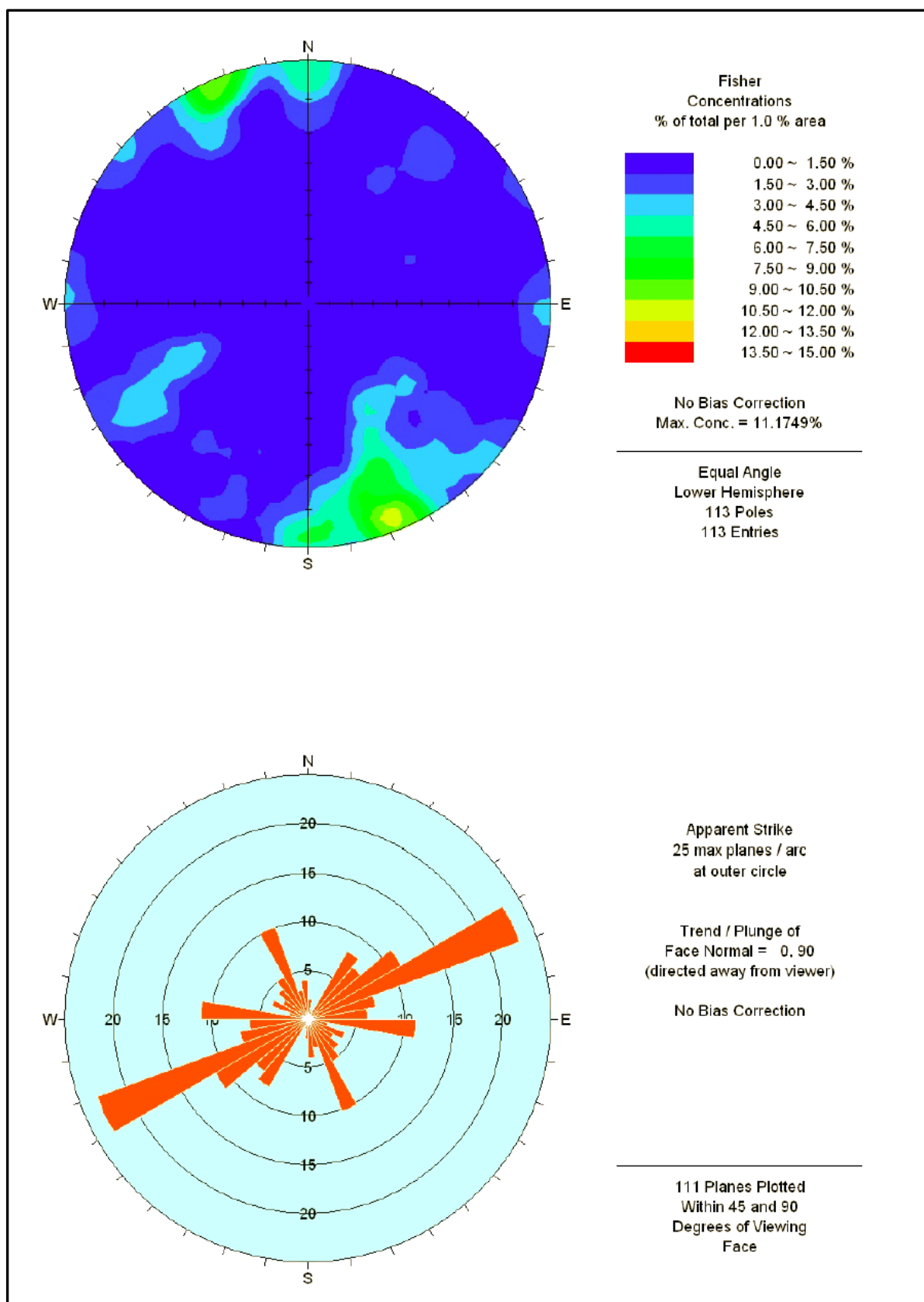




Figura 3.2.2.1-6 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Cerro Encajón

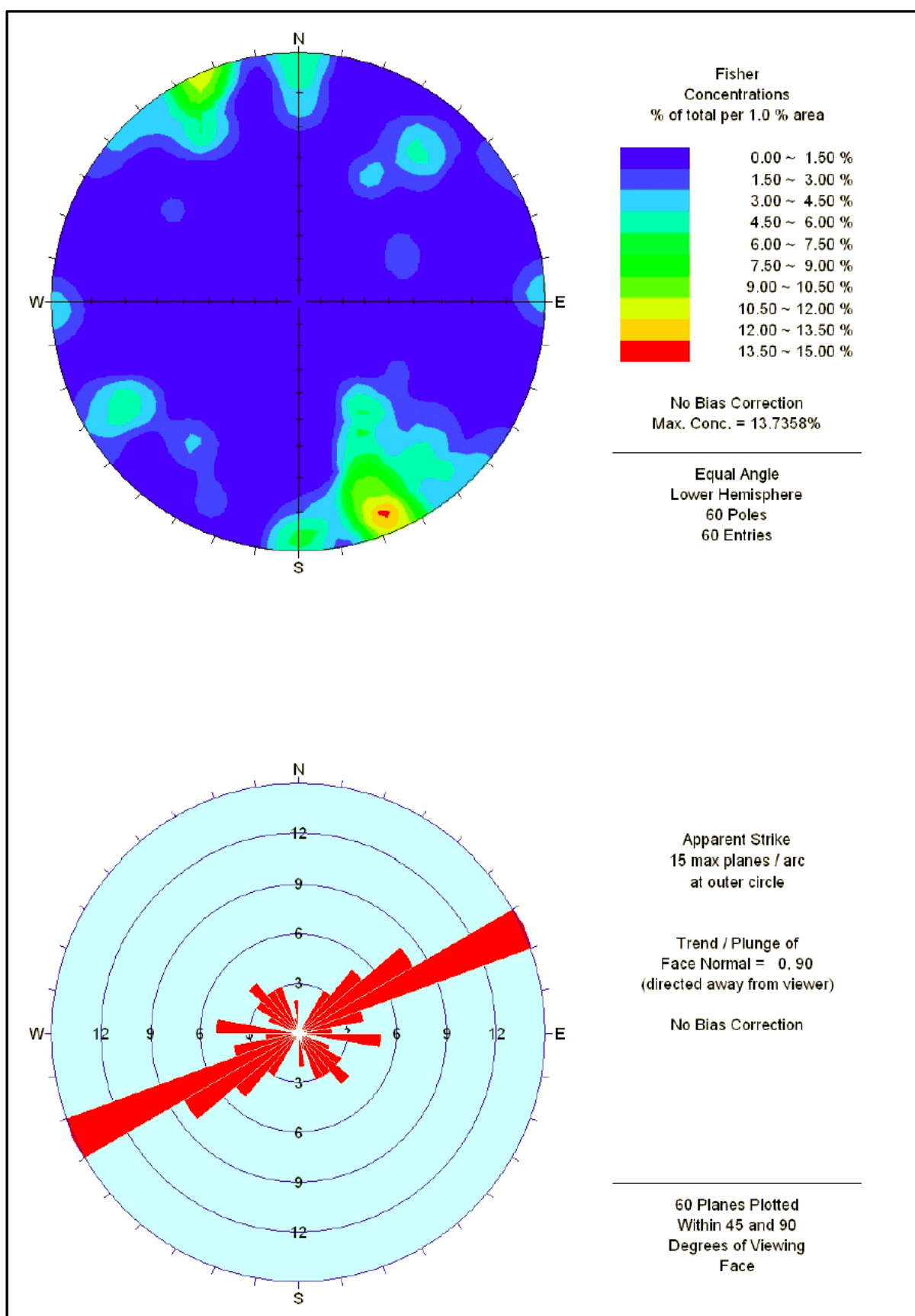
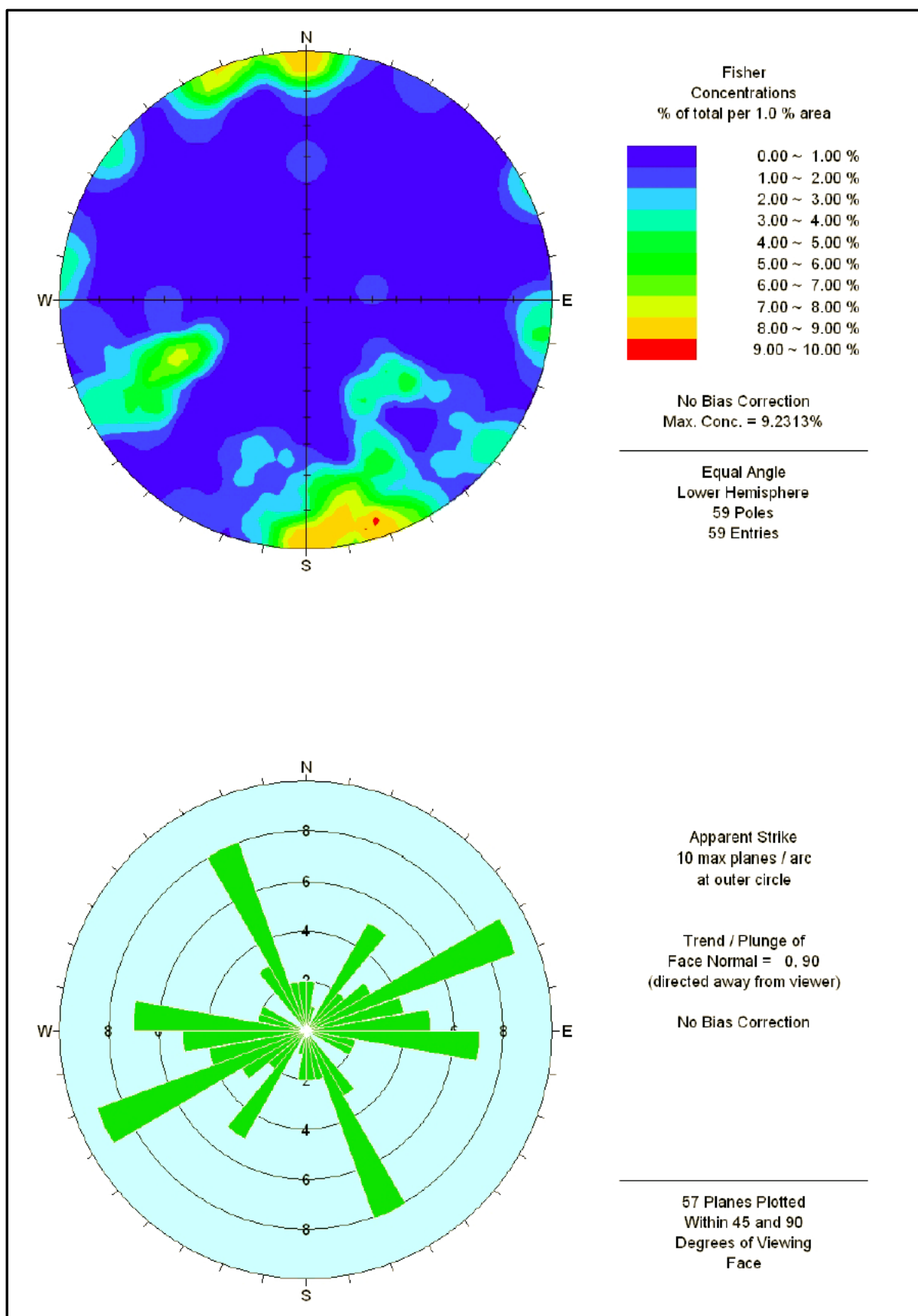
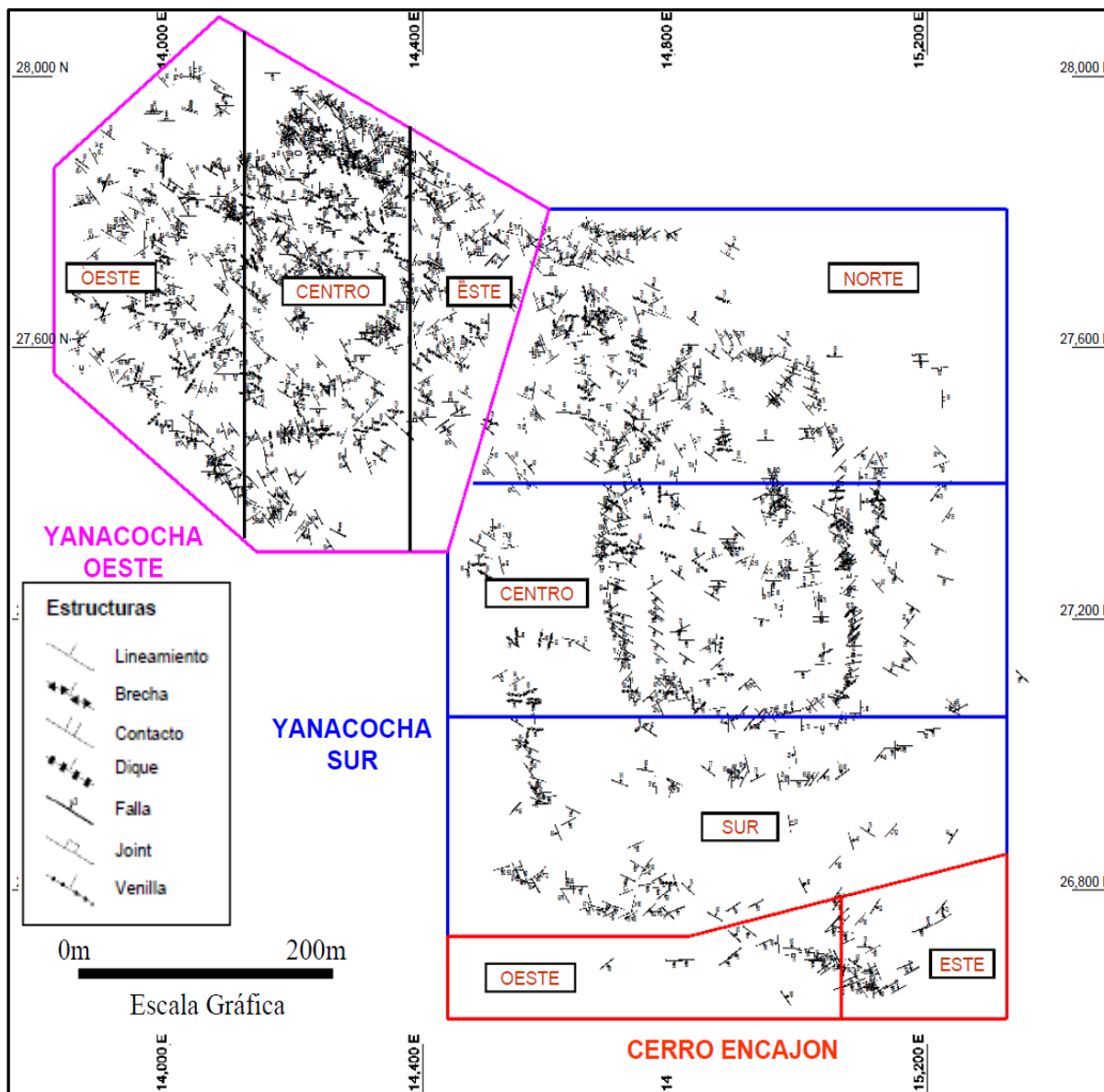


Figura 3.2.2.1-7 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Cerro Encajón



Las fallas de dirección NW se caracterizan por contener brechas muy oxidadas y silicificadas. Entre ellas tenemos una falla de tipo 3 que se denominó "Falla Laura". A lo largo de esta falla los buzamientos son entre  $72^\circ$  a  $90^\circ$  hacia el sur. La falla Laura controla el emplazamiento del intrusivo dacítico (Ypq) y andesítico (Cp). Ver Figura 3.2.2.1-9, *Plano Litológico y Estructural de la Subdivisión de Áreas estructurales*.

**Figura 3.2.2.1-8 Plano Litológico y Estructural de la Subdivisión de Áreas estructurales**



Las fallas de dirección EW son verticales y se caracterizan por presentar espejos de falla con estrías subhorizontales. Las juntas de tipo 1 mineralizadas (J1M) con direcciones dominantes NE y NW están rellenas de limonitas. Los fracturamientos secundarios (J2) y los diques de brechas freáticas son escasos.

Área Este:

La población de fallas muestra un dominio estructural NE. Entre ellas tenemos una falla de tipo 3 que se denominó "Falla Arual", la cual presenta algunas estrías subverticales y brecha de falla oxidada, encontrándose en algunos tramos material triturado con panizo "gouge". Los buzamientos son variables entre  $70^\circ$ - $90^\circ$  hacia el Norte y Sur. La falla Arual controla el emplazamiento del intrusivo andesítico (Cp).

Las fallas de tipo 1 de dirección NE también forman espejos de falla. Las fallas de tendencia EW y NS tienen buzamientos verticales y son de importancia cuando se intersectan con las fallas NE, llegando a formar zonas muy fracturadas. Las fallas EW se prolongan desde el área Oeste, formando espejos de falla y estrías subhorizontales en la pared del tufo lítico de alteración sílice-alunita (ver Figura 3.2.2.1-9, *Plano Litológico y Estructural de la Subdivisión de Áreas estructurales*). Las paredes de las fallas de dirección NS se encuentran cubiertas por goetita de hábito botroidal.

Las juntas mineralizadas con direcciones dominantes NNW y NS se encuentran rellenas de limonita y baritina en cristales muy finos en algunos casos. Las juntas mineralizadas de tipo 2 (J2M) con direcciones NW y NS se encuentran rellenas de limonita. Los diques de brecha freática se encuentran alineados principalmente en dirección NE y NW.

## **b. Yanacocha Sur**

### **Análisis de diagrama estructural**

#### *Estructura total*

Una población total de 454 mediciones estructurales se tomó en el tajo Yanacocha Sur. El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden EW (+/-10°), seguida por direcciones de segundo orden N60W y N60E, ambas direcciones provienen de un entorno más amplio N50-70W y N50-70E, respectivamente. Por último, un débil dominio estructural de dirección N10E de forma ortogonal al principal dominio estructural EW. Las estructuras de dirección N10E y N80E son de buzamientos verticales y las estructuras NE, ENE, NW y WNW subverticales. Ver Figura 3.2.2.1-10, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Sur*.

#### *Fallas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden EW (N80E) paralelo al principal dominio estructural total. Seguida por direcciones de segundo orden NW (N60W) y NE (N50-60E). Por último, un débil dominio estructural de dirección N10E. Ver Figura 3.2.2.1-11, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Tajo Yanacocha Sur*.

#### *Junturas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N20-30W, seguida por direcciones de segundo orden N60-70E y EW. Nótese la dirección ENE de forma ortogonal al principal dominio estructural NNW. Por último, un débil dominio estructural de dirección NS y WNW. Ver Figura 3.2.2.1-12, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Tajo Yanacocha Sur*.

#### *Brechas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden EW paralelo al principal dominio estructural de las fallas. Seguida por direcciones de segundo orden N50-60E. Por último, un débil dominio estructural de dirección NNE. Ver Figura 3.2.2.1-13, *Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Sur*.

Figura 3.2.2.1-9 Densidad de Polos y Diagrama de rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Sur

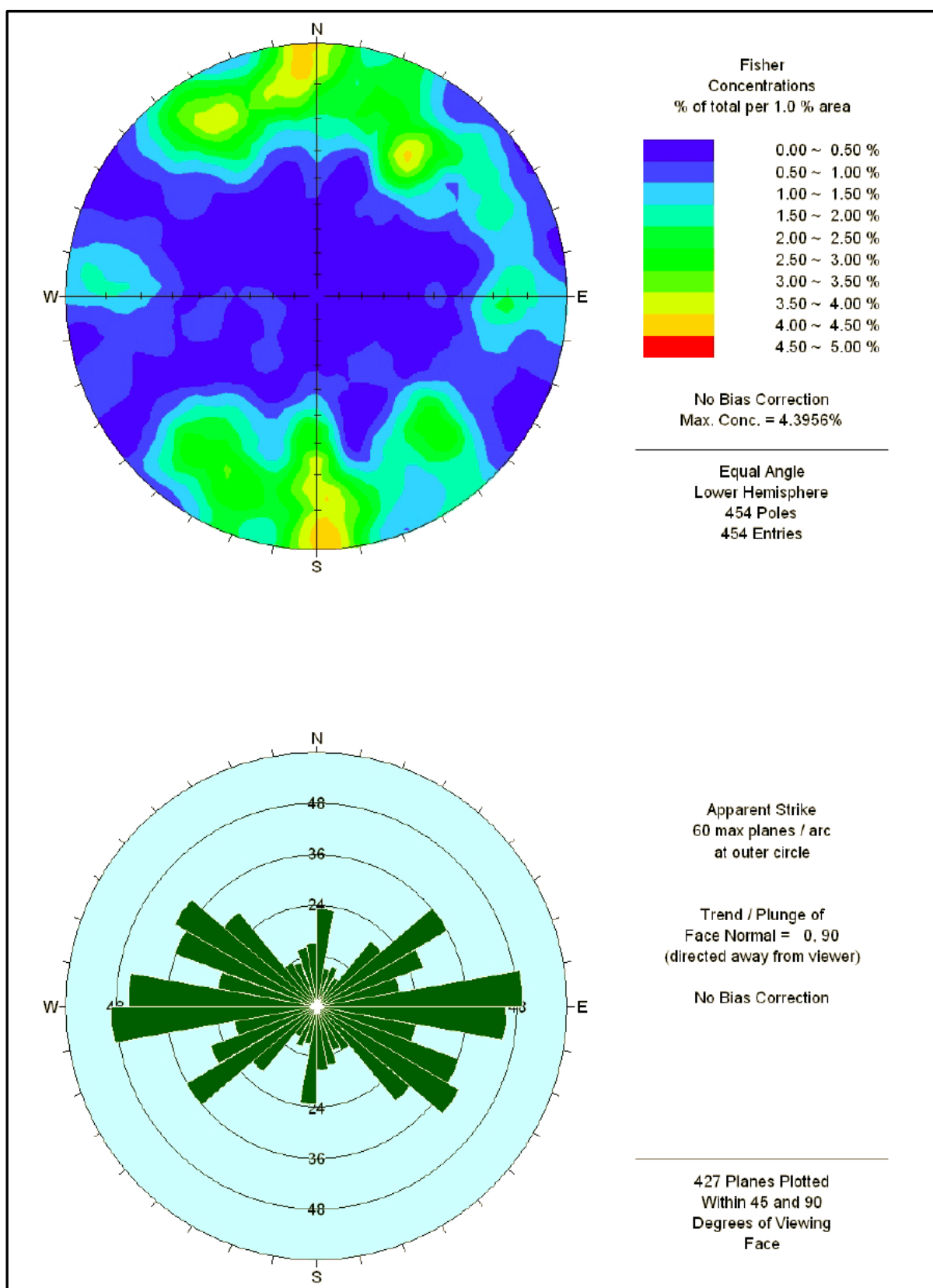




Figura 3.2.2.1-10 Densidad de polos y diagrama de rosas de Fallas del tajo Yanacocha Sur

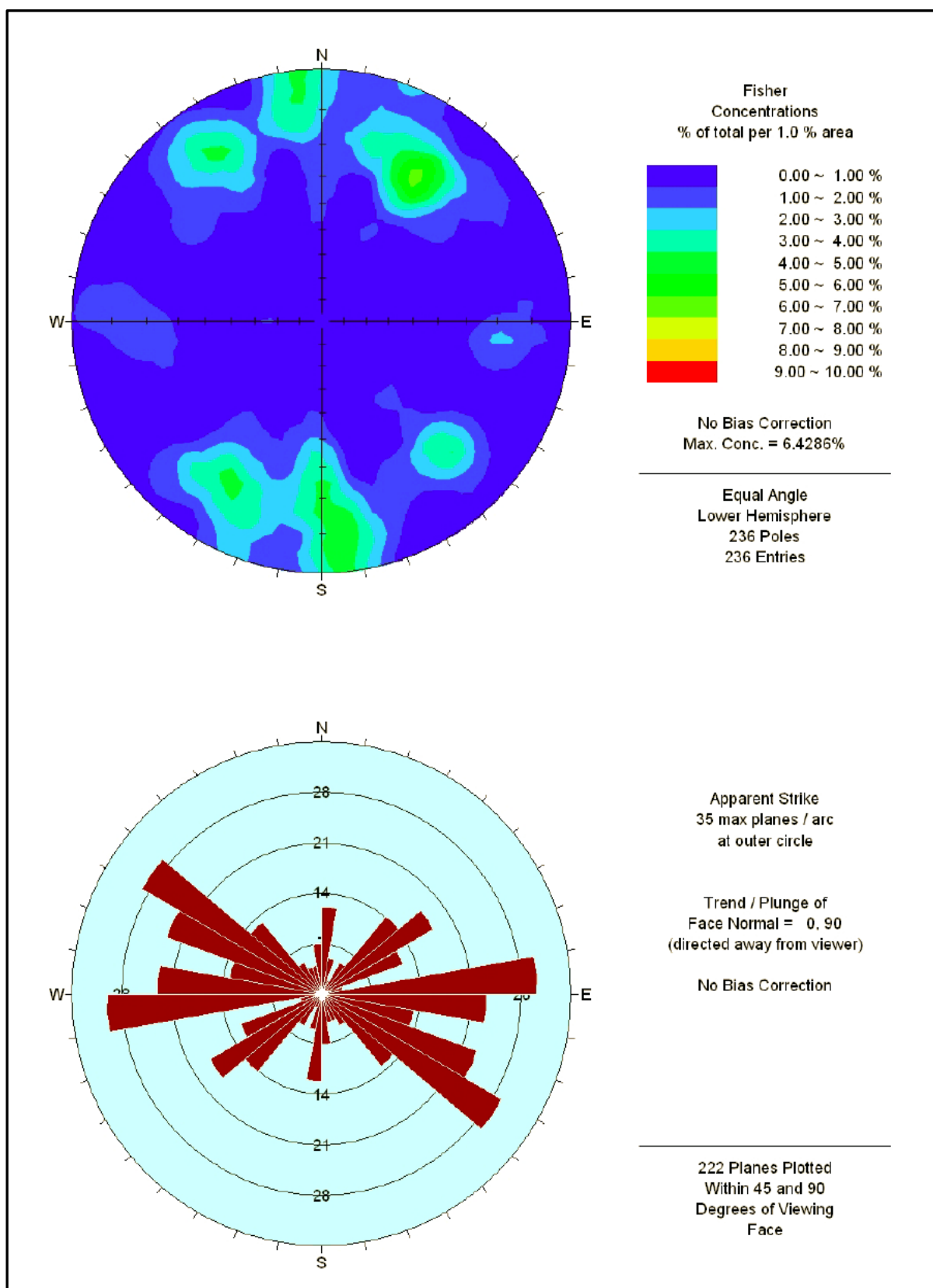


Figura 3.2.2.1-11 Densidad de polos y diagrama de rosas de Junturas del tajo Yanacocha Sur

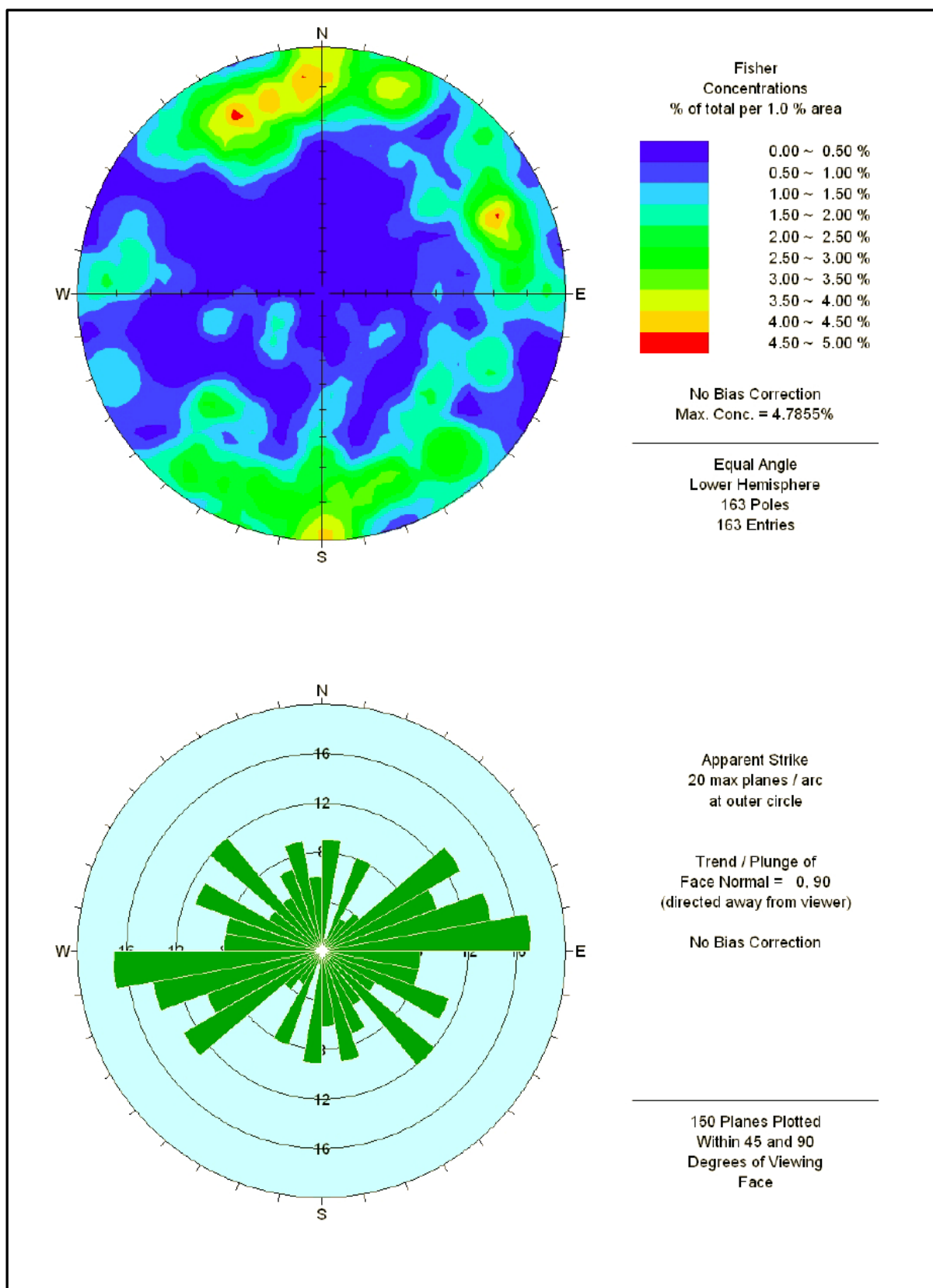
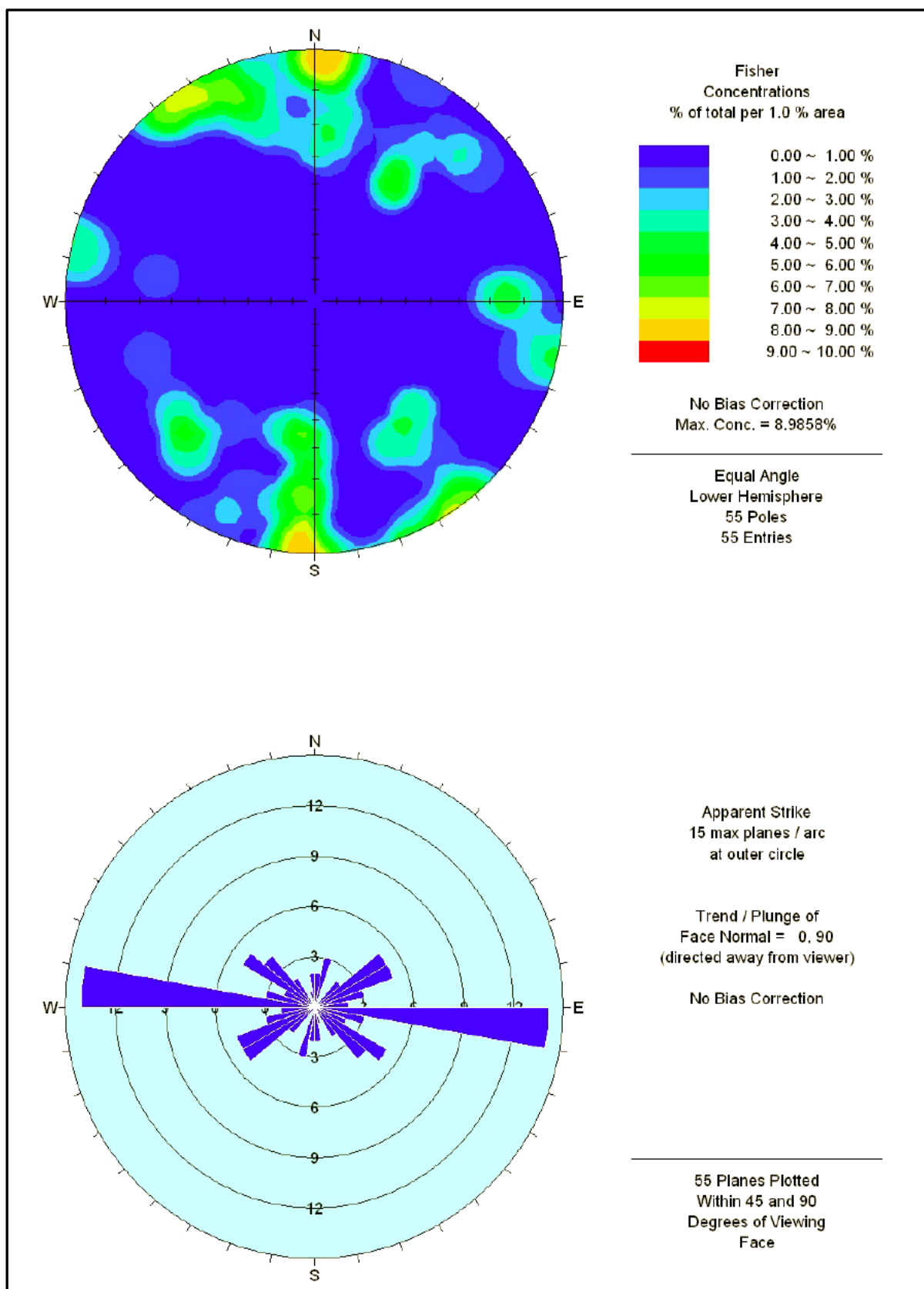


Figura 3.2.2.1-12 Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Sur



### **Características estructurales**

Para el estudio de características estructurales el en tajo Yanacocha Sur se eligieron tres áreas representativas: Área Norte, Centro y Sur.

#### **Área Norte:**

La población de fallas muestra un dominio estructural N50-70W, que incluye fallas de tipo 1 y 3. Este fallamiento se extiende desde el tajo Yanacocha Oeste. Los buzamientos son subverticales entre 70-80° hacia el Sur. En la pared Norte se evidencia una falla mayor de dirección NW y buzamiento subvertical, que se denominó "Falla Dinosaurio". Esta falla corta varios bancos (>120m), contiene material brechado y presencia de "gouge" con intensa oxidación en algunos tramos. Las fallas de orientación NS forman espejos de falla y buzamiento entre 70-90° hacia el Oeste. Las paredes de estas fallas generalmente están cubiertas por goetita de variedad botroidal.

Los diques de brecha freática y freatomagmática de matriz arenosa y espesores menores a 2m se encuentran alineados en dirección N40-50W y buzamiento hacia el Sur. Estos diques se alinean con los pequeños cuerpos de brecha que se extienden desde el tajo Yanacocha Oeste. Los diques de brecha de tendencia NS son de espesores centimétricos con buzamientos verticales hacia el Oeste. Las juntas características de esta zona son de tipo 1 (J1) con tendencias preferenciales al NNW y NS.

En la Foto 3.2.2.1-1, *Características Estructurales Sector Yanacocha Sur*, se puede observar fotografías que muestran las fallas y los contactos; la imagen a) muestra el Dique de brecha freática de dirección NW sin óxidos, alterado a sílice granula con alunita en Yanacocha Oeste. Mientras que en la imagen b) se muestran los diques de falla < 20cm con dirección EW en Yanacocha Sur; en tanto que en la imagen c) se muestra el contacto-Falla entre el USJ y el YP en Yanacocha Sur, finalmente la imagen d) muestra el dique de brecha freática oxidada en dirección EW en Yanacocha Oeste.

#### **Área Centro:**

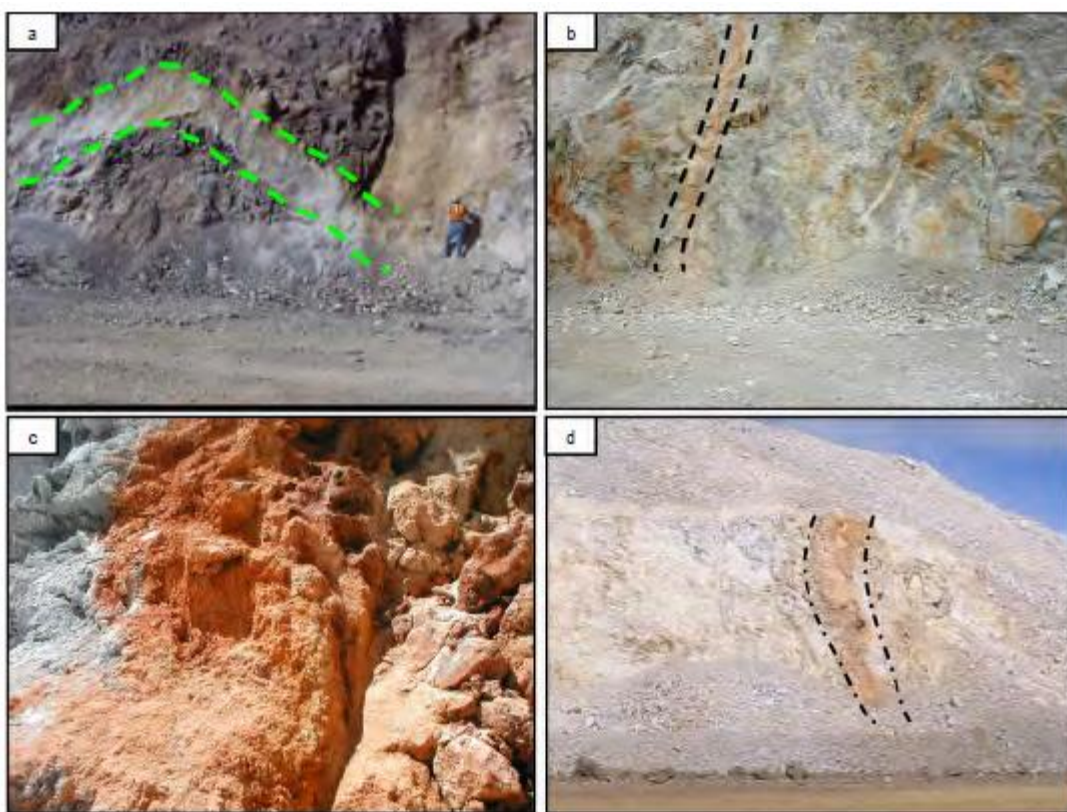
El dominio estructural EW es muy marcado. Aquí se tienen fallas de dirección EW de tipo 1 con buzamientos subverticales. Los diques de brecha freática y freatomagmática de espesores menores a 2m se emplazan a lo largo de estas fallas. Las fallas de dirección NE son de tipo 1 y 2, con buzamientos subverticales entre 60° y 75° hacia el Norte y Sur. Estas fallas forman grandes espejos de falla que se extienden hacia el Cerro Encajón. Los espejos de falla se encuentran cubiertos de goetita de variedad botroidal.

#### **Área Sur:**

Se muestran fallamientos con dirección N50-60W y buzamientos subverticales. En la pared Sur se evidencia la falla "Laura" de dirección NW y buzamiento subvertical hacia el Sur. La falla Laura se extiende hacia el Cerro Encajón y Yanacocha Oeste controlando el emplazamiento de la brecha freatomagmática y el intrusivo dacítico.

Las fallas de dirección NE y NS son de tipo 1-2, estas fallas cruzan a profundidad varios bancos evidenciando los grandes espejos de falla con intensa oxidación. Las fallas de dirección NE tienen buzamientos subverticales entre 68°-75° hacia el Norte y se extienden hacia el Cerro Encajón. Las fallas de dirección NS son de buzamientos verticales.

Los diques de brecha freática y freatomagmática de espesores centimétricos, se emplazan principalmente en fallas y fracturas de orientaciones EW, NW y N10-20E. Los diques de brecha que se emplazan en fallas de dirección EW en su mayoría son continuos y profundos. En la pared Sur, la intercesión de fallas de dirección es NW, NS y EW forman zonas muy fracturadas con intensa oxidación y abundante baritina en finísimos cristales.

**Foto 3.2.2.1-1 Características Estructurales Sector Yanacocha Sur****c. Yanacocha Oeste****Análisis de diagrama estructural***Estructura total*

Una población total de 1048 mediciones estructurales se tomó en el tajo Yanacocha Oeste. El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N60-70W, seguida por direcciones de segundo orden EW y NS ortogonales entre sí. Por último, un débil dominio estructural de dirección N20-30W. Las estructuras de dirección NS y EW son de buzamientos verticales y las estructuras NW - NNW subverticales. Ver Figura 3.2.2.1-14, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Oeste*.

*Fallas*

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N60W. Esta dirección proviene de un entorno más amplio N30-70W, seguida por direcciones de segundo orden N40-50E. Por último, un débil dominio estructural de dirección NS. Ver Figura 3.2.2.1-15, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Tajo Yanacocha Oeste*.

*Junturas*

El diagrama de densidad de polos muestra direcciones dominantes de primer orden EW y NS ortogonales entre sí, seguida por direcciones de segundo orden N20-30W. Por último, un débil dominio estructural de dirección N50-60W. Ver Figura 3.2.2.1-16, *Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Tajo Yanacocha Oeste*.



**Figura 3.2.2.1-13 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Estructuras Totales del Tajo Yanacocha Oeste**

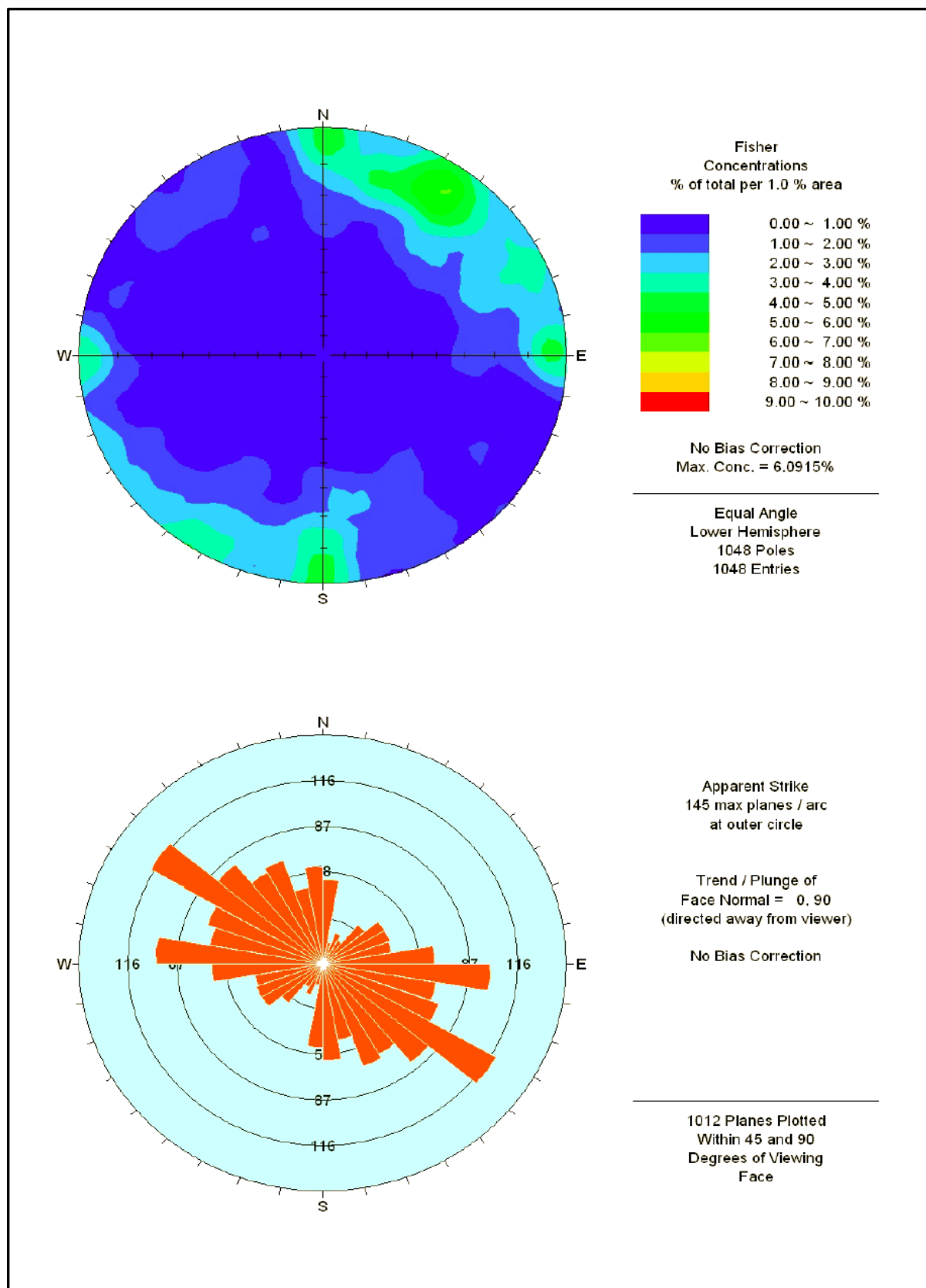


Figura 3.2.2.1-14 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Fallas del Tajo Yanacocha Oeste

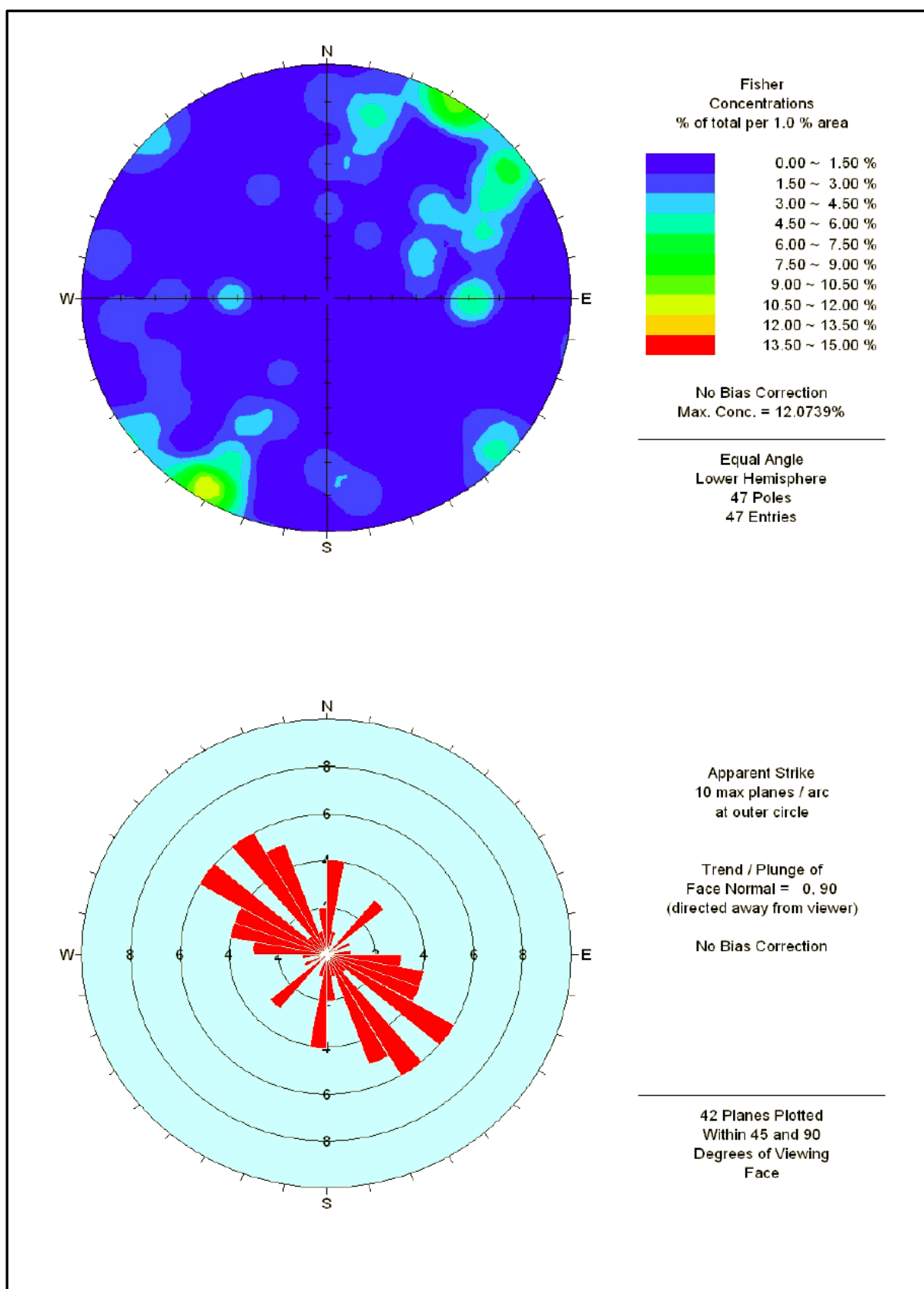


Figura 3.2.2.1-15 Densidad de Polos y Diagrama de Rosas de Junturas del Tajo Yanacocha Oeste

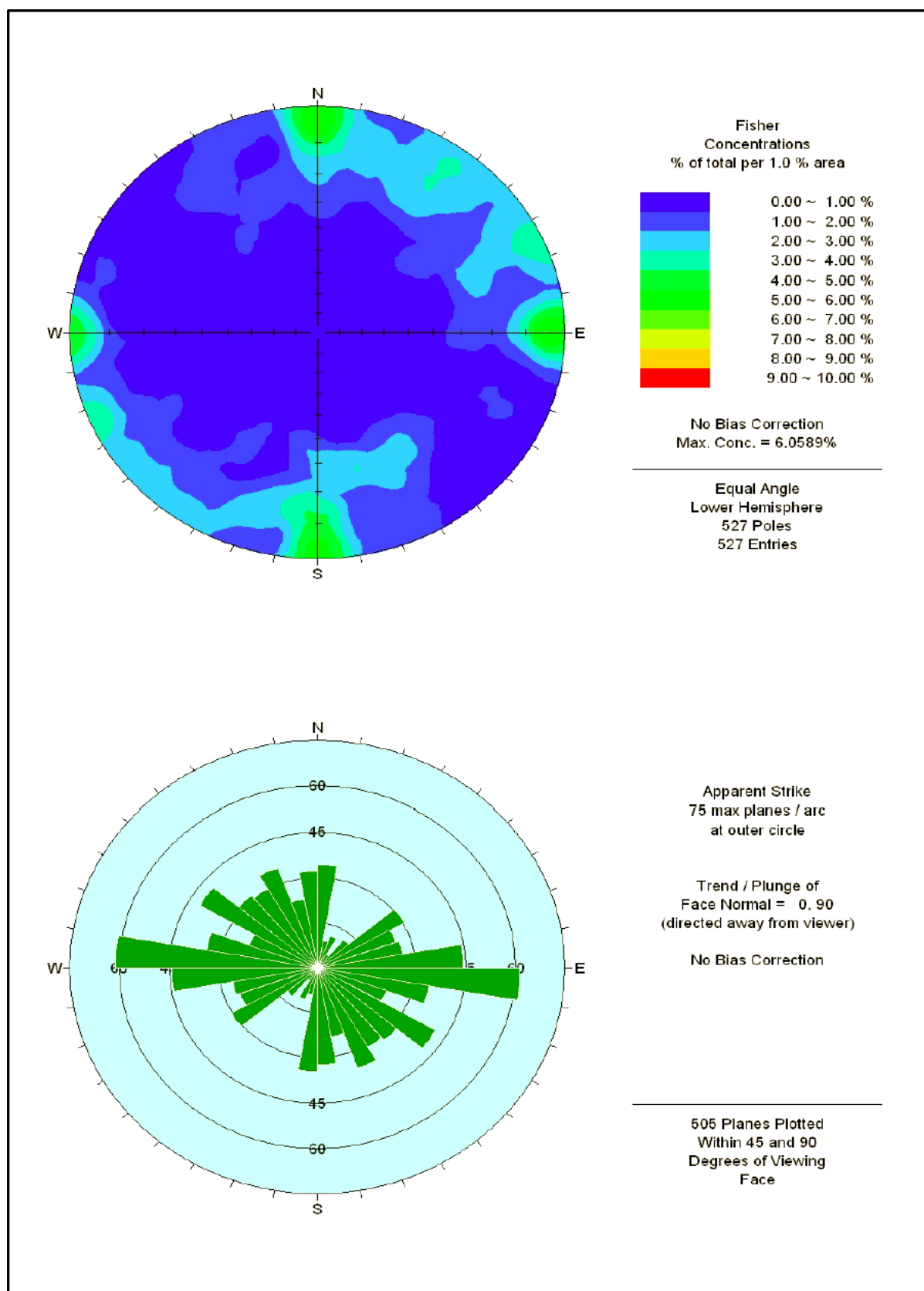
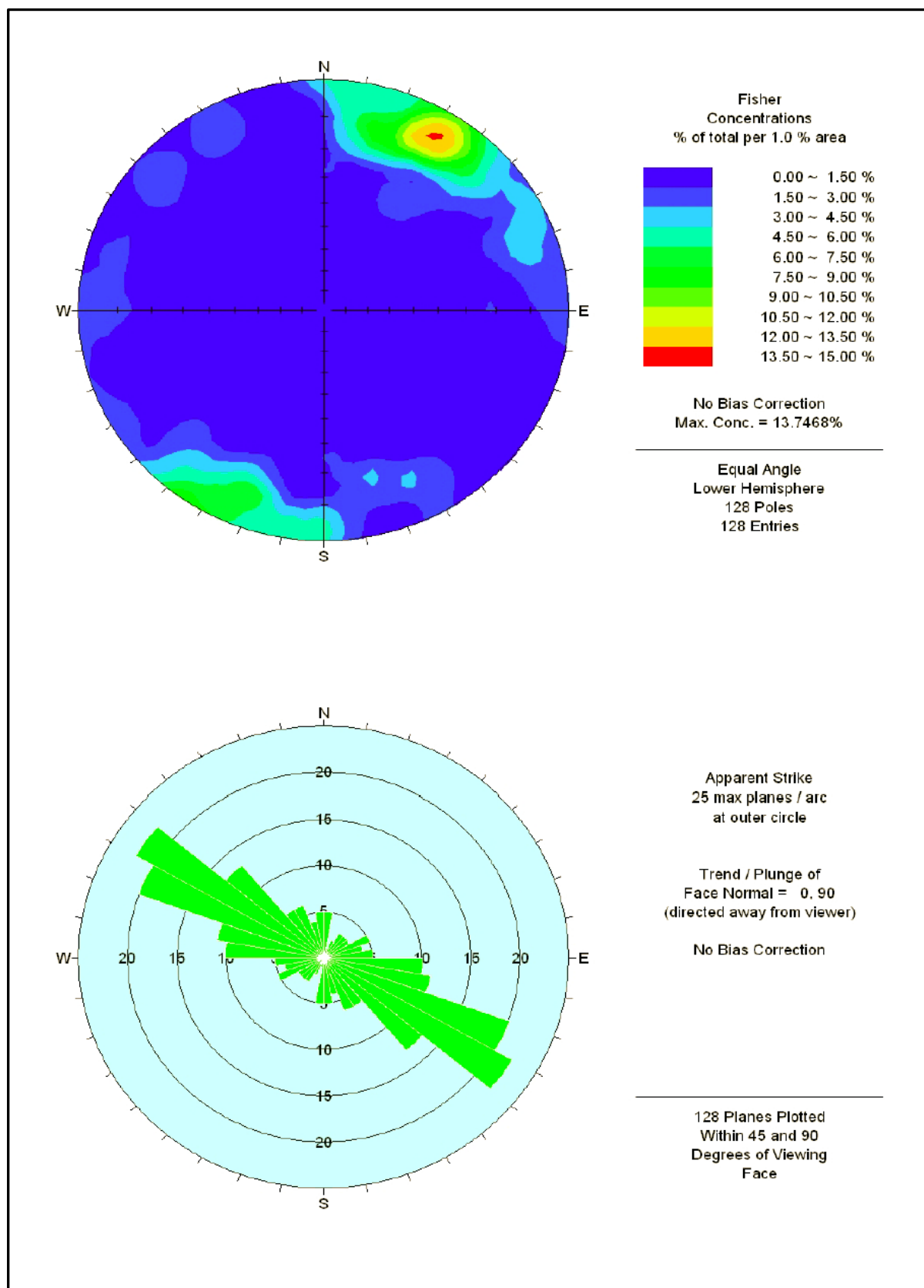


Figura 3.2.2.1-16 Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Oeste



## Brechas

El diagrama de densidad de polos muestra una dirección dominante de primer orden N60W. Esta dirección proviene de un entorno más amplio N30-80W, seguida por direcciones de segundo orden N80W. Por último, un débil dominio estructural de direcciones N60-70E. Ver Figura 3.2.2.1-17, *Densidad de polos y diagrama de rosas de Brechas del tajo Yanacocha Oeste*.

### **Características estructurales**

Para estudiar las características estructurales en el tajo Yanacocha Oeste se eligieron tres áreas representativas: Área Oeste, Centro y Este.

#### Área Oeste:

Las fallas de dirección EW son de tipo 1-2 y buzamientos verticales. Estas fallas controlan el emplazamiento de brechas freáticas y freatomagmáticas de espesores menores a 5m. Las fallas de dirección N30-40W buzán entre 70°-85° hacia el Sur. Estas fallas presentan espejos y brechas de falla con fuerte oxidación. Hacia la pared Sur, la falla Laura está controlando el emplazamiento de diques de brecha freatomagmática. La intersección de esta falla con las fallas de tendencia EW y NS forma zonas muy fracturadas con intensa oxidación. Las fallas N20- 30E con buzamientos subverticales entre 65°-76° hacia el Sur, son muy escasas.

Los diques de brecha freática de espesores menores a 2 m, están orientados en dirección EW y N50-70W. Estas brechas no se encuentran oxidadas. Las juntas de tipo 1 (J1) con direcciones dominantes EW, NW y NE se encuentran rellenas de limonita.

#### Área Centro:

El dominio estructural NW es muy marcado. Las fallas están orientadas en dirección N40-50W y N20-30W con buzamientos subverticales entre 75°-80° hacia el Sur. Estas fallas presentan material triturado y brechas rellenas de limonita y jarosita. La Falla Dinosaurio que se extiende desde Yanacocha Sur, está controlando el emplazamiento de la brecha diatrema y los intrusivos dacíticos.

Las fallas de dirección NS (N10W), tienen buzamientos verticales. Estas fallas se caracterizan por presentar espejos de fallas cubiertas por goetita de variedad botroidal y jarosita en algunos tramos. Los diques de brecha freatomagmática están orientados principalmente en direcciones preferenciales NW y EW. Estos diques se caracterizan por presentar matriz de sílice granular con alunita y fragmentos subredondeados y heterolíticos (volcanoclásticos, Ypq, cuarcita, arenisca y Yp). Los espesores promedios varían desde 10cm hasta 3m. Los buzamientos en su mayoría son verticales.

Los diques de brecha de dirección N10E son muy escasos. Las brechas hidrotermales de dirección NS y NW, son de buzamientos verticales y espesores centimétricos (<<10cm). Estas brechas están compuestas por fragmentos monolíticos y matriz sílice – óxidos. Los fragmentos monolíticos son recubiertos y sostenidos entre sí por la goetita de variedad botroidal, siendo zonas muy favorables para la concentración de oro. Las juntas de tipo 1 (J1) de dirección EW, NW y NE están rellenas de limonita y jarosita pulverulenta.

#### Área Este:

Las fallas de dirección NW son la extensión de la zona centro y se extienden hacia el tajo Yanacocha Sur, como se mencionó anteriormente. Las fallas de direcciones NS y NE son escasas. Estas fallas presentan espejos de falla y son de buzamientos subverticales. Las brechas hidrotermales están compuestas por matriz de alunita y fragmentos subangulosos de sílice masiva. La alunita se encuentra en finos cristales. En algunos tramos la matriz se encuentra en forma pulverulenta asociado a los óxidos y jarosita.

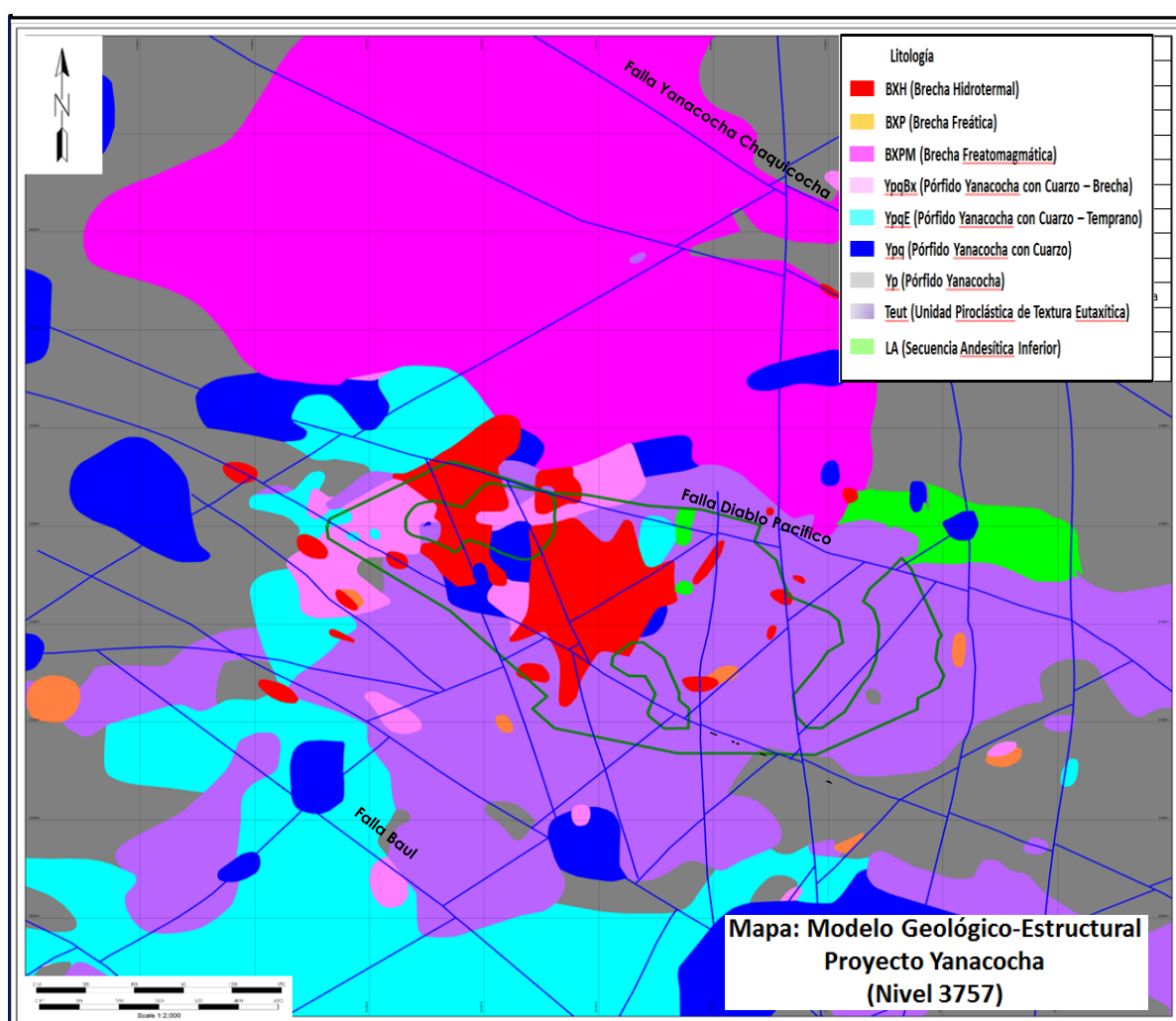
En la Foto 3.2.2.1-2, *Características Estructurales Sector Yanacocha Oeste*, se muestra las Juntas de tipo 1 mineralizadas o rellena de limonita (foto izquierda) y la Fractura rellena de material triturado con limonita (foto derecha). En la Figura 3.2.2.1-18, *Modelo Geológico-Estructural Proyecto Yanacocha (Nivel 3,757)*, se muestra los resultados del modelo estructural del área del proyecto.



Foto 3.2.2.1-2 Características Estructurales Sector Yanacocha Oeste



Figura 3.2.2.1-17 Modelo Geológico-Estructural Proyecto Yanacocha (Nivel 3,757)



- Análisis Kinemático Estructural:

#### a. Análisis de Esfuerzos

Los resultados obtenidos en los diagramas de rosas de juntas en el Cerro Yanacocha muestran la dirección de los principales esfuerzos de compresión que sucedieron en el área de estudio,

entre ellas tenemos: EW, N20-30W y N60-80E. En la Tabla 3.2.2.1-1, *Dominios preferenciales de las estructuras en el Cerro Yanacocha*, se muestra el resumen de los principales dominios estructurales analizados.

**Tabla 3.2.2.1-1 Dominios preferenciales de las estructuras en el Cerro Yanacocha**

Encajón	Yanacocha Sur	Yanacocha Oeste
<b>Fallas</b> N50 - 70E EW y NS03 N30 - 50W	<b>Fallas</b> N80E N60W y N50 - 60W N10E	<b>Fallas</b> N60W N40 - 50E NS
<b>Junturas</b> <b>N60 - 80E</b> EW y NS <b>N20 - 30W</b>	<b>Junturas</b> <b>N20 - 30W</b> <b>N60 - 70E y EW</b> NS - WNW	<b>Junturas</b> <b>EW y NS</b> <b>N20 - 30W</b> N50 - 60W
--	<b>Brechas</b> EW N50 - 60E NNE	<b>Brechas</b> N30 - 80W N80W N60 - 70E

Las junturas de tipo 1 y las venillas, juegan un papel importante para la construcción del modelo de esfuerzos, debido a que estas representan la dilatación o extensión en el área de estudio. Para un mejor entendimiento del modelo kinemático de esfuerzos se ha realizado un plano de estructuras donde se muestra la dirección de esfuerzos relacionados a la densidad de junturas de tipo 1 distribuidos en todo el Cerro Yanacocha. Ver Figura 3.2.2.1-20, *Direcciones Preferenciales de Esfuerzos (delta 1)*.

#### b. Modelo Kinemático de Esfuerzos

De acuerdo al análisis de esfuerzos se evidencian que al menos 3 eventos tectónicos distintos sucedieron en el Cerro Yanacocha. Entre ellos tenemos los esfuerzos de dirección N60-80E, EW y N20-30W. Para entender la formación de fallas mediante esfuerzos compresivos se recurrió al modelo experimental realizado por Riedel en 1980.

##### Dirección N60-80E

Los datos kinemáticos preliminares y el mapeo de campo soportaron la dirección de esfuerzo NE. Según la elipse de esfuerzos mostrado debajo, el sigma 1 es de dirección NE, dando origen a la formación de fallas de dirección NNE de movimiento dextral y fallas de dirección EW de movimiento sinistral. Este esfuerzo está relacionado a la deformación que afectó el basamento en el cretáceo tardío. Evidencias de este esfuerzo no se encuentran en el Cerro Yanacocha, pero se muestran en los pliegues de las rocas sedimentarias en los alrededores al distrito de Yanacocha. Ver Figura 3.2.2.1-19, *Esfuerzo Dirección N60-80E*.

**Figura 3.2.2.1-18 Esfuerzo Dirección N60-80E**

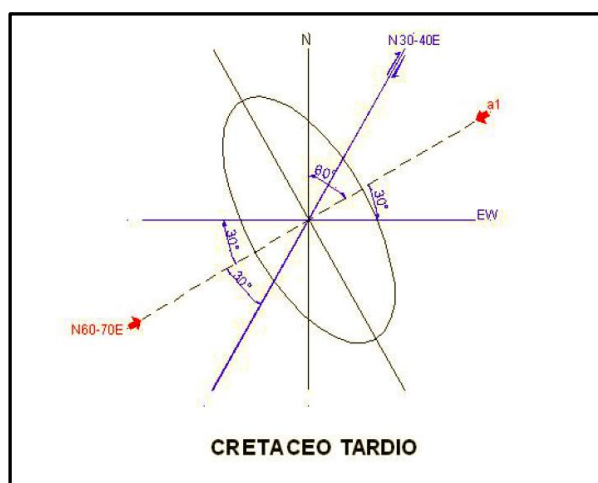
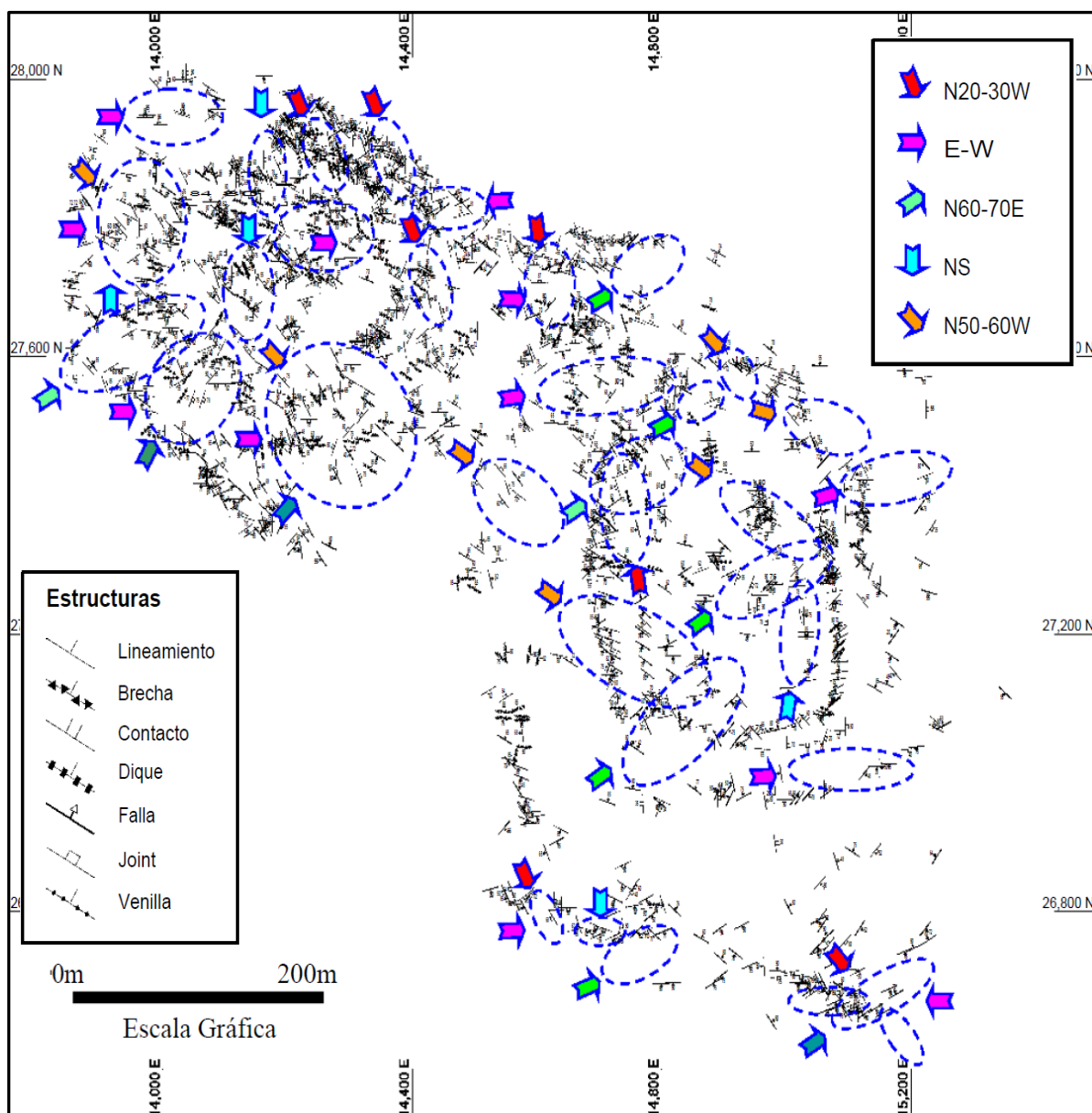
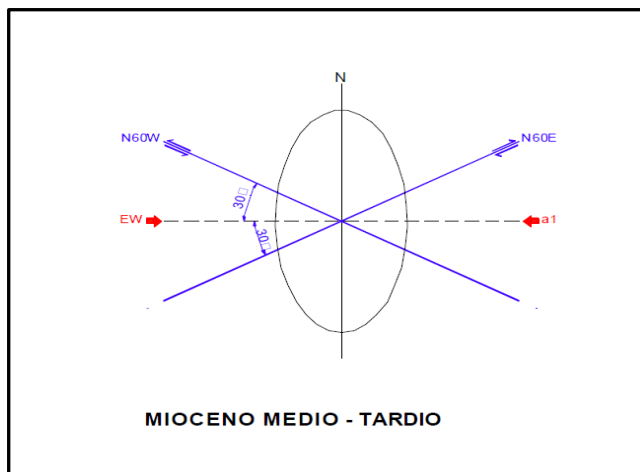


Figura 3.2.2.1-19 Direcciones Preferenciales de Esfuerzos (delta 1)

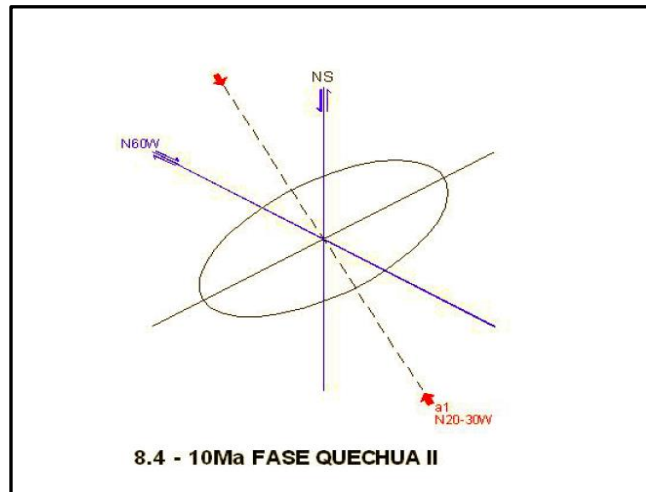
Dirección EW

En la elipse de esfuerzos mostrado debajo, el sigma 1 es de dirección EW pudiendo variar entre 10 a 20° en cada lado. Este esfuerzo forma fallas de dirección NW de movimiento sinistral y fallas de dirección NE de movimiento dextral, manifestándose en las rocas volcánicas del Mioceno Medio. Evidencias de este esfuerzo son las fallas dirección NW y NE que abundan en el Cerro Yanacocha, entre las principales tenemos la Falla Dinosaurio, la Falla Laura y la Falla Arual.

Además de producir dominantes junturas de tipo 1 mineralizadas y venillas que se muestran muy localmente de dirección EW, en la pared Sur de Yanacocha Oeste la falla Laura evidencia que hubo un sistema distensivo, por la formación de fallas normales con estrías subverticales. Ver Figura 3.2.2.1-21, *Esfuerzo Dirección EW*.

**Figura 3.2.2.1-20 Esfuerzo Dirección EW****Dirección N20-30W**

En la elipse de esfuerzos mostrado debajo, el sigma 1 es de dirección N20-30W. Este esfuerzo forma fallas de dirección NS de movimiento sinistral y fallas de dirección N60W de movimiento dextral. Evidencias de este esfuerzo son las juntas, venillas y diques de brecha orientados en dirección NNW y NW. Sin embargo, estas estructuras no son tan importantes como las estructuras mineralizadas en dirección EW, debido a que estas se presentan localmente. Las fallas de dirección NS en el Cerro Yanacocha indican ser tardías debido a que cortan estructuras de otras direcciones. Además, las fallas de dirección EW presentan estrías subhorizontales. Ver Figura 3.2.2.1-22, Esfuerzo Dirección N20-30W.

**Figura 3.2.2.1-21 Esfuerzo Dirección N20-30W**

- Paragénesis estructural relacionado a eventos pre – inter y post-mineralización
  - Actividad tectónica, deformación durante el Cretáceo – Mioceno tardío, formando fallas transcurrentes de dirección NNE y EW.
  - Emplazamiento de domos localizados a lo largo del fallamiento NNW. Extrusión de los tufos y lavas andesíticas (Longo, Turner; 19.53-13.76 Ma).
  - Deformación en dirección EW, y formación de fallas transcurrentes de dirección NW y NE, durante el Mioceno medio a tardío (Fase Quechua I).

- Inicio de fase distensiva. Movimiento a lo largo de fallas NW y NS, colapso de la andesita basal (LA) a lo largo de estructuras NW formando graben y horst.
  - Resurge la actividad magmática, posible reactivación de los eventos resultando la extrusión del Teut (cenizas y cristales), tufos líticos y lapillis. Teut posible 12.49 Ma.
  - Ascenso de diques andesíticos horbléndicos - Yp. Débil sistema hidrotermal. Las rocas volcanoclásticas son silicificadas y ocurre una débil mineralización de Py-Au/Ag. Erupciones freáticas tempranas ocurren en este tiempo.
  - Fuerte alteración ácido sulfato, lixivia fuertemente a la unidad tufácea con líticos (Usj). Las diatremas se forman en respuesta a la interacción de agua meteórica y agua magmática, estos se emplazan a través de estructuras mayores de dirección NW. La silicificación regional en las secuencias del Teut y Usj son fuertemente fracturadas debido a los sistemas de fallas y al emplazamiento de la diatrema e intrusivos.
  - La actividad hidrotermal es fuerte, ocurre la mineralización de Au-Cu en los bordes de la diatrema, las zonas fracturadas y en las brechas hidrotermales. La mineralización de oro de alta ley ocurre en este tiempo.
  - Deformación en dirección NNW y reactivación de fallas de dirección NW y NS (Fase Quechua II).
  - Emplazamiento de intrusiones pórfidos dacíticos, a lo largo de estructuras NW. Formación del Ypq-bx en forma de cuerpos y diques de dirección NW y EW, con mineralización de Cu-Au. La mineralización de Au es de mediana ley en los bordes del intrusivo y la mineralización de Cu es >100ppm en el Ypq y en las zonas fracturadas cercanos al intrusivo.
  - Reactivación de las brechas freatomagmáticas, con mineralización de Cu-Au. Los minerales de cobre (enargita, calcosita y covelita), óxidos de hierro (hematita) y baritina aprovechan zonas permeables como fracturas, contactos y brechas hacia la superficie. Ocurren pulsaciones de alunita-oro en las brechas y fracturas.
  - Relajamiento del sistema y emplazamiento del Cp, ascenso de aguas con pH neutro. Descenso de los niveles de agua penetrando y oxidando hacia profundidad.
- **Mineralización:** el área de estudio de la II MEIA Yanacocha está descrito como un Yacimiento epitermal de alta Sulfuración de Cobre-Oro, con predominio de cobre, el cual se ubica inmediatamente debajo de la zona oxidada del depósito de alta sulfuración Cerro Yanacocha. En ellas se han evidenciado múltiples eventos de alteración hidrotermal, así como eventos de mineralización. Los ensambles de alteración son típicos de este tipo de depósitos con un núcleo síliceo (sílice masiva, vuggy y granular) que grada hacia los bordes y en profundidad a un ensamble Argílico avanzado con ensambles de alteración como sílice-alunita y sílice-pirofilita y diáspora. Hacia los bordes del depósito se encuentran ensambles de alteración Argílico y Propilítico.

El área de estudio de la II MEIA Yanacocha está conformado por un complejo volcánico de tobas, flujos de lava e intrusivos y podría ser considerado como una incipiente transición entre un sistema de alta sulfuración y un sistema tipo pórfido.

Cuatro eventos principales de mineralización han sido reconocidos en este depósito: el más temprano es caracterizado por diseminaciones de pirita y silificación asociada con desarrollo a profundidad de vetillas bandeadas y texturas que sugieren la transición a un sistema porfirítico. La segunda etapa (el evento principal de oro) se caracteriza por la deposición de pirita fina, y enargita y covelita después de un intenso proceso de silicificación. En la zona de óxidos esta etapa se correlaciona con la presencia de brechas con matriz sílice-óxidos. La tercera etapa de mineralización, Cu-(Au), está asociada con la intrusión de brechas y stocks de composición dacítica, los sulfuros de cobre presentes son esencialmente enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ), covelita ( $\text{CuS}$ ) y calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), y en menor proporción luzonita, digenita, tenorita, calcopirita y bornita. Otros minerales reportados son esfalerita, galena, marcasita, tenantita, tetraedrita y pirita; el ensamble de alteración es usualmente argílico avanzado con pirofilita-diáspora a profundidad. La última



etapa de mineralización se presenta localmente en la parte Norte del depósito y está constituida por carbonatos intercrecidos con esfalerita, galena y menores cantidades de enargita. Esta última etapa marca un cambio de pH en los fluidos mineralizantes.

Estructuralmente el área de estudio de la II MEIA Yanacocha, se encuentra emplazado dentro de un corredor estructural NW, limitado hacia el NE por el corredor Yanacocha-Chaquicocha y hacia el SW por el corredor Buena Sorpresa. El emplazamiento de los intrusivos y brechas en general tienen un alineamiento NE. La mineralización está controlada por estructuras locales de dirección EW y WNW. Las fallas geológicas en el depósito en general son de alto ángulo.

Estructuras tensionales de orientación este (E)- oeste (W) y norte (N) – sur (S) controlan parte de la mineralización en estructuras. Numerosas intrusiones a manera de pequeños cuerpos de composición andesítica a dacítica y brechas de carácter freatomagmático, freático e hidrotermal cortan en diferentes etapas, al conjunto de las secuencias volcánicas. Las unidades dentro del distrito que presentan mineralización están afectadas principalmente por alteración hidrotermal sílicea masiva y granular con sílice oquerosa controlada por estructuras y por litologías favorables. Muestran los halos de alteración característicos de los depósitos epitermales de alta sulfuración: sílice (oquerosa, masiva y granular), seguida de alteración argílica avanzada (sílice - arcillas y/o sílice-alunita) y halos exteriores de alteración argílica y propilítica. Ocasionalmente ocurre sílice opalina.

La mineralización económica de cobre-oro está asociada con múltiples eventos de intrusivos (YPQ), los cuales han generado una zona de múltiples eventos de brechas al contacto con la secuencia piroclástica, generando brechas intrusivas (YPQ-BX) y brechas hidrotermales (BXH), las mejores leyes de cobre se pueden encontrar en esta zona de brechas y también en venillas y diseminada dentro del YPQ y el TEUT.

- **Procesos geodinámicos:** en el área de estudio ambiental se han identificado los procesos de caída de rocas, erosión de riberas, erosión de laderas, reptación de suelos y derrumbes, así como escarpas con potencial para generar deslizamientos lo cual refleja una predominancia de procesos de erosión fluvial y erosión de laderas por condicionantes pluviales.

La caída de rocas se asocia mayormente a la acción de la gravedad sobre los macizos y suelos poco consolidados que presentan zonas de debilidad a causa del fuerte fracturamiento y/o a la presencia de fallas. Estos procesos ocurren en la unidad geomorfológica de afloramiento rocoso, específicamente al oeste del Tajo Chaquicocha y son de origen natural.

Los deslizamientos corresponden a procesos representados por los desplazamientos de material pendiente abajo, producto de la acción de la gravedad, sobresaturación de agua del terreno por escorrentía superficial, movimientos sísmicos y la baja resistencia física del material. Estos procesos ocurren en la unidad geomorfológica de Ladera de erosión fluvial. En el área de estudio de la II MEIA se han identificado escarpas con potencial para generar deslizamientos al suroeste del reservorio San José, las cuales son de origen natural.

Los procesos de erosión fluvial consisten en el desgaste que producen las fuerzas hidráulicas de un río sobre sus márgenes y en el fondo de sus cauces con variados efectos colaterales. Estos procesos ocurren en la unidad geomorfológica de valle fluvial, específicamente al sureste del reservorio San José, en la quebrada del mismo nombre, y en las márgenes de la quebrada Pampa Larga (al norte del sector este de Yanacocha - SYE) y son de origen natural.

La erosión de laderas involucra los procesos que ocasionan el desgaste y traslado de los materiales de superficie (suelo o roca) por el continuo ataque de los agentes erosivos, degradando y modificando la superficie del terreno. Este proceso ocurre en la unidad geomorfológica de ladera de erosión fluvial, específicamente en la margen derecha de la quebrada Encajón, cerca de una vía de acceso del complejo Yanacocha, esta presenta un origen humano por los esfuerzos para estabilizar el talud.

La reptación de suelos comprende movimientos lentos hasta casi imperceptibles de los suelos de ladera, que comprometen una masa de suelo o material detrítico. Estos procesos ocurren en la unidad geomorfológica de ladera de erosión fluvial, localizados en las laderas de la margen izquierda de la quebrada San José, y en la margen derecha de la quebrada Arnacocha, cerca de un canal de descarga y son de origen natural.

Los derrumbes consisten en la caída de bloques de suelo o roca, por pérdida de la resistencia al esfuerzo constante; además, se caracterizan por no presentar plano de deslizamiento. Estos procesos ocurren en la unidad geomorfológica de afloramiento rocoso, específicamente en la margen izquierda de la quebrada Encajón y son de origen natural.

- **Áreas potenciales para canteras:** dentro de los componentes propuestos en la presente modificación no se tienen identificados áreas potenciales de material de préstamo. Sin embargo, las alteraciones hidrotermales dominantes en el área son la sílice masiva y sílice alunita, las cuales de acuerdo con sus propiedades físicas podrían ser usadas como lastre dentro de las operaciones.

### **Descripción Petrográfica**

La petrología de rocas volcánicas permite conocer procesos de formación, génesis y relación con otras rocas, mediante el estudio de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas, espaciales y cronológicas. En tal sentido, la Formación Porculla, también conocida como Formación San Pablo, es una unidad de rocas volcánicas perteneciente al Grupo Calipuy, la cual aflora en la cordillera noroccidental del Perú, región Cajamarca, como secuencias lávicas, flujos piroclásticos y flujos de escombros.

La caracterización petrográfica macroscópica se realizó mediante la clasificación de muestras de mano de rocas frescas de la Fm. Porculla, con dimensiones variables de 10 - 30 cm, distribuidas aleatoriamente en toda la zona de interés (Spelucín, 2017). En base a la observación de muestras se realizó un análisis cuantitativo, cualitativo e interpretativo de la proporción mineralogía, para determinar la composición, utilizando el diagrama de Clasificación modal de rocas volcánicas, Streckeisen, 1979, tal como se muestra en la Tabla 3.2.2.1-2, *Descripción Petrográfica Macroscópica de Muestras de Mano (Lupa 30x y microscopio Leitz 215x)*.

Tabla 3.2.2.1-2 Descripción petrográfica macroscópica de muestras de mano (Lupa 30x y microscopio Leitz 215x)

Código de muestra	Color	Textura y estructura			Composición mineralógica (%)				Otros (%)		Estructura	Modo de ocurrencia	Observaciones
		Grado de Cristalización	Tamaño de Cristales	Forma de Cristales	Feldespatos Potásico	Feldespatos Sódico Cálculo	Cuarzo	Minerales Máficos	Lílicos	Pómez	Coherente	Fragmental	
M-1	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	45	5	5	40		Fragmental	Flujo Piroclástico	Dominio de cristales y pasta
M-2	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	15	50	10	5	20		Fragmental	Flujo Piroclástico	Eventuales líticos
M-3	Mesocrática	Merocristalina	Fanerítica	Subhedral	15	35	15	5	20	10	Fragmental	Flujo Piroclástico	Presencia de pómez
M-4	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	30	15	10	40		Fragmental	Depósito de caída	Presencia de líticos y fenocristales
M-5	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	20	15	10	15	35	Fragmental	Flujo Piroclástico	Presencia de pómez
M-6	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	20	5	60	5	20		Fragmental	Bloque desprendido de cono volcánico	Dominio de cristales y pasta
M-7	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	25	30	5	35		Fragmental	Flujo Piroclástico	Presencia de pómez
M-8	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	35	5	10	45		Fragmental	Flujo Piroclástico	Fragmentos líticos de 2 a 5mm
M-9	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	40	10	5	40		Fragmental	Depósito de Caída	Cristales milimétricos de Pl en una pasta de grano fino
M-10	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	40	15	5	35		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alteración en la pasta con presencia de fragmentos líticos
M-11	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	20	40	20	20			Coherente	Subvolcánico	Ausencia de pasta volcánica.
M-12	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	20	50	10	20			Coherente	Subvolcánico	Ausencia de pasta en abundancia.
M-13	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	5	30	5	10	50		Fragmental	Depósito de caída	Minerales máficos bien cristalizados
M-14	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	40	15	20	15		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alteración de Pl a arcillas
M-15	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	30	10	20	40		Fragmental	Flujo Piroclástico	Menor presencia de cristales compuesta de pasta volcánica
M-16	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	20	30	5	15	30		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alineación de minerales máficos.
M-17	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	35	30	5	20		Fragmental	Flujo Piroclástico	Ojos de Qz y alto contenido de fragmentos líticos
M-18	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	30	35	5	20		Fragmental	Flujo Piroclástico	Ojos de Qz y Pl
M-19	Mesocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	30	30	5	25		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alto contenido de Qz en la matriz
M-20	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	20	10	5	55		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alto contenido de pasta y Pl milimétricas
M-21	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	25	10	5	50		Fragmental	Depósito de Caída	Alto contenido de pasta
M-22	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	15	15	5	55		Fragmental	Flujo Piroclástico	Fragmentos líticos y un alto contenido de pasta
M-23	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	30	10	5	45		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alteración de Pl a arcillas
M-24	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	10	30	20	5	35		Fragmental	Flujo Piroclástico	Pl milimétricas y pequeños ojos de Qz
M-25	Leucocrática	Merocristalina	Afanítica	Subhedral	15	35	10	5	35		Fragmental	Flujo Piroclástico	Pl milimétricas y pequeños ojos de Qz

Código de muestra	Color	Textura y estructura			Composición mineralógica (%)				Otros (%)		Estructura	Modo de ocurrencia	Observaciones
		Grado de Cristalización	Tamaño de Cristales	Forma de Cristales	Feldespato Potásico	Feldespato Sódico Cálculo	Cuarzo	Minerales Máficos	Líticos	Pómez	Coherente	Fragmental	
M-26	Leucocrática	Merocrystalina	Afanítica	Subhedral	10	35	10	5	40		Fragmental	Depósito de Caída	Pl milimétricas en una matriz de ceniza volcánica
M-27	Leucocrática	Merocrystalina	Afanítica	Subhedral	20	40	15	15	10		Fragmental	Depósito de Caída	Pl milimétricas en una matriz de ceniza volcánica
M-28	Leucocrática	Merocrystalina	Afanítica	Subhedral	10	30	10	5	45		Fragmental	Depósito de Caída	Pl milimétricas.
M-29	Leucocrática	Merocrystalina	Afanítica	Subhedral	10	35	5	5	45		Fragmental	Depósito de Caída	Pl milimétricas.
M-30	Leucocrática	Merocrystalina	Afanítica	Subhedral	10	40	15	20	15		Fragmental	Flujo Piroclástico	Alteración de Pl a arcillas

La determinación del tipo de roca volcánica piroclásticas se basó en la descripción de dimensión/volumen de cristales-lífticos, utilizando el diagrama de Clasificación de rocas volcánicas piroclásticas, Schmidt, 1981. Ver Tabla 3.2.2.1-3, *Clasificación de Rocas Volcánicas* (Streckeisen, 1979 y Schmidt, 1981).

**Tabla 3.2.2.1-3 Clasificación de Rocas Volcánicas (Streckeisen, 1979 y Schmidt, 1981)**

Código de Muestra	Clasificación de Rocas Volcánicas		
	Streckeisen, 1979	Schmidt, 1981	Nombre de la Roca
M-1	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-2	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-3	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-4	Dacítico	Tufo Cristalovítrico	Tufo cristalovítrico Dacítico
M-5	Andesita	Tufo Cristalolítico	Tufo cristalolítico Andesítico
M-6	Riolita	Tufo Cristalovítrico	Tufo Cristalovítrico Riolítico
M-7	Dacítico	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Dacítico
M-8	Andesita	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Andesítico
M-9	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-10	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-11	Andesita	Roca Volcánica	Andesita
M-12	Andesita	Roca Volcánica	Andesita
M-13	Andesita	Tufo Cristalovítrico	Tufo Cristalovítrico Andesítico
M-14	Andesita	Tufo Cristalovítrico	Tufo Cristalovítrico Andesítico
M-15	Andesita	Tufo Cristalovítrico	Tufo Cristalovítrico Andesítico
M-16	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-17	Dacítico	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Dacítico
M-18	Dacítico	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Dacítico
M-19	Dacítico	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Dacítico
M-20	Dacítico	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Dacítico
M-21	Dacítico	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Dacítico
M-22	Dacítico	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Dacítico
M-23	Dacítico	Tufo Cristalolítico	Tufo Cristalolítico Dacítico
M-24	Dacítico	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Dacítico
M-25	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-26	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-27	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-28	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-29	Andesita	Tufo de Cristales	Tufo de cristales Andesítico
M-30	Andesita	Tufo Cristalovítrico	Tufo Cristalovítrico Andesítico

La clasificación petrográfica macroscópica del total de las muestras utilizando el diagrama de Streckeisen determinaron: 19 muestras andesíticas, de composición andesítica, con porcentajes de plagioclasas que van de 35% – 60% de plagioclasas cálcica- sódica, 1 %- 5% de cuarzo, 5 – 15% de máficos, 30% - 50% de fragmentos líticos. Asimismo, se determinó 10 muestras dacíticas, de composición dacítica, con porcentajes de 35% – 60% de Plagioclasas cálcica- sódica, 10 %- 20% de cuarzo, 5 – 10% de máficos, 30% - 50% de fragmentos líticos. También se identificó 1 muestra riolítica, con porcentajes de 40% de cuarzo, 25% feldespato potásico, 5% de máficos y 15% de fragmentos líticos.

Finalmente, según la proporción y tipo de clastos se utilizó el diagrama de Schmidt identificándose 15 muestras de tufos de cristales, correspondientes a tufos de matriz fina de composición variable contiene



crisales cuarzo y plagioclasas finos y en estado corroído y fenocristales de minerales máficos alineados. Además, se identificó 7 muestras de tufos cristalolíticos correspondientes a tufos moderadamente soldados que incluyen fragmentos líticos de tamaño y composición variable y cristales de cuarzo, y fenocristales de minerales máficos alineados. Asimismo, se identificaron 6 muestras de tufos cristalovítricos correspondientes a tufos con abundante pasta, ceniza o vidrio volcánico (pómez) de composición riolítica, dacítica y andesítica. Las secciones delgadas de 4 muestras confirmaron la clasificación macroscópica.

El análisis microscópico se realizó sobre 4 muestras representativas de las rocas volcánicas de la formación Porculla perteneciente al Grupo Calipuy (secciones delgadas), presentándose Clasificación Microscópica en la Tabla 3.2.2.1-4, *Descripción de las Secciones Delgadas*, y la Tabla 3.2.2.1-5, *Composición Modal Mineralógica de las Secciones Delgadas* (Spelucín, 2017).

**Tabla 3.2.2.1-4 Descripción de las Secciones Delgadas**

Secciones	Muestra 1	Muestra 4	Muestra 6	Muestra 18
Nicoles Cruzados	Se observan fenocristales de plagioclasa, mayoritarios en la lámina, mostrando algunos cristales con maclas polisintéticas. También se pone de manifiesto algún fenocristal de anfíbol con colores de interferencia altos y con un pleocroísmo que varía en tonos verdosos. En este sector se observa además la ligera orientación de los cristales de plagioclasa así como la abundante proporción modal de vidrio.	Se observa fragmentos de cuarzo (subredondeado, rotos) arrastrados por la nube volcánica se depositaron sobre la ceniza volcánica y a su vez se recubren por esta. Al ser un proceso de sedimentación laminar las cenizas se acomodan a la morfología de los cristales de cuarzo y feldespato hasta volver a depositarse de manera horizontal.	Se observan fragmentos de minerales de cuarzo feldespato y biotita inmersos en una matriz completamente formada por vidrio. También se pone de manifiesto una textura fluidal provocada por el propio flujo que generó esta roca.	Se observa abundancia de cristales de cuarzo hipidiomórficos, con colores de interferencia grises, blancos, discriminándose cristales de feldespato alcalino con colores grises. Los fenocristales de plagioclasa presentan la mayoría maclas polisintéticas. La biotita presenta parcialmente orientada con un pleocroísmo de marrón claro a oscuro. La matriz está formada por vidrio, cuarzo, y cristales de biotita.
Nicoles Paralelos	Se observan cristales de biotita tabulares, en tonos oscuros, un fenocristal de biotita con una corona de plagioclasa como transformación por un estado de desequilibrio de la biotita, los anfíboles se observan en tonos verde claro a oscuro, la matriz está constituida por vidrio.	Se observa una textura fluidal, fragmental vítreo de la matriz en tonos marrones y amarillentos.	La textura fluidal y vítreo de la matriz en tonos marrones y amarillentos mejor distinguida, cristales en menor proporción en tonos blanquecinos.	Se observa cristales de feldespato potásico y plagioclasa como agregados y parcialmente alterados. Se observan algunos fenocristales de cuarzo con texturas de reabsorción.
Clasificación	Tufo de cristales Andesítico	Tufo Vítrico Dacítico	Tufo cristalovítrico riolítico	Tufo de cristales dacítico

**Tabla 3.2.2.1-5 Composición Modal Mineralógica de las Secciones Delgadas**

			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Cristales	Plagioclasas	%	30.00	22.00	8.00	2.00
	Clinopiroxenos	%	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ortopiroxenos	%	2.00	1.00	0.00	0.00
	Biotitas	%	3.00	3.00	1.00	3.00
	Minerales Opacos	%	0.00	0.00	0.00	0.00
	Olivino	%	0.00	0.00	0.00	0.00
	Cuarzo primario	%	0.00	7.00	10.00	5.00

			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Matriz	Anfiboles	%	9.00	4.00	0.00	0.00
	Plagioclasas	%	30.00	18.00	4.00	0.00
	Vidrio	%	25.00	25.00	38.00	90.00
	Piroxenos	%	0.00	0.00	0.00	0.00
	Minerales Opacos	%	0.00	0.00	0.00	0.00
	Feldespatos potásicos	%	0.00	10.00	30.00	0.00
	Cuarzo primario	%	1.00	10.00	9.00	0.00
Texturas			Porfiritica a glomeroporfiritica Hipocristalina	Porfiritica a glomeroporfiritica Hipocristalina	Fragmentari a, Vítrea fluidal	Afanítica, Fluidas, Fragmentaria, Holocristalina

### **Características estructurales de la transmisibilidad del agua**

Las características estructurales de la transmisibilidad del agua se describen en la Subsección 3.2.3.3.2, *Caracterización Hidrogeológica del Área del Proyecto*.

### **Definición de las propiedades físicas y mecánicas de suelos y/o rocas**

Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y/o rocas del área de estudio son descritas en la Subsección 3.2.4.1, *Estudio de Suelo*, donde se presentan los resultados del análisis de caracterización de suelos.

### **3.2.2.2 Geomorfología**

El desarrollo de esta subsección presenta la caracterización y la representación cartográfica de las unidades geomorfológicas del área de estudio establecida para este componente ambiental en la II MEIA Yanacocha, con el objetivo de reconocer y delimitar las diferentes formas del relieve y los rasgos generales del modelado terrestre dentro del área de estudio que abarca una superficie total de 8,495.87 ha. La caracterización de las unidades geomorfológicas identificadas a nivel local incluirá la descripción de los procesos morfodinámicos activos, inactivos y esperados por incidencia directa o indirecta en el Proyecto.

La determinación de las unidades geomorfológicas del área de estudio tuvo como base la información temática y cartográfica incluida en la I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019). La información cartográfica faltante fue complementada haciendo uso de la metodología de Análisis Geomorfológico Aplicado a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (Villota, H. 2005); que considera la interpretación de la imagen satelital, las formaciones geológicas con la información litológica correspondiente y las pendientes que caracterizan el relieve.

La imagen satelital empleada fue una imagen Wordview-3, colectada el 04 de abril del 2019, con cuatro bandas espectrales (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano), con resolución espacial de 50 centímetros y resolución radiométrica de 16 bits.

El procesamiento de información, la edición de resultados y la composición de la cobertura de las unidades geomorfológicas se realizó empleando el software especializado en Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.5.

A continuación, se presenta una descripción general del área de estudio, las características geomorfológicas más resaltantes y su morfogénesis, finalmente se desarrolla la descripción de las unidades geomorfológicas identificadas:

### **Descripción del Área de Estudio**

El área de estudio se encuentra ubicada en la región intermontañosa de la zona Norte de la Cordillera Occidental de los Andes, entre los 3,100 y 4,200 msnm. Los procesos que dieron origen a la geomorfología del área de estudio están relacionados con la actividad volcánica pasada como agente formador y la erosión como agente modelador del terreno. La actividad volcánica se remonta a la edad del

Paleógeno – Neógeno (es decir una edad mayor a 5,000 millones de años) y consiste en lavas de composición andesítica – dacítica, así como flujos piroclásticos e ignimbritas.

Esta área se encuentra dominada por un paisaje altoandino típico, con presencia de laderas, faldas de cerros, cimas, pendientes convexas, pendientes cóncavas, planicies, afloramientos rocosos y zonas muy escarpadas; estas formas de relieve fueron originados por la acción de los agentes geotectónicos, deposicionales y erosivos que se diferencian notablemente no solo por sus rasgos fisiográficos, sino también por su cobertura de suelos y patrones de erosión propios de la sierra andina. El origen de estos ambientes geomorfológicos está muy ligado al proceso del levantamiento andino, así como al modelado por desgaste y transporte.

El relieve en general es montañoso y las pendientes varían desde ligeramente inclinadas (4-8%) en la zona de Cerro Negro y parte baja del cerro Quilish, hasta extremadamente empinadas (+75%) localizados sobre las laderas ubicadas en la parte alta de la quebrada Encajón. También se observan montañas elevadas y accidentadas, laderas empinadas y valles fluviales intermontañosos con pendientes entre moderadas (8-15%) a empinadas (50-75%), y una red de drenaje con formas que varían entre dendrítica y centrípeta, como se puede apreciar en las cuencas del río Shoclla y río Grande, respectivamente.

Los procesos que dieron origen a la geomorfología en la zona de estudio están relacionados con la actividad volcánica como agente formador y la erosión (principalmente glacial) como agente modelador del terreno. Estos procesos han dado como resultado los depósitos volcánicos, los valles fluvio-glaciares y la aparición de depósitos sedimentarios. Los procesos de erosión eólica e hídrica también se evidencian con la presencia de quebradas fluviales de carácter temporal y con las cumbres aplanadas.

La actividad antrópica ha modificado la configuración original del terreno, causando intensos cambios en el relieve y la geomorfología natural, soportando una pérdida de las geoformas originales a través de grandes movimientos de tierra. Estas modificaciones y movimientos de tierra se realizan en las actividades de excavación producto de la explotación del mineral en tajos, el apilamiento de material en pilas de lixiviación y depósitos de desmonte o suelo orgánico y modificaciones en las redes de drenaje natural.

El drenaje principal está constituido por la quebrada Honda, el río Azufre, río Grande, río Paccha y río Shoclla. La quebrada Honda se encuentra al Norte del área de estudio, y presenta una orientación Noroeste, asimismo, pertenece a la microcuenca del río Llaucano. El río Azufre se encuentra al Sureste del área de estudio, y presenta una orientación Norte – Sur, hasta la intersección con la quebrada Chaquicocha, para luego discurrir hacia el Sureste; este río pertenece a la microcuenca del río Chonta. El río Paccha se encuentra al Sureste del área de estudio y presente una orientación Norte – Sur. El río Grande se encuentra al Suroeste del área de estudio con una orientación Noroeste – Sureste; este río pertenece a la microcuenca del río Mashcón. En tanto el río Grande pertenece a la microcuenca del mismo nombre y presenta una orientación Noreste - Sureste.

### **Morfogénesis**

El área de estudio, presenta rasgos morfológicos que son el resultado de una larga evolución originada por factores tectónicos, procesos erosivos y deposicionales, los cuales han modelado el relieve hasta su estado actual, presenta zonas de origen fluvio-glacial, como consecuencia de las glaciaciones ocurridas durante el pleistoceno que han dado origen a deposiciones de materiales detríticos gruesos con carga de fragmentos de roca, gravas y gravillas de naturaleza volcánica, organizados en morrenas y depósitos fluvio-glaciares, que son testigos de eventos climáticos (glaciación) o geológicos (tectonismo, vulcanismo) que han intervenido en la formación del suelo. Asimismo, existen áreas que están formados sobre rocas de origen volcánico del terciario y sobre rocas sedimentarias del mesozoico.

Pese a que la estructura geológica se remonta en ciertos casos al Paleozoico, los aspectos geomorfológicos actuales tienen sus orígenes como máximo en el Terciario, luego del cual o tal vez simultáneamente a él, sobrevinieron varias etapas de levantamiento, el último de los cuales tiene lugar en tiempos plio-pleistocénicos, que eleva la superficie hasta la forma actual, dejando su relieve con volúmenes de rellenos aluviales y glaciales cuaternarios.

De esta manera, las acciones morfogenéticas acontecidas hasta las postrimerías del Terciario son las que han definido las macroformas fundamentales de la región, sobre todo del área de estudio, dando lugar a las altiplanicies y laderas colinosas montañosas. En cambio, las acciones morfodinámicas

subsiguientes, de edad cuaternaria, dieron las formas de detalle a estas macroformas. Finalmente, otro factor que contribuye a la modificación de la geomorfología local natural en el área de estudio es el cambio de uso del suelo impulsada fundamentalmente por la acción antrópica que viene transformando las áreas naturales en áreas extractivas; actividades que, por requerir movimiento constante de tierras, coadyuvan a la pérdida de geo-formaciones originales. Es importante indicar que la mayor extensión del área de estudio corresponde a áreas intervenidas, el cual alcanza las 5,403.08.08 ha, lo que representa el 63.6% de la superficie total del área de estudio (8,495.87 ha), producto de las actividades de extracción minera.

### **Unidades Geomorfológicas**

Las unidades geomorfológicas del área de estudio fueron clasificadas de acuerdo con los parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos; su representación cartográfica se puede observar en la Figura 3.2.2.2-1, *Mapa de Unidades Geomorfológicas*. Se han identificado dos unidades denominadas grandes paisajes, siendo el primero el gran paisaje Altiplanicie y el segundo el gran paisaje de Colinas Montañas.

El gran paisaje de Altiplanicie está conformado por altiplanicies de origen fluvio-glaciario y está representado por pequeñas superficies distribuidas dentro del área de estudio. En tanto, que el gran paisaje de Colinas Montañas comprende geoformas de aspecto accidentado, con la apariencia de ser moderadamente corrugadas. Este gran paisaje comprende los paisajes de Colina Fluvio-glaciario, de Colina de rocas volcánicas y de Colinas Volcánicas Sedimentarias. Para describir mejor estas geoformas se presenta la Figura 3.2.2.2-2, *Plano Topográfico*, donde se incorpora la red de drenaje actual, las curvas de nivel, las cotas de elevación e información de cartografía base.

A continuación, se presenta la Tabla 3.2.2.2-1, *Unidades Geomorfológicas en el Área de Estudio de la II MEIA*, donde se muestra el origen, la dominancia del paisaje, la simbología y la superficie de las unidades geomorfológicas.

**Tabla 3.2.2.2-1 Unidades Geomorfológicas en el Área de Estudio de la II MEIA**

Origen	Paisaje dominante	Unidad Geomorfológica	Símbolo	Superficie	
				Ha	%
Deposicional	Altiplanicie	Altiplanicie fluvioglaciar ligeramente inclinada	AFg-B	45.73	0.54
		Altiplanicie fluvioglaciar ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AFg-C	72.21	0.85
Erosional Deposicional		Altiplanicie volcánica ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AV-C	64.33	0.76
		Altiplanicie volcánica sedimentaria ligeramente inclinada	AVs-B	88.45	1.04
		Altiplanicie volcánica sedimentaria ligeramente inclinada a moderadamente empinada	AVs-C	442.64	5.21
Deposicional	Colina	Ladera de colina fluvioglaciar moderadamente empinada	LcFg-D	80.46	0.95
		Ladera de colina fluvioglaciar empinada	LcFg-E	171.52	2.02
		Ladera de colina fluvioglaciar muy empinada	LcFg-F	59.76	0.70
Estructural Erosional		Ladera de colina volcánica moderadamente empinada	LcV-D	42.90	0.50
		Ladera de colina volcánica empinada	LcV-E	54.59	0.64
		Ladera de colina volcánica sedimentaria moderadamente empinada	LcVs-D	742.08	8.73
		Ladera de colina volcánica sedimentaria empinada	LcVs-E	797.24	9.38
		Ladera de colina volcánica sedimentaria muy empinada	LcVs-F	343.76	4.05
		Ladera de colina volcánica sedimentaria extremadamente empinada	LcVs-G	60.44	0.71

Origen	Paisaje dominante	Unidad Geomorfológica	Símbolo	Superficie	
				Ha	%
Otras Unidades		Áreas de Intervención Minera	Aim	5,403.08	63.59
		Diques	Dq	14.18	0.17
		Cursos y Cuerpos de agua (ríos y lagunas)	Hdr	13.33	0.16
TOTAL				8,495.87	100.00
Fuente: Stantec, 2019					

Las características de las unidades geomorfológicas identificadas para cada uno de los paisajes dominantes en el área de estudio se presentan a continuación:

- **Altiplanicie**

Esta unidad geomorfológica abarca una extensión de 713.36 ha, que representa el 8.40% de la superficie total del ámbito de estudio (8,495.87 ha). Este gran paisaje comprende las unidades de Altiplanicie Fluvioglaciaria, Altiplanicie Volcánica y Altiplanicie Volcánica Sedimentaria, las cuales son descritas a continuación:



### Altiplanicie Fluvioglaciaria (AFg)

Son unidades de origen fluvioglaciaria que se manifiestan en su geoforma como pequeños valles fluviales típicos en U; son de forma un tanto alargadas y se encuentran encajonados por ladera de colina montañosa. Presentan pendientes que van desde ligeramente inclinadas (4-8%) a moderadamente empinadas (8-15%), los cuales se pueden ver en la Figura 3.2.2.2-3, *Mapa de Pendientes*. Litológicamente están constituidas por mezclas de gravas, arenas con cantos rodados, de formas predominantemente sub-angulosos a sub-redondeados. Cubren una extensión de 117.94 ha, equivalente al 1.39% del área en estudio (8,495.87 ha).

Las unidades se pueden localizar al Oeste del ámbito de estudio, próximo a las quebradas Canta, La Pajuela, Cushuro, Shillamayo, quebrada del Ciénega; existiendo tres unidades entre las quebradas Callejón y Encajón al Suroeste. Estas unidades se encuentran en altitudes que van desde 3,419 a 4,005 msnm, aproximadamente. Litológicamente están constituidas por gravas subredondeadas a subangulosas y por arenas que pertenecen al cuaternario holocénico; los procesos morfodinámicos están relacionados al transporte y depósito de materiales producto de la escorrentía superficial como consecuencia de las fuertes glaciaciones y precipitaciones pluviales, en la actualidad los procesos morfodinámicos activos están relacionados con la erosión hídrica. Esta unidad geomorfológica presenta un relieve ligeramente ondulado, con suelos superficiales, de clima frío, actualmente cubierto por pastos naturales de porte bajo y arbustos (ver Foto 3.2.2.2-1, *Altiplanicie Fluvioglaciaria*).

**Foto 3.2.2.2-1 Altiplanicie Fluvioglaciaria**



Unidad geomorfológica de Altiplanicie Fluvioglaciaria, localizada cerca del Campamento del Km 37.

### Altiplanicie Volcánica (AV)

Unidad geomorfológica de origen volcánico, cubre una extensión de 64.33 ha, equivalente al 0.76 % del área de estudio establecida para este componente ambiental. Debido a la configuración geográfica y litológica dos de las tres unidades están ubicados al Noreste del área de estudio entre las quebradas Colorado y Vizcacha; mientras que la otra unidad se localiza al Sureste, próximo a la naciente de la quebrada La Saccha. Las altitudes entre las que se encuentran estas unidades van desde los 3,944 a los 4,070 msnm.

Su litología está constituida por rocas volcánicas como las tobas, aglomerados y brechas pertenecientes al volcánico Huambos de la era Cenozoica, periodo Neógeno; presentan un relieve ligeramente ondulado, la pendiente dominante va desde ligeramente inclinada a moderadamente empinada (8-15%). Los suelos que presenta esta unidad son superficiales, actualmente están cubiertas por pastos naturales de porte bajo, en algunas ocasiones con presencia de pequeños afloramientos rocosos. Los procesos morfodinámicos están relacionados al transporte de materiales producto de la escorrentía superficial a consecuencia de las precipitaciones pluviales intensas (ver Foto 3.2.2.2-2, *Altiplanicie Volcánica*).

**Foto 3.2.2.2-2 Altiplanicie Volcánica****Altiplanicie Volcánica Sedimentaria (AVs)**

Forma parte de la unidad geomorfológica de Altiplanicie, está representado por unidades geomorfológicas ubicadas alrededor de la zona de intervención de la Unidad Minera Yanacocha, las altitudes sobre las que se encuentran estas unidades van desde los 3,501 a los 4,126 msnm. Estas unidades presentan una pendiente que va desde ligeramente inclinada (4-8%) a moderadamente empinada (8-15%).

Litológicamente está constituida por rocas volcánicas sedimentarias como las tobas, aglomerados y brechas pertenecientes al Volcánico San Pablo de la era Cenozoica, periodo Paleógeno; en general se encuentran formando parte de las laderas de colina. Presentan suelos superficiales y clima muy frío. La cobertura actual está constituida por pastos naturales, pastos cultivados, y arbustos ubicados sobre las riveras de las quebradas. Los procesos morfodinámicos están relacionados al transporte de materiales producto de la escorrentía superficial a consecuencia de las precipitaciones pluviales intensas, asimismo las actividades antrópicas relacionados a la extracción de mineral forma parte del proceso morfodinámico activo el cual está produciendo cambios en el relieve y en las geoformas originales. Esta unidad abarca una extensión de 531.09 ha, equivalente al 6.25% del área total de estudio (8,495.87 ha). En la Foto 3.2.2.2-3, *Altiplanicie Volcánica Sedimentaria*, se aprecia esta unidad geomorfológica.

**Foto 3.2.2.2-3 Altiplanicie Volcánica Sedimentaria**

Unidad geomorfológica de Altiplanicie Volcánica Sedimentaria, localizada cerca del Relleno del Tajo Maqui Maqui Norte.

- **Colina**

Esta unidad geomorfológica abarca la mayor extensión dentro del área de estudio, comprende una superficie de 2,352.75 ha, que representa el 27.68% de la superficie total del ámbito de estudio (8,495.87 ha). Este gran paisaje comprende las unidades de Ladera de Colina Fluvioglaciaria, Ladera de Colina Volcánica y Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria, las cuales se describen a continuación:

Ladera de Colina Fluvioglaciaria (LcFg)

Debido a la configuración actual del terreno dentro del área de estudio, el cual fue modificado por la intervención antrópica del paisaje natural causado por las actividades de la Unidad Minera Yanacocha, las unidades geomorfológicas de la ladera de colina fluvioglaciaria se encuentran localizadas en dos zonas claramente definidas; la primera zona se encuentra localizada cerca de las quebradas Canta, La Pajuela, Cushuro, Shillamayo y Ciénaga; mientras que la segunda zona se encuentra localizada cerca de las quebradas Callejón y Encajón, en altitudes que varían entre los 3,240 y 3,900 msnm.

Los procesos morfodinámicos están relacionados a la acumulación de materiales transportados por el agua de escorrentía proveniente de las fuertes precipitaciones y de los deshielos que ocurren en las partes altas de la zona de estudio; entre estos materiales se encuentra mezcla de gravas, arenas pertenecientes al cuaternario reciente de la era Cenozoica y de la época del Pleistoceno, generalmente formando una especie de lomadas. Actualmente los procesos morfodinámicos están relacionados también al transporte de materiales producto de la erosión hídrica. Esta unidad geomorfológica en general presenta un relieve accidentado con suelos superficiales y pendientes que varían de moderadamente empinada (15-25%) a muy empinada (50-75%), con fuerte riesgo de erosión, de clima muy frío. Se encuentra cubierta generalmente por pastos naturales de porte bajo y en ocasiones se pueden encontrar parches de vegetación arbustiva. Esta unidad geomorfológica abarca una extensión de 311.74 ha, equivalente al 3.67% del área total de estudio (8,495.87 ha). En la Foto 3.2.2.2-4, Ladera de Colina Fluvioglaciaria, se aprecia esta unidad geomorfológica.

**Foto 3.2.2.2-4 Ladera de Colina Fluvioglaciaria**



**Unidad geomorfológica de Ladera de Colina Fluvioglaciaria, localizada cerca del Relleno del Tajo San José.**

Laderas de Colina Volcánica (LcV)

Esta unidad de paisaje abarca una superficie de 97.49 ha, equivalente al 1.14% del área de estudio (8,495.87 ha); y se encuentran localizadas al Noreste, próximos a la quebrada La Quinua, sobre la naciente de las quebradas Vizcacha y Chaquicocha, zona influenciado por la presencia de bofedales. Las altitudes en las que se encuentran estas unidades geomorfológicas varían entre 3,750 y 4,100 msnm. Litológicamente se encuentran constituidas por rocas volcánicas como tobas, aglomerados y brechas correspondientes al volcánico Huambos de la era Cenozoica, periodo Neógeno.

Presentan un relieve ligeramente disectado, con pendientes que van desde moderadamente empinadas (15-25%) a empinadas (25-50%). Los procesos morfodinámicos en la actualidad están



relacionados a la actividad minera, esta unidad geomorfológica ha sufrido intensos cambios en el relieve y la geomorfología natural, soportando una pérdida de las geoformas originales a través de grandes movimientos de tierra. Los suelos que presenta esta unidad son muy superficiales y se encuentran cubiertas por pastos naturales de porte muy bajo con presencia de algunos afloramientos rocosos (ver Foto 3.2.2.2-5, *Ladera de Colina Volcánica*).

**Foto 3.2.2.2-5 Ladera de Colina Volcánica**



**Unidad geomorfológica de Ladera de Colina Volcánica, localizada cerca del Tajo Chaquicocha.**

#### Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria (LcVs)

Esta unidad geomorfológica abarca la mayor extensión dentro del área de estudio, presenta una superficie de 1,943.52 ha, equivalente al 22.87% de la superficie total del área de estudio (8,495.87 ha); y se localiza en zonas sin intervención minera. Las altitudes en que se ubica varían entre 3,400 y 4,150 msnm. Litológicamente están constituidas por tobas, aglomerados y brechas correspondientes al volcánico San Pablo de la era Cenozoica, periodo Paleógeno. Presenta un relieve moderadamente disectado, con signos de erosión en surcos; asimismo, estas unidades se caracterizan por tener suelos superficiales, con pendientes que varían desde moderadamente empinadas (15-25%) hasta extremadamente empinadas (> 75%).

Los procesos morfodinámicos están relacionados al transporte de materiales producto de las intensas precipitaciones, actualmente estos procesos están relacionados a las actividades antrópicas de explotación minera. Las unidades geomorfológicas de esta unidad se encuentran cubiertas con pastos naturales de porte bajo, vegetación arbustiva, plantaciones forestales y escasos afloramientos rocosos, los cuales se encuentran formando pequeños escarpes (ver Foto 3.2.2.2-6, *Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria*).

**Foto 3.2.2.2-6 Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria**

Unidad geomorfológica de Ladera de Colina Volcánica Sedimentaria, localizada cerca del Tajo Cerro Negro.

- **Otras Unidades**

Esta categoría se encuentra constituida por unidades de origen natural y antrópico, entre las unidades de origen natural se hallan los cursos de agua (ríos principales y secundarios) y las lagunas. En relación con las unidades de origen antrópico se presentan las Áreas intervenidas, los cuales abarcan una extensión de 5,402.25 ha, equivalente al 63.59% del área total de estudio (8,495.87 ha). Asimismo, dentro de la categoría Otras Unidades se ha incluido la superficie del espejo de agua formado por los diques. En general estas unidades abarcan una superficie de 5,429.76 ha, el cual equivale al 63.92% del área total de estudio (8,495.87 ha). En la Tabla 3.2.2.2-1, *Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio de la II MEIA*, se presenta la superficie por cada unidad considerada en esta categoría.

La configuración actual del terreno producto de las actividades antrópicas se puede observar en la Figura 3.2.2.2-4, *Perfil Topográfico A-A'* y en la Figura 3.2.2.2-5, *Perfil Topográfico B-B'*. Finalmente, en la Foto 3.2.2.2-7, *Áreas de Intervención Minera*, se aprecia esta unidad de origen entrópico.

**Foto 3.2.2.2-7 Áreas de Intervención Minera**

Pila Lixiviación Cerro Negro que forma parte de las unidades de origen antrópico localizado al Oeste del área de estudio.

**3.2.2.3 Geoquímica**

En la II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental (II MEIA) se plantea la construcción de dos nuevos depósitos de residuos mineros (depósito de desmonte Mirador y Depósitos de Relaves La Quinua), así como la modificación de componentes previamente aprobados: tajo Yanacocha, labores subterráneas



en Chaquicocha Subterráneo, la Pila de lixiviación Carachugo y la Planta de Procesos. En ese sentido, en la II MEIA se presenta la caracterización geoquímica del mineral, desmonte y residuos mineros producidos actualmente en la UM Yanacocha, los cuales ya fueron presentados y aprobados en IGA anteriores y recopilados como parte de la I MEIA aprobada mediante R.D. N° 0049-2019-SENACE-PE/DEAR. Adicionalmente, la II MEIA presenta la caracterización geoquímica de aquellos materiales nuevos que serán producidos como parte de la presente II MEIA.

Uno de los principales componentes de la II MEIA es el cambio en la disposición de relaves, los cuales ahora serán depositados como una mezcla. Por ende, en la II MEIA, MYSRL presenta la caracterización geoquímica de una muestra compuesta, originada al mezclar diferentes tipos de residuos de la actividad minera. Esta mezcla de relaves se encuentra compuesta por flotación de concentrados, la oxidación a presión y la extracción por solventes. El propósito de evaluar el comportamiento de la mezcla de relaves es integrar el tratamiento y disposición final de estos residuos y enmarcarlo como parte de las operaciones a través de la II MEIA.

### **Metodología**

Para los nuevos materiales y residuos que serán producidos como parte de las nuevas operaciones planificadas en la II MEIA, el equipo de Servicios Metalúrgicos de MYSRL ha desarrollado la caracterización geoquímica, cuyos detalles se presentan en la sección de Métodos Analíticos. Para el caso del mineral y residuos mineros actualmente producidos y que serán incluidos en las modificaciones propuestas en esta II MEIA, se ha efectuado la compilación y resumen de la caracterización geoquímica aprobada y contenida en los informes EIA ya aprobados.

Tanto la muestra compuesta de relaves como los minerales y residuos son sometidos a las mismas pruebas geoquímicas establecidas en los EIA, por lo cual a continuación se describen los ensayos requeridos por los Términos de Referencia elaborados para el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de Explotación, labor general, transporte y almacenamiento minero.

### **Métodos Analíticos**

Con la finalidad de evidenciar la generación de Drenaje Ácido de Roca (DAR) se realizaron ensayos cinéticos y estáticos. Para resaltar que la generación DAR es un proceso que se puede desarrollar de forma natural; sin embargo, su proceso se ve acelerado debido al proceso de facturación de la roca en la explotación de minerales.

#### **Ensayos Estáticos**

- Valor de Carbonato Neto (NCV).
- Ensayo de lixiviación a corto plazo (SPLP).
- Generación Ácida Neta (NAG).
- Ensayo mineralógico por difracción de rayos x (Rietveld XRD) y fluorescencia de Rayos X (XRF).

#### ***Valor de Carbonato Neto (NCV)***

De acuerdo con lo señalado por el Equipo de Servicios Metalúrgicos de MYSRL, los estudios geoquímicos desarrollados se orientan básicamente a ensayos de Valor de Carbonato Neto (NCV). Para determinar la potencialidad de generación de acidez se utilizan pruebas de conteo ácido base (ABA), las cuales miden el potencial neto de acidez a través de determinaciones independientes de generación de ácido y de potencial de neutralización. Existen una gran variedad de pruebas tipo ABA, las cuales se diferencian por las condiciones empleadas en cada una de ellas. El ensayo NCV se enmarca como una prueba tipo ABA, y tiene por ventaja que las mediciones necesarias se realizan de manera instrumental (LECO de carbono y azufre) y, además, el método está estandarizado con la Norma ASTM E1915 (INAP, 2014). El NCV se calcula a partir de la suma del Potencial de Neutralización Ácida (ANP) y el Potencial de Generación de Ácido (AGP).

$$\text{NCV} = \text{AGP} + \text{ANP}$$

El AGP refleja el porcentaje de azufre sulfuro en la muestra, y es expresado como %CO<sub>2</sub>, se calcula restando el azufre total (S<sub>total</sub>) menos el azufre residual de la pirólisis (S<sub>residual</sub>) y multiplicando por un factor de -1,37 para transformar el sulfuro del azufre en porcentaje de dióxido de carbono consumido. Cualquier valor positivo es sustituido con cero.

$$AGP = -1,37 \cdot (S_{total} - S_{residual})$$

El ANP refleja el porcentaje de carbono capaz de neutralizar ácidos (carbonatos) expresada en %CO<sub>2</sub> y se calcula restando el carbono total (C<sub>total</sub>) del carbón insoluble en ácido o CAI (C<sub>CAI</sub>) y multiplicado por un factor de 3,67 para convertir el carbono a porcentaje de dióxido de carbono. Cualquier negativo es sustituido con cero.

$$ANP = 3,67 \cdot (C_{total} - C_{CAI})$$

En función a los valores de NCV, AGP y ANP que se obtenga se puede predecir el comportamiento de la muestra en cuanto a drenaje ácido. En la Tabla 3.2.2.3.1, *Criterios de calificación según resultados*

**Tabla 3.2.2.3-1 Criterios de Calificación Según Resultados NCV**

Valor NCV	Clasificación
0.1 > NCV > -0.1 y ANP < 0.1 y AGP > -0.1	Inerte (I)
0.1 > NCV > -0.1 y (ANP > 0.1 o AGP < -0.1)	Neutral (N)
-0.1 ≥ NCV > -1	Ligeramente ácido (LA)
-1 ≥ NCV > -5	Moderadamente ácido (MA)
-5 ≥ NCV	Altamente ácido (AA)
0.1 ≤ NCV < 1	Ligeramente básico (LB)
1 ≤ NCV < 5	Moderadamente básico (MB)
5 ≤ NCV	Altamente básico (AB)
<p><b>Nota</b>            NCV: Valor de Carbonato Neto.            ANP: Potencial de Neutralización Ácida.            AGP: Potencial de Generación de Ácido.  <b>Fuente:</b>            Fuente: Norma ASTM E1915-11.            MYSRL.</p>	

#### Determinación analítica de AGP y ANP

A continuación, se presentan las diferentes metodologías empleadas para calcular los valores de S<sub>total</sub>, S<sub>residual</sub>, C<sub>total</sub> y C<sub>CAI</sub>, los cuales permiten determinar el AGP y el ANP. Adicionalmente, se presentan metodologías alternativas para calcular algunos de estos valores, con las que se confirman los resultados obtenidos.

#### Potencial de generación ácida (AGP)

**Pérdida por pirólisis (S<sub>TOT</sub>-SAP550):** el AGP para las muestras se estima de forma rutinaria con diferencia entre el azufre total y el azufre residual después de la pirólisis. Este método asume que los sulfuros generadores de ácido y el azufre elemental se pierden durante la pirólisis a 550 °C durante una hora, dejando los sulfatos no generadores de ácido en el residuo. El residuo se resta de la concentración total de azufre para determinar el contenido de sulfuro generador de ácido.

**Azufre pirítico (SHCl-SHNO<sub>3</sub>):** la estimación de AGP por el método de azufre pirítico utiliza la diferencia entre el residuo de la reacción con ácido clorhídrico y el residuo de azufre de la reacción con ácido nítrico, suponiendo que el ácido clorhídrico aísla la pirita de los otros minerales y el ácido nítrico disuelve la pirita.

**Azufre residual por carbonato de sodio (SCIS):** el AGP también se puede estimar por residuo de azufre con carbonato de sodio. Este método supone que el carbonato de sodio disuelve los minerales de sulfato que no se acidifican, dejando los sulfuros generadores de ácido en el residuo.

Los valores comparativos de AGP se presentan como %CO<sub>2</sub>, las conversiones se realizan multiplicando por -1,37 para los valores de % azufre y azufre sulfuro, y por -0,73 para pirita mineralógica (XRD). Los

resultados del ensayo para estos métodos de referencia se comparan con la mineralogía del azufre. Si no hay concordancia entre los métodos, entonces habrá incertidumbre en las conclusiones. Cuando los datos muestran potenciales problemas con los análisis de especiación de azufre, se confirma por mineralogía como la microscopía óptica.

#### Potencial de neutralización de ácido (ANP)

**Residuo de pirólisis (CAP550):** el ANP se estima de forma rutinaria para algunas muestras de mineral y desmante utilizando el carbono residual después de la pirólisis. Este método supone que las formas orgánicas de carbono se pierden durante la pirólisis a 550 °C durante una hora, dejando los carbonatos neutralizantes de ácido en el residuo. Este método se usa cuando no hay cantidades significativas de minerales de carbonato o carbono orgánico en las muestras, por ejemplo, cuando por actividades de perforación se contamina de aceites impide uso del resultado de carbono total.

**Residuo de Pérdida de Carbono por Ácido Clorhídrico (C\_TOT-CAI):** el ANP también se puede estimar por la diferencia entre el carbono total y el carbono residual de la reacción con ácido clorhídrico, suponiendo que los carbonatos capaces de neutralizar los ácidos se disuelven mediante el tratamiento con ácido, dejando solo el carbono orgánico sin capacidad para neutralizar en el residuo. Este método tiende a sobreestimar el potencial de neutralización de las muestras que contienen significativas cantidades de minerales de carbonato de hierro.

**Valoración de Neutralización Ácida con Correcciones de Acidez (ANPA):** el ANP también puede ser determinado por titulación con correcciones de acidez (ANPA), el cual no está especificado para minerales de carbonato y corrige los minerales de carbonato de metal. Se hace reaccionar una cantidad conocida de ácido con la muestra y la solución se trata con peróxido de hidrógeno para convertir los metales a la forma oxidada y el ácido residual se valora con una base estándar. Un resultado positivo indica que el material consumirá ácido y un resultado negativo indica que las sales ácidas netas ya están presentes en la muestra.

Los valores comparativos de ANP se presentan como %CO<sub>2</sub>, las conversiones se realizan multiplicando por 3,67 para valores de % de carbono y por 0,48 para dolomita, 0,41 para ankerita, 0,44 para calcita y 0,45 para siderita. Se usa un factor promedio de 0,45 para los valores de % de carbono en ankerita/dolomita, ya que los minerales se superponen en la detección de XRD.

#### Potencial Neto de Neutralización de Carbonato (NNPC)

Cuando la muestra contiene altas cantidades de carbonato de hierro y/u otras sales ácidas se sustituye la prueba NCV por el NNPC. La diferencia entre estas pruebas se encuentra en cómo calcular el potencial de neutralización. En la NNPC se utiliza el ANPA en sustitución del ANP. Los valores de NNPC rempazan a los de NCV. El carbonato de hierro no posee un significativo potencial neto de neutralización, pero eleva falsamente los valores de ANP para determinar NCV y las sales ácidas no son medidas en el estimado de AGP. La clasificación para el NNPC es similar a la del NCV por lo que se usan los mismos criterios mostrados en la Tabla 3.2.2.3-1, *Criterios de Calificación Según Resultados NCV*.

#### Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética (SPLP)

El SPLP es un método EPA (EPA 1312) empleado para evaluar el potencial de lixiviación de constituyentes inorgánicos desde materiales mineralizados o no mineralizados. Es un ensayo de corto tiempo que provee un análisis de la movilidad de los analitos inorgánicos, solubles en agua y presentes en la muestra. No es aplicable a sustancias orgánicas, materia volátil o muestras biológicamente activas.

El pH del fluido de extracción que se usa para esta prueba debe reflejar el pH en condiciones ácidas, por lo que se empleó un pH de 4,2 unidades, modificado según una mezcla de 60% de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y 40% de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Sin embargo, para muestras que contienen cianuro, se usa como fluido de extracción agua desionizada (en el método se conoce como fluido extractante # 3) porque la lixiviación de muestras que contenga cianuro en condiciones ácidas puede resultar en la formación del gas ácido cianhídrico (HCN) (EPA 1312, 1994).

Este método se realizó con la finalidad de evaluar la lixiviación a corto plazo. Un SPLP simula la disolución o lavado de todas las etapas de mineral soluble de una muestra al mismo tiempo. En consecuencia, esta prueba no está diseñada para simular procesos dependientes del tiempo, como la oxidación de sulfuro, por tanto, se usó el método de US EPA SW 846 (modificado) para una relación de líquido-sólido.

Los resultados de los ensayos de lixiviación de corto plazo incluyen la medición del pH y el análisis en el lixiviado, por medio de Espectrometría de Fuente de Plasma Inducido acoplado a un Espectrómetro de Masas (ICP-MS), de los siguientes parámetros: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, cadmio, calcio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, fósforo, potasio, selenio, silicio, plata, sodio, estroncio, azufre, estaño, talio, titanio, uranio, vanadio y zinc.

#### *Generación Ácida Neta (NAG)*

En el ensayo NAG las muestras se hacen reaccionar con una solución de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) durante toda la noche, con la finalidad de determinar la presencia de minerales de sulfuros reactivos. Los sulfuros reactivos son oxidados a ácido sulfúrico el cual reacciona con los constituyentes del material que son capaces de neutralizarlo; el resultado neto será generador de ácido o neutralizador de ácido. Valores de pH finales menores a 4,5 confirman la presencia sulfuros reactivos. La solución lixiviada es colectada para determinar el pH y analizarla por ICP-MS para determinar la lixiviación de los metales en esas condiciones.

El procedimiento de NAG consiste en agregar 50 mL de peróxido de hidrógeno al 15% a 0,25 g de muestra y dejarlo en agitación por 24 horas a temperatura ambiente. Luego se coloca en una plancha caliente a 90°C por 80 minutos para asegurar una reacción completa, y posteriormente se afora a 25 mL con agua desionizada para finalmente medir el pH final. La solución de  $H_2O_2$  debe tener un pH de 4,5 antes de ser agregado a la muestra.

La clasificación de los valores de pH de la prueba NAG es:

- No formación de ácido (NAF en sus siglas en inglés): una muestra usualmente se define como NAF o Non-PAG (no generador potencial de acidez), cuando tiene un pH final de la prueba NAG  $pH > 4,5$ .
- Potencial de formación de ácido (PAF en sus siglas en inglés): una muestra usualmente se define como PAF o PAG, cuando tiene un pH final de la prueba NAG  $pH < 4,5$  (Price, 2009).

#### *Ensayo mineralógico por difracción de rayos x (Rietveld XRD) y fluorescencia de Rayos X (XRF)*

Los análisis de los elementos mayoritarios por Fluorescencia de Rayos X (XRF) se realizaron para evaluar la composición en fase sólida de cada muestra. Esto proporciona una base para la evaluación de las variaciones composicionales de los tipos de materiales (por ejemplo, litología de estériles y tipos de alteración) que se encontrarán durante el Proyecto.

Por otro lado, los ensayos mineralógicos semicuantitativos (Rietveld XRD) se efectúan para identificar la composición mineralógica primaria del material de ensayo. Los resultados de estos análisis pueden ser utilizados para verificar los resultados químicos en la fase sólida, así como la capacidad del PA y de neutralización.

Este método permite una caracterización de la composición mineralógica de cada muestra hasta ligeramente menos de 1% del contenido de una fase dada de mineral cristalino. La prueba XRD no puede ser utilizada para identificar fases minerales amorfas.

#### Ensayos Cinéticos

- Celdas de Humedad (HCT).
- Producción de Ácido por Potencial Biológico (BAPP).
- Columnas Expuestas a la Intemperie (WRC).

#### *Celdas de Humedad (HCT)*

La prueba cinética de celdas de humedad corresponde a un ensayo ambiental aplicado de acuerdo con la norma ASTM D5744. Esta prueba está diseñada para producir una aceleración en la degradación natural de las muestras sólidas potencialmente generadoras de ácido y de esta manera disminuir el

tiempo necesario para obtener los parámetros requeridos de las soluciones generadas producto de esta meteorización. El procedimiento operativo de la celda de humedad es cíclico, durante el cual la muestra se somete a 3 días de permeación de aire seco, 3 días de permeación de aire húmedo (saturado con agua) y 1 día de lavado con agua (con un volumen fijo de agua) (Jacobs *et al.*, 2014).

El ensayo de Celda de Humedad simula las condiciones climáticas a escala de laboratorio de forma controlada, en ella la mineralización de una muestra es promovida mediante los ciclos de aire húmedo y seco con el fin de simular la lixiviación. Semanalmente se colectan soluciones producto de las inundaciones, las soluciones resultantes se filtran y analizan para observar la evolución de los parámetros de interés (pH, metales, acidez, alcalinidad, etc.). La prueba determina el tiempo o la velocidad de generación de soluciones ácidas y la calidad del agua resultante a lo largo de 20 semanas de prueba o hasta que se obtengan condiciones químicas estables. En esta prueba se emplea una granulometría más fina que la del terreno, lo cual sumado al volumen de agua aplicado permiten maximizar la humidificación de la muestra, lo cual no ocurre en el proceso de degradación natural. De esta manera, los resultados obtenidos durante la aplicación de la prueba son más extremos en comparación a un proceso natural, lo que también se extiende a los metales disueltos en las soluciones lixiviadas que tendrán una mayor concentración que las aguas generadas en terreno.

#### *Producción de Ácido por Potencial Biológico (BAPP)*

La prueba de producción de ácido por potencial biológico (BAPP) está basada en la oxidación de minerales sulfurados por acción de la bacteria *Acidithiobacillus ferrooxidans*. El objetivo de la prueba es determinar si la bacteria puede generar suficiente ácido sulfúrico de la oxidación de los sulfuros para superar la capacidad de neutralización de las muestras y mantener condiciones ácidas. La presencia de minerales con carbonatos neutraliza el ácido producido por la oxidación del sulfuro, de esta manera se mantienen las condiciones no favorables para el crecimiento de las bacterias acidófilas, oxidación de hierro y sulfuros. Poca o ninguna mineralización de carbonatos da como resultado condiciones ácidas que favorecen el crecimiento microbiano, creando condiciones para la oxidación auto sostenida y la lixiviación de metales. La solución resultante se somete a análisis de metales para determinar la lixiviablez en estas condiciones.

El procedimiento para BAPP consistió en agregar Ácido Sulfúrico (0,1 N) para establecer un rango de pH entre 2,5 y 2,8. Se inoculó bacterias de *Acidithiobacillus ferrooxidans* a una muestra de 30 g, se adicionó 70 mL de solución MKM (Medio Modificado de Kelly) y se puso en agitación en un incubador a una temperatura de 35 °C. La concentración del metal de hierro disuelto en la solución fue usada como indicador de la actividad bacteriana. Los matraces de prueba fueron controlados dos veces por semana hasta que cese la actividad microbiológica, es decir cuando el pH, ORP (Eh) y la concentración de hierro permanecen constantes.

Cuando la actividad bacteriana terminó, se añadieron 15 g de muestra adicional, finamente molida y se incubó por 24 horas. El criterio para terminar la prueba está en función al pH, si este excede a 3,5, la prueba finaliza y es negativa, en cambio si el pH es 3,5 o menos se vuelven a añadir 15 g de muestra y la incubación continúa durante 24 horas adicionales; después de este tiempo si el pH es menor que 3,5 o mayor que 4 la incubación continua durante 18 horas adicionales y se registra el pH final.

La prueba BAPP representa el potencial microbiano del mineral para generar ácido. Si las bacterias se mantienen en la muestra, existe una gran posibilidad de que se genere un drenaje ácido en la unidad de desmonte que se está caracterizando. Si se produce ácido insuficiente, el pH de la solución se aproximará al pH natural (por encima de 3,5) y se determina que la muestra no produce ácido. Si la solución permanece por debajo de 3,5, entonces existe una gran posibilidad de que la muestra sea un productor de ácido. Por lo tanto, el criterio de clasificación del ensayo BAPP es:

- pH<3,5, es positiva la generación de ácido.
- pH≥3,5, es negativa la generación de ácido.

#### *Columnas Expuestas a la Intemperie (WRC)*

La intención de realizar el ensayo WRC es caracterizar las rocas de desmonte para determinar la generación de acidez, neutralización y potencial de lixiviación de los metales contenidos en la roca de desmonte, así como también las características químicas de los sólidos y posibles impactos de la solución de escorrentía, filtraciones y agua subterránea de las rocas almacenadas en el depósito de desmonte en la ingeniería de instalación de desmonte o en la superficie de las paredes de una fosa.



Adicionalmente, las columnas expuestas a la intemperie se realizan para determinar el comportamiento cinético de la roca estéril, el mineral o los relaves almacenados en la superficie, expuestos al ambiente. En cualquier caso, el objetivo es monitorear la calidad del agua (lixiviados) con el tiempo por muestreo cíclico (mensual). A diferencia del procedimiento de celda de humedad, hay poca o ninguna estandarización del procedimiento de trabajo de prueba de columna, lo que permite una flexibilidad considerable. Esta flexibilidad permite que la operación de columna sea altamente específica del sitio o material con respecto al tamaño de partícula y rango de tamaño del material (que para roca de desecho, mineral o núcleo de perforación de generalmente mayor tamaño que la utilizada para las pruebas de humedad, pero menos que las condiciones del sitio), masa de muestra, infiltración de agua o caudal y grado de oxigenación (Jacobs *et al.*, 2014).

Estas pruebas solo fueron realizadas para material proveniente del Tajo Yanacocha Etapa 2 (Yanacocha Verde) y aprobadas en la I MEIA. Las columnas fueron monitoreadas mensualmente bajo el procedimiento "Waste Rock Columns" establecido por Karen Tempel (Metalurgista de Newmont Metallurgical Service).

Las muestras se colocaron en tubos PVC de 6 pulgadas, las mismas fueron secadas y trituradas a la siguiente granulometría:  $\frac{3}{4}$  de pulgada,  $\frac{1}{2}$  de pulgada,  $\frac{1}{4}$  de pulgada, 8, 14, 30, 50, 100 y -100 mallas y se mezclaron en diferentes proporciones el peso de estas fracciones fue registrado para posteriores cálculos. Las columnas a la intemperie lixiviaron con agua de lluvia bajo las condiciones ambientales, tomándose muestras mensualmente basadas en el volumen descargado generado por infiltración de agua de lluvia, en las cuales se efectuaron mediciones y análisis de pH, conductividad, temperatura, Eh, sulfato, mercurio y metales totales, a través de ICP-MS.

### Muestreo

La muestra compuesta o compósito es producto de la mezcla de descarga de autoclaves, relaves de flotación y lodo generado de la actividad de la planta piloto operada por la empresa Hazen Labs. Adicionalmente, en esta II MEIA se proponen también modificaciones del diseño o ampliaciones, de los siguientes componentes:

- Modificación Tajo Chaquicocha - Etapa 3
- Modificación Chaquicocha Subterráneo
- Modificación del Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) La Quinua 2 - Etapa 2
- Modificación del Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo - Etapa 3
- Creación del Depósito de Desmonte - Mirador
- Modificación de la Pila de Lixiviación Carachugo – Etapa 14
- Modificación Planta de Proceso La Quinua
- Creación del Depósito de Relaves La Quinua
- Modificación del Depósito de Arenas de Molienda - Fase Norte y Sur
- Cambio de Cronograma del Depósito de Relaves Pampa Larga, Planta AWTP, EWTP y CIC

A continuación, en la Tabla 3.2.2.3-2, *Resumen de Materiales Analizados*, se presenta el resumen de los tajos y materiales en general, que son parte del material a depositar o que ya se encuentra depositado en las modificaciones de los componentes previstos en esta II MEIA. También se incluye en esta tabla la descripción de los ensayos realizados a la muestra compuesta de relaves.

**Tabla 3.2.2.3-2 Resumen de Materiales Analizados**

Componente	Etapas	Unidades Geológicas	Proceso del material	Muestreo	Pruebas estáticas	Pruebas cinéticas
La Quinua 3	-	Silica masiva	Mineral	61 sondajes	495 NCV	-
		Silica masiva granular				
		Silica masiva vuggy	Desmonte		491 NCV	-

Componente	Etapas	Unidades Geológicas	Proceso del material	Muestreo	Pruebas estáticas	Pruebas cinéticas
		Silica granular				
La Quinua Sur Robust layback	-	Grava de secuencia inferior (LSG)	Mineral	29 sondajes	351 NCV	-
		Grava de secuencia superior (USG)	Desmonte			
Tajo Chaquicocha	Etapa 2	Silica vuggy	Mineral	293 sondajes	2885 NCV	-
		Silica granular			10 SPLP	
		Silica masiva	Desmonte		818 NCV	
		Silica granular			7 SPLP	
	Etapa 3	Silica clay	Mineral	488 sondajes	5293 NCV	-
		Silica alunita			11 SPLP	
		Silica masiva	Desmonte		3510 NCV	
		Silica vuggy			36 SPLP	
	Etapa 4	Mineral óxido	Mineral	66 sondajes	625 NCV	-
					9 SPLP	
			Desmonte		200 NCV	
					6 SPLP	
Chaquicocha subterráneo	-	LA Teut	Mineral	82 sondajes	81 NCV	-
			Desmonte		5 NCV	
			Mineral	14 sondajes	6 SPLP	-
			Desmonte		8 SPLP	
			Desmonte	7 sondajes	8 NCV	8 HCT
Tajo Maqui Maqui Sur	Etapa 2	Mineral óxido	Mineral	566 sondajes	3468 NCV	-
		Mineral sulfurado			9SPLP	
		Sílice masiva	Desmonte		722 NCV	-
		Sílice vuggy			4 SPLP	
Plataforma de lixiviación Carachugo	No aplica (ripios)		Disposición	14 sondajes	47 NCV 20 SPLP	-
Tajo Yanacocha Verde	Etapa 2	BXP	Desmonte	22 sondajes	20 NCV	20 HCT
		BXPM			20 NAG	20 BAPP
		LA			20 SPLP	-
		Tft		17 sondajes	-	17 WRDC
		Upha				
		Ypq				
		Ypq-E				
Tajo Carachugo Marleny Norte	-	Sílice alunita	Mineral	9 sondajes	50 NCV	-
		Sílice masiva			4 SPLP	
		Silica granular	Desmonte		193 NCV	

Componente	Etapas	Unidades Geológicas	Proceso del material	Muestreo	Pruebas estáticas	Pruebas cinéticas	
(Carachugo SP-1)		Sílice vuggy			2 SPLP		
Tajo Carachugo	Fase 3	Sílice masiva	Mineral	8 sondajes	40 NCV	-	
		Sílice granular					
		Sílice vuggy					
		Sílice masiva	Desmonte		37 NCV	-	
		Sílice granular					
		Sílice vuggy					
		Sílice masiva	Óxido lixiviado	6 sondajes	8 NCV	8 BAPP	
		Sílice vuggy			8 NAG		
					8 SPLP		
		Sílice masiva	Desmonte	7 sondajes	7 NCV	7 BAPP	
		Sílice granular			7 NAG		
		Fill			7 SPLP		
Relaves y Descargas de Autoclaves Sulfuros Yanacocha	No aplica (ripios)		Descarga de autoclaves	12 muestras	12 NCV	-	
					12 NAG		
					12 SPLP		
					12GAI		
					12 DRX		
Muestra compuesta (Comp 1/3/5 CN + Flot Tails)			Relaves de flotación	7 muestras	7 NCV	-	
					7 NAG		
					7 SPLP		
					7GAI		
			Comp 5 CN LR Comp 1/3 Relaves de Flotación	1 muestra	7 DRX	-	
					1 NCV		-
					1 SPLP		
					1 NAG		
					1 DRX		
Muestras Compuestas (MT)			Compósitos MT	12 muestras	-	HCT	
<b>Notas:</b> BXP: Brecha Freática. BXPm: Brecha Freatomagmática. LA: Secuencia andesítica basal. Teut: Unidad Piroclástica con textura Eutaxítica. Tff: Tufo eutaxítico fino laminado a nivel local con aislados sedimentos epiclásticos y lacustrinos. Upha: Domos y flujos andesíticos. Ypq: Pórfido Yanacocha con cuarzo. Ypq-E Pórfido Yanacocha con cuarzo-Temprano. USJ: Fragmentos líticos alterados. <b>Fuente:</b> MYSRL, 2018.							

Para el análisis de metales y especies químicas se realizó la comparación con los valores Límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM. Para aquellas especies que no poseen un LMP se emplearon los valores de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para (ECA) agua, DS N° 004-2017-MINAM, considerando el agua lixiviada de categoría 3, es decir, de uso para riego de vegetales de tallo alto y bajo y bebida para animales. De esta manera, se comparan los valores promedios con las normativas vigentes, resaltando con colores los valores que estén sobre los límites permitidos hasta 10 veces, los que estén entre 10 a 100 veces y los que estén por encima de 100 veces,

según sea el caso. En el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica* - Anexo E.1 se encuentra el informe de Control y Aseguramiento de Calidad Analítica (QA/QC). El control y aseguramiento de calidad aplicado consistió en muestras blanco, duplicados y control de preparación de compósitos.

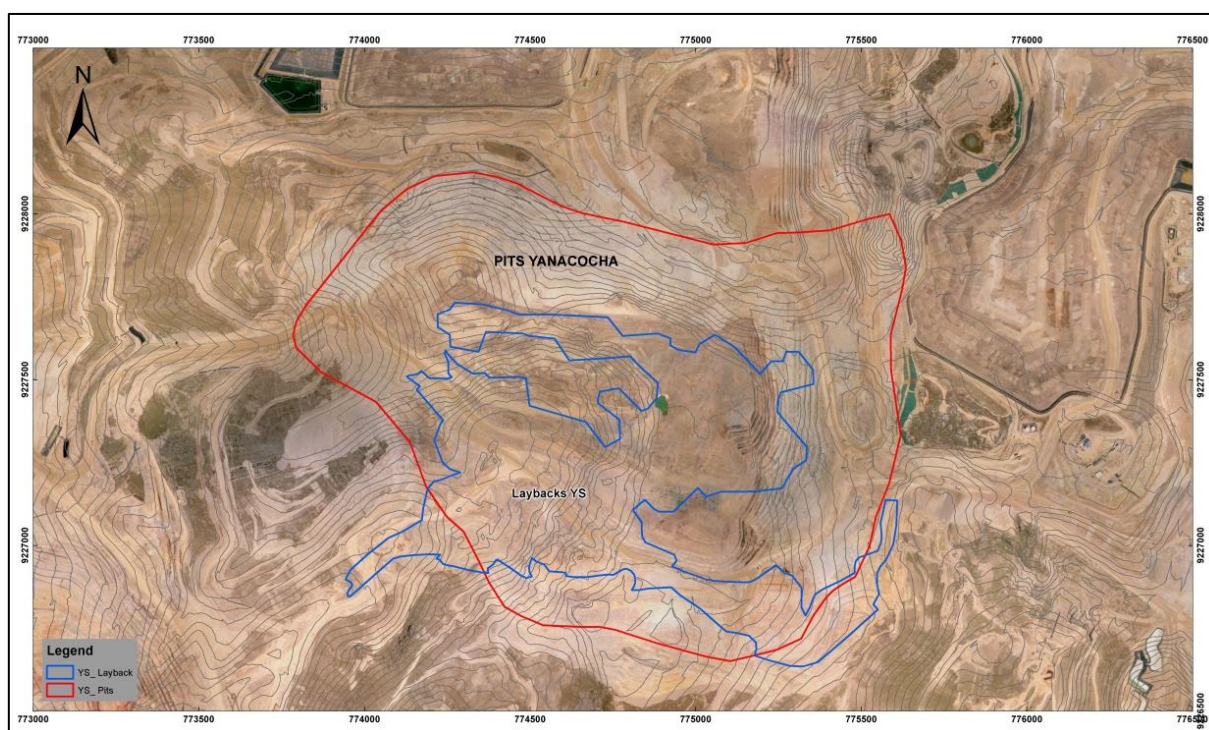
A continuación, se detalla la metodología de muestreo para la caracterización geoquímica de cada material que conforma los componentes estudiados en esta II MEIA.

#### Desmante y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha Sur Layback (YSL)

El desmante de este Tajo será depositado en el Relleno La Quinua, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM.

El depósito Yanacocha Sur Layback está ubicado aproximadamente a unos 20 km al norte de la ciudad de Cajamarca y se accede mediante una carretera de 49 km conformada principalmente por asfalto y trochas carrozables. El Tajo Yanacocha Sur Layback (YSL) forma parte del Complejo Cerro Yanacocha (Figura 3.2.2.3-1, *Ubicación de Yanacocha Layback en el interior del Tajo Yanacocha Sur*). El Tajo Yanacocha Sur Layback se encuentra conformado por la pared sur del actual tajo Yanacocha Sur, y se ha clasificado como un depósito de oro de alta sulfuración que contiene 0.548 Mozs de oro como PEM (mineralización económicamente potencial).

**Figura 3.2.2.3-1 Ubicación de Yanacocha Layback en el interior del Tajo Yanacocha Sur**



Fuente: MYSRL.

Tres grupos litológicos principales se han definido en el Cerro Yanacocha. La andesita basal está conformada por una secuencia de tufos de cristales andesíticos con hornblenda y hornblenda-biotita, tufos de cristales líticos y flujos. Por encima de la andesita inferior se tienen tres unidades líticas estratificadas y de tufo de cristal: Un tufo eutaxítico fino laminado a nivel local con aislados sedimentos epiclásticos y lacustrinos (TFT), una consecuencia de tufo de rico en cristales con débil presencia de ignimbritas (Teut), y una secuencia de tufo de cristales andesítico con hornblenda con abundantes fragmentos líticos alterados localmente (USJ). El depósito de Cerro Yanacocha Sur está cubierto por flujos de andesita rica en cristales de plagioclasa, conocido como el pórfido Yanacocha (Yp). Estas rocas volcánicas están cortadas por una múltiple serie de fases de brechas freáticas, hidrotermales e intrusivas. Además, al menos tres fases de intrusivos de andesita a tonalita cortan la secuencia volcánica. Un último evento multi-fase de brecha intrusiva (Yanacocha Diatrema) muy extensa corta todas las unidades volcánicas descritas anteriormente. El tren noroeste controlado por la falla Diablo-Pacífico controla el emplazamiento del Pórfido Yanacocha y brechas intrusivas multi-fase tardías (Yanacocha diatrema).

La alteración tipo ácido-sulfato en el Cerro Yanacocha ha generado la formación de grandes volúmenes de sílice residual, con menores cantidades de alteración argílica avanzada y argílica. La parte superior del depósito que alberga la mineralización principal está dominada por la alteración sílicea, principalmente por presencia de sílice masiva, con sílice granular y sílice porosa limitado a pequeños cuerpos. Los niveles medio e inferior del depósito están dominados por la alteración argílica avanzada, incluyen sílice-alunita, sílice-pirofilita y sílice-diáspora. Las alteraciones argílica y propilítica se encuentran en los flancos del depósito.

Se realizaron 155 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas de 37 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad. Para desmonte se realizaron 31 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 124 ensayos.

La Tabla 3.2.2.3-3, *Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV*, muestra los taladros con los intervalos desde donde se extrajeron muestras para los ensayos de Azufre y Carbono con los cuales se estimó los valores NCV para mineral y desmonte.

**Tabla 3.2.2.3-3 Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV**

Mineral			Desmonte		
Taladro	Desde	Hasta	Taladro	Desde	Hasta
YS-004	498	504	YS-004	462	498
YS-035	264	302	YS-0002	20	29
YS-0002	0	20	YS-1019	25	70
YS-0004	2.7	10	YS-1033	16.8	22
YS-0011	85.35	170	YS-1035	40	60
YS-0017	42	80	YS-860	0	40
YS-0019	30.2	80	YS-866	140	155.3
YS-0021	40	60	YS-904	100.2	110
YS-0022	10	50	YS-921	42	162.8
YS-0035	30	40	YS-923	0	20
YS-0038	30	50	YS-925	90	110
YS-0042	27.35	33.25	YS-967	10	30
YS-0058	18	50			
YS-0062	12	20			
YS-0066	4	50			
YS-857	120	140			
YS-859	79.9	100.65			
YS-860	40	69.5			
YS-866	136	146			
YS-869	30	70.4			
YS-874	20	70			
YS-892	16	36			
YS-904	110	128			
YS-915	80.55	100			
YS-917	20.6	69.55			
YS-921	82	151.55			
YS-922	62	142			
YS-923	20	49.7			
YS-924	0	70			
YS-925	80.5	140			
YS-940	30.7	70			
YS-952	0	30			



Mineral			Desmante		
Taladro	Desde	Hasta	Taladro	Desde	Hasta
YS-955	9.65	30			
YS-962	10	60			
YS-967	0	10			
YS-991	3	39.4			
Fuente: MYSRL.					

#### Desmante y Mineral Proveniente del Tajo La Quinua 3

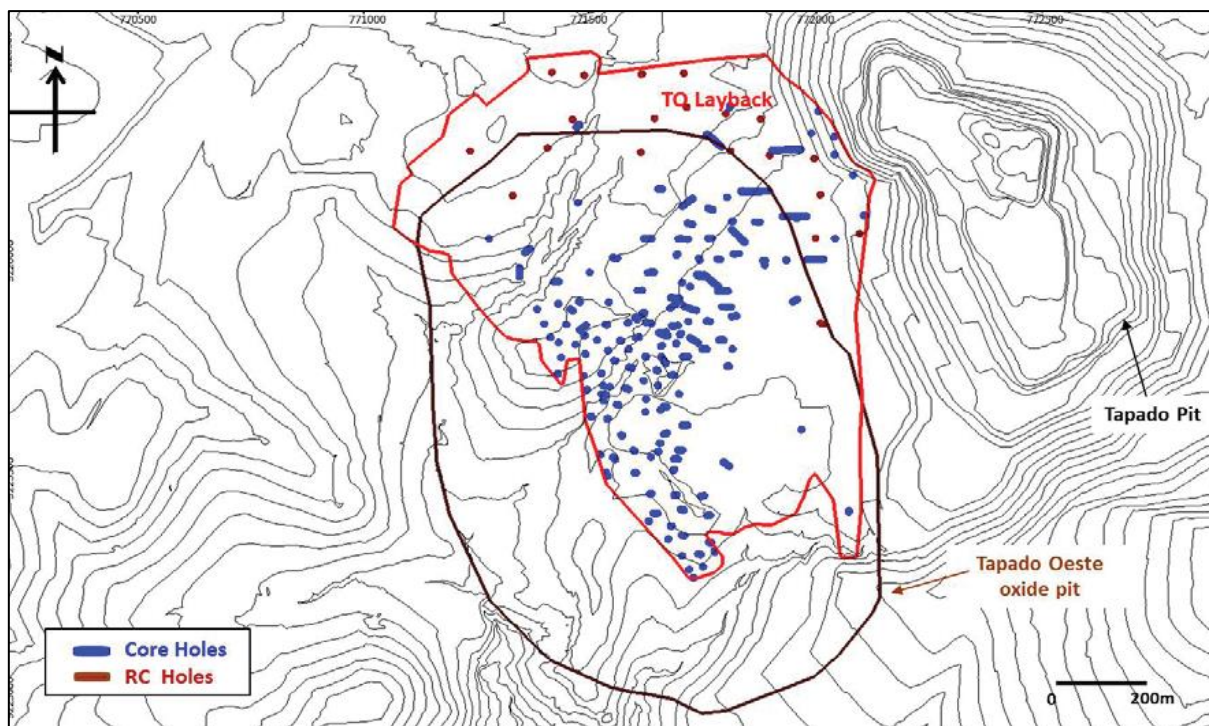
El desmante de este Tajo será depositado en el Relleno La Quinua, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM.

Se realizaron 986 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas de 61 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad. Para el caso de los desmontes, se realizaron 491 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 495 ensayos.

#### Mineral

La Tabla 3.2.2.3-4, *Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Mineral*, muestra los taladros con los intervalos desde donde se extrajeron muestras para los ensayos de Azufre y Carbono con los cuales se estimó los valores NCV. La distribución de los taladros se aprecia también en la Figura 3.2.2.3-2, *Mapa de Ubicación de Taladros en el Tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste Layback)*.

**Figura 3.2.2.3-2 Mapa de Ubicación de Taladros en el Tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste Layback)**



Fuente: MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-4 Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Mineral

No.	Hole_Id	Easting	Northing	Elevation	Td
1	COR-009	11640.87	25590.57	3,562.68	437.65
2	COR-014	11441.91	25848.80	3,568.30	342.75
3	COR-020	11797.33	26057.18	3,593.21	513.00
4	COR-022	11560.00	25650.00	3,536.00	500.70
5	COR-023	11724.11	25896.42	3,574.16	442.35
6	COR-060	11775.17	25500.30	3,559.75	390.55
7	LQ-1031	13153.02	25711.34	3,715.76	231.10
8	LQ-1032	13053.86	25575.12	3,699.96	200.00
9	LQ-1046	13073.95	25700.12	3,697.34	215.05
10	LQ-1047	13100.02	25641.66	3,708.98	220.45
11	LQ-944	12109.98	26150.01	3,602.07	200.00
12	TAP-027	11702.51	25987.82	3,584.45	514.60
13	TAP-109	12560.35	26146.43	3,677.07	451.95
14	TAP-123	12618.96	26104.09	3,695.38	500.00
15	TAP-127	12618.24	25951.76	3,677.25	430.45
16	TAP-128	12640.76	26000.29	3,685.16	452.10
17	TAP-132	12710.59	25799.88	3,673.50	370.50
18	TAP-142	12545.31	26050.41	3,680.01	524.45
19	TAP-145	12642.19	26049.47	3,690.43	411.20
20	TAP-148	12590.17	25002.04	3,677.91	443.65
21	TAP-149	12710.42	25749.97	3,668.78	336.75
22	TAP-156	12562.77	26196.01	3,695.51	436.75
23	TAP-158	12637.18	25900.01	3,675.37	356.65
24	TAP-161	12666.15	25801.32	3,667.68	340.05
25	TAP-163	12660.10	25849.79	3,671.18	356.60
26	TAP-205	11777.15	26249.60	3,576.29	374.95
27	TO-013	11676.01	25569.87	3,569.93	325.00
28	TO-016	11448.21	25752.67	3,572.95	280.00
29	TO-018	11742.54	25885.38	3,561.26	356.55
30	TO-020	11509.82	25778.42	3,570.60	280.00
31	TO-023	11530.91	25656.33	3,547.17	313.35
32	TO-024	11596.15	25773.93	3,561.21	294.90
33	TO-026	11740.68	25218.62	1,517.94	428.70
34	TO-029	11709.69	25746.07	3,561.77	344.50
35	TO-030	11596.40	25735.20	3,547.05	312.60
36	TO-032	11555.69	25452.07	3,532.30	330.50
37	TO-033	11640.06	25658.01	3,546.87	336.90
38	TO-034	11739.20	25800.89	3,562.82	370.00
39	TO-035	11656.05	25330.24	3,526.80	350.00
40	TO-036	11670.04	25741.57	3,551.23	350.00
41	TO-037	11695.92	25289.53	3,526.40	344.80
Fuente: MYSRL.					

## Desmante

La Tabla 3.2.2.3-5, *Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Desmante*, muestra los taladros con los intervalos desde donde se extrajeron muestras para los ensayos de Azufre y Carbono con los cuales se estimó los valores NCV.

**Tabla 3.2.2.3-5 Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV – Desmante**

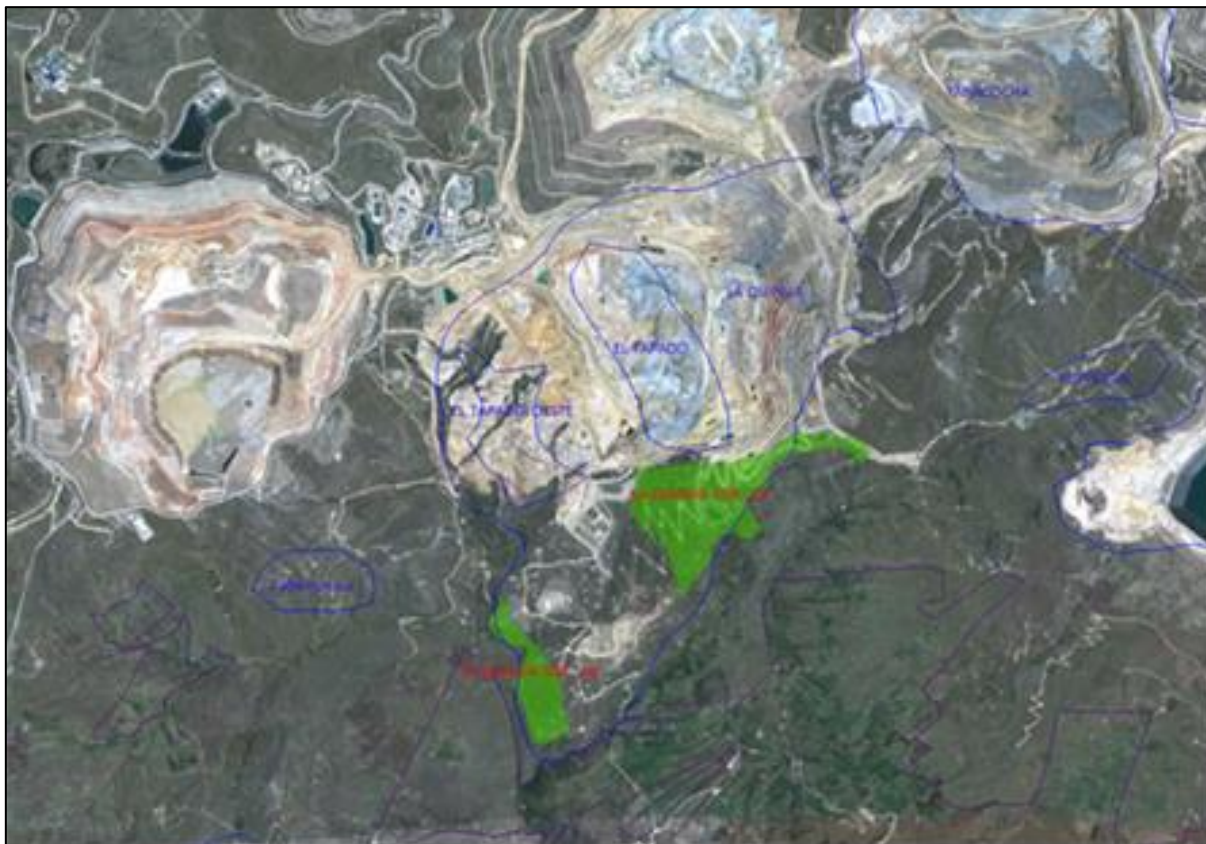
N°	Hole_Id	Easting	Northing	Elevation	Td	N°	Hole_Id	Easting	Northing	Elevation	Td
1	COR-004	11749.66	25627.42	3,571.74	389.20	32	TAP-146	12568.23	26097.82	3,679.27	412.35
2	COR-008	11514.75	25920.38	3,572.49	360.45	33	TAP-148	12590.17	26002.04	3,677.91	443.65
3	COR-009	11640.87	25590.57	3,562.68	437.65	34	TAP-149	12710.42	25749.97	3,668.78	336.75
4	COR-012	11959.59	25949.81	3,599.98	504.80	35	TAP-156	12562.77	26196.01	3,695.51	436.75
5	COR-014	11441.91	25848.80	3,568.30	342.75	36	TAP-158	12637.18	25900.01	3,675.37	356.65
6	COR-015	11487.27	26084.83	3,569.96	492.25	37	TAP-161	12666.15	25801.32	3,667.68	340.05
7	COR-020	11797.33	26057.18	3,593.21	513.00	38	TAP-163	12660.10	25849.79	3,671.18	356.60
8	COR-022	11560.00	25650.00	3,536.00	500.70	39	TAP-183	11960.91	25843.32	3,570.64	415.70
9	COR-023	11724.11	25896.42	3,574.16	442.35	40	TAP-184	12381.07	25562.19	3,609.54	366.30
10	COR-032	11787.76	26129.86	3,601.66	403.95	41	TAP-186	12790.69	26049.90	3,599.75	367.85
11	COR-039	11650.05	25466.10	3,548.11	364.10	42	TAP-193	12775.93	25841.95	3,575.28	314.85
12	COR-046	11820.55	25704.88	3,577.36	423.35	43	TAP-200	12698.46	25982.57	3,528.34	260.00
13	COR-060	11775.17	25500.30	3,559.75	390.55	44	TAP-205	11777.15	26249.60	3,576.29	374.95
14	COR-064	11869.24	25696.62	3,579.46	400.00	45	TO-008	11792.37	25187.93	3,508.96	444.10
15	LQ-1031	13153.02	25711.34	3,715.76	231.10	46	TO-013	11676.01	25569.87	3,569.93	325.00
16	LQ-1032	13053.86	25575.12	3,699.96	200.00	47	TO-016	11448.21	25752.67	3,572.95	280.00
17	LQ-1046	13073.95	25700.12	3,697.34	215.05	48	TO-018	11742.54	25885.38	3,561.26	356.55
18	LQ-1047	13100.02	25641.66	3,708.98	220.45	49	TO-020	11509.82	25778.42	3,570.60	280.00
19	LQ-1152	11994.40	25549.80	3,563.58	115.00	50	TO-023	11530.91	25656.33	3,547.17	313.35
20	LQ-1166	11287.32	26000.22	3,570.16	82.20	51	TO-024	11598.15	25773.93	3,561.21	294.90
21	LQ-944	12109.98	26150.01	3,602.07	200.00	52	TO-026	11740.68	25218.62	3,517.94	428.70
22	LQPZ-009	12125.76	26011.57	3,576.33	170.00	53	TO-029	11709.69	25746.07	3,561.77	344.50
23	TAP-015	11810.12	26111.61	3,599.87	723.70	54	TO-030	11596.40	25735.20	3,547.05	312.60
24	TAP-027	11702.51	25987.82	3,584.45	514.60	55	TO-032	11555.69	25452.07	3,532.30	330.50
25	TAP-109	12560.35	26146.43	3,677.07	451.95	56	TO-033	11640.06	25658.01	3,546.87	336.90
26	TAP-123	12618.96	26104.09	3,695.38	500.00	57	TO-034	11739.20	25800.89	3,562.82	370.00
27	TAP-127	12618.24	25951.76	3,677.25	430.45	58	TO-035	11656.05	25330.24	3,526.80	350.00
28	TAP-128	12640.76	26000.29	3,685.16	452.10	59	TO-036	11670.04	25741.57	3,551.23	350.00
29	TAP-132	12710.59	25799.88	3,673.50	370.50	60	TO-037	11695.92	25289.53	3,526.40	344.80
30	TAP-142	12545.31	26050.41	3,680.01	524.45	61	TO-044	11778.71	25224.93	3,520.00	300.00
31	TAP-145	12642.19	26049.47	3,690.43	411.20						
Fuente: MYSRL.											

Desmante Proveniente del Tajo La Quinua Sur Robust layback

El desmante de este Tajo será depositado en el Relleno La Quinua, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. La caracterización geoquímica de estos desmontes fue presentada y aprobada en la Segunda Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM.

La Quinua Sur Robust layback es una extensión del depósito La Quinua Sur. El layback se ubica 1.2 km al sur de los depósitos La Quinua Central y Tapado, y representa la porción distal del abanico glaciar La Quinua. La Quinua Sur Robust layback está incluida en el plan de negocios de la UM Yanacocha con un cronograma de producción para comenzar en 2016 (ver área verde en la Figura 3.2.2.3-3, Mapa de ubicación del área del proyecto de La Quinua Sur Robust layback). El depósito de La Quinua Sur se encuentra entre las dos piezas del layback.

**Figura 3.2.2.3-3 Mapa de ubicación del área del proyecto de La Quinua Sur Robust layback**



Fuente: MYSRL.

El área de La Quinua Sur está incluida en el modelo del complejo La Quinua actualizado en 2009. Los compuestos de los taladros se generaron en una longitud compuesta nominal de 12 m. El modelo de bloques se construyó usando bloques de 25 x 25 x 12 m.

Se removerá 46,6 Mt de material del depósito La Quinua Sur Robust Layback, de los cuales 32,7 Mt son minerales de óxidos y 0 Mt de mineral transicional. Los restantes 13,9 Mt corresponden a desmonte y todo este material de desmonte se clasifica como NPAG (Tabla 3.2.2.3-6, *Cantidades de Producción del Depósito La Quinua Sur Robust Layback*).

**Tabla 3.2.2.3-6 Cantidades de Producción del Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

Tipo de material	Cantidad (Kt)
Mineral óxido	32.699
Mineral transicional	0
Desmonte PAG	0
Desmonte NPAG	13.874
Desmonte total	13.874
<b>Total minado</b>	<b>46.573</b>
Fuente: MYSRL.	



La clasificación de residuos por alteración indica que las alteraciones dominantes son Grava de secuencia inferior (LSG) y Grava de secuencia superior (USG) con 61% y 32% respectivamente. La identificación de las unidades se presenta en la Tabla 3.2.2.3-7, *Unidades Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback*, y la distribución se presenta en la Tabla 3.2.2.3-8 *Distribución de Alteración Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback*.

**Tabla 3.2.2.3-7 Unidades Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback**

Abreviatura	Unidad	Características
USG	Grava de secuencia superior	Grava tamaño guijarro no escogidas, masivo a débilmente estratificado con una fase proximal lateralmente de grava tamaño canto moderadamente escogida y arenas y limos en facies distales. Lentes de arenas limosas ocurren a través de los fragmentos de gravas, los cuales son generalmente fragmentos de volcánicas silíceas.
LSG	Grava de secuencia inferior	Grava tamaño guijarro no escogidas, masivo a débilmente estratificado con una fase proximal lateralmente intercambiando arenas y limos en facies distales. Los fragmentos de rocas son principalmente silíceos, arcilloso silíceo, sílice aluminoso y fragmentos volcánicos argilizados y fragmentos volcánicos no alterados.
Roca Madre	Roca Madre	Volcánicas andesíticas
Fuente: MYSRL.		

**Tabla 3.2.2.3-8 Distribución de Alteración Presentes en el Depósito La Quinoa Sur Robust Layback**

Alteración	Mineral, Mt	Distribución, %	Desmante, Mt	Distribución, %
USG	4.3	13	4.4	32
LSG	28.4	87	8.5	61
Alluv2	0.02	0	0.001	0
Ferr_all	0.03	0	0.003	0
Clay1	-	-	1	7
Fuente: MYSRL.				

Desmante y Mineral Proveniente del Tajo Chaquicocha, Chaquicocha Subterráneo y Tajo Maqui Maqui Sur

El material de desmante de estos componentes será depositado en el Backfill Carachugo-Etapa 3, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado en la Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este aprobado mediante R.D. N° 361-2016-MEM-DGAAM y en la I MEIA aprobada bajo R.D. N° 0049-2019-SENACE-PE/DEAR. Con el fin de contextualizar la caracterización, a continuación, la Tabla 3.2.2.3-9, *Cantidad de Material a Extraer de Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur y Explotación Subterránea Chaquicocha*, muestra la cantidad de desmante y mineral a extraer de las áreas consideradas en la modificación aprobada en el año 2016.



**Tabla 3.2.2.3-9 Cantidad de Material a Extraer de Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur y Explotación Subterránea Chaquicocha**

Instalación	Cantidad de material a extraer (kt)		
	Mineral	Material de desmonte	Total
Tajo Chaquicocha – Etapa 2	3,615 (2.3%)	1,306 (0.4%)	4,921
Tajo Chaquicocha – Etapa 3	130,501 (83.9%)	233,782 (75.0%)	364,283
Tajo Chaquicocha – Etapa 4	2,933 (19%)	4,043 (1.3%)	6,977
Chaquicocha subterráneo	2,094 (1.3%)	0,589 (0.2%)	2,683
Tajo Maqui Maqui Sur – Etapa 2	16,475 (10.6%)	71,980 (23.1%)	88,456
<b>Total</b>	<b>155,618</b>	<b>311,700</b>	<b>467,320</b>
<b>Fuente:</b> Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Insideo (2016).			

La obtención de muestras y el análisis fue determinado en función de las características de cada uno de los componentes señalados en la Tabla 3.2.2.2-10, y luego la litología o tipo de alteración de cada uno de ellos.

En el Tabla 3.2.2.3-10, *Resumen de Muestras Seleccionadas para la Caracterización Geoquímica de los Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur, Explotación Subterránea Chaquicocha y Pad de Lixiviación Carachugo*, se presentan las características de las muestras empleadas para la caracterización geoquímica del presente documento. Por otro lado, las coordenadas de los sondeos empleados para las pruebas geoquímicas se presentan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2 Informes de Investigación y Memorándums*.

**Tabla 3.2.2.3-10 Resumen de Muestras Seleccionadas para la Caracterización Geoquímica de los Tajos Chaquicocha y Maqui Maqui Sur, Explotación Subterránea Chaquicocha y Pad de Lixiviación Carachugo**

Componente	Etapas	Unidades geológicas	Proceso del material	Muestreo
Tajo Chaquicocha	Etapa 2	Sílice masiva Sílice vuggy Sílice granular	Pilas de lixiviación	293 sondeos
	Etapa 3	Sílice masiva Sílice vuggy Sílice granular Sílice clay Sílice alunita	Pilas de lixiviación	488 sondeos
	Etapa 4	Mineral óxido	Pilas de lixiviación	66 sondeos
Chaquicocha Subterráneo Sur		Mineral óxido	Planta Gold Mill	82 sondeos
Tajo Maqui Maqui Sur	Etapa 2	Mineral óxido Mineral sulfurado	Planta Gold Mill, y pre tratamiento con flotación y pilas de lixiviación	566 sondeos
Pad de lixiviación Carachugo		No aplica (rípios)	Disposición	14 sondeos
<b>Fuente:</b> Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Insideo (2016).				

El tipo de muestra está condicionado al método a realizar. Para el caso del ensayo de Valor de Carbonato Neto (NCV) se emplearon compósitos de 10 metros obtenidos de muestras de cabeza de sondeos, tanto para desmonte y mineral. La distinción entre muestra de mineral y muestra de material de desmonte se realizó empleando una ley de oro de 0.1 gramos por tonelada (gpt). Las muestras con una ley por debajo de dicho valor corresponden a muestras de material de desmonte, y aquellas con una ley por encima de 0.1 gpt son clasificadas como muestras de mineral.

Para determinar la calidad de agua mediante los métodos SPLP y HCT, se seleccionaron muestras por cada tipo de material, y en el caso de las muestras de mineral, por el tipo de tratamiento que se le dará al material: lixiviación en pilas (plataforma de lixiviación) o proceso Gold Mill. Los resultados de las pruebas para las pilas de lixiviación se presentan de forma completa en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Los rechazos de sondajes de baja concentración de oro (menor a 0,1 gpt) son las muestras más representativas para el caso de material de desmonte. Para el caso del mineral a lixiviarse en pilas, se tomaron muestras de las colas provenientes de los ensayos de lixiviación de columnas (CLT, por sus siglas en inglés) o lixiviación en botella (BRT, por sus siglas en inglés), realizadas a condiciones representativas del proceso: un p80 de 10M o 1 pulgada (referente al tamaño de la partícula) y una concentración de cianuro libre de 50 ppm (equivalente a 50 mg/L).

Para el mineral a procesarse en la planta Gold Mill se tomaron muestras de colas de pruebas de lixiviación en botella (BRT) a un p80 de 150  $\mu$ m y a concentración de cianuro de acuerdo con el tipo de mineral como se muestra en la Tabla 3.2.2.3-11, *Características de las Muestras de acuerdo con el Proceso de Operación que Recibirá*.

**Tabla 3.2.2.3-11 Características de las Muestras de acuerdo con el Proceso de Operación que Recibirá**

Proceso	Tipo de mineral	Muestra	p80 (Tamaño de las partículas)	Concentración de cianuro libre (1)
Pilas de lixiviación	Óxido	Cola de prueba de lixiviación en columna o de la prueba en botella	10M o 1 pulgada	50 ppm
Gold Mill	Óxido	Cola de prueba de lixiviación en columna o de la prueba en botella	150 $\mu$ m	150 ppm
	Transicional			500 ppm
	Sulfuro			1 000 ppm
Gold Mill y flotación	Sulfuro	Cola de prueba de lixiviación en botella con material flotado	150 $\mu$ m	150 ppm
Depósito de desmonte	Material de desmonte	Muestra de sondaje	10M	No aplica
<b>Nota:</b> (1): La unidad ppm (partes por millón) es equivalente a mg/L. <b>Fuente:</b> Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Inisdeo (2016).				

#### *Prueba Celdas de Humedad Chaquicocha Subterráneo*

Se aplicó la prueba a material de desmonte a 8 muestras de Chaquicocha Subterráneo Sur. Las 8 muestras sometidas a la prueba HCT fueron reducidas a un tamaño de partícula de P80 menos 6300 micrones (-1/4 pulg), las muestras recepcionadas se muestran en la Tabla 3.2.2.3-12, *Identificación y de las Muestras de la Prueba HCT-Chaquicocha Subterráneo*.

**Tabla 3.2.2.3-12 Identificación y de las Muestras de la Prueba HCT-Chaquicocha Subterráneo**

Unidad	DS	de (m)	a (m)	Código MYSRL	Litología	Alteración
60588_HA	DS -1469403	38	46	CHQ-1104	Teut	SM
60589_HA	DS -1469404	66	74	CHQ-1054	Teut	SM
60590_HA	DS -1469405	20	28	CHQ-1038	Teut	SM
60591_HA	DS -1469406	142	150	CHQ-1038	LA	SM
60592_HA	DS -1469407	108	116	CHQ-1044	Teut	SM
60593_HA	DS -1469408	80	88	CHQ-1072	Teut	SM
60594_HA	DS -1469409	80	88	CHQ-1075	Teut	SM
60595_HA	DS -1469410	36	44	CHQ-1078	Teut	SM
<b>Fuente:</b> MYSRL.						

### Arenas de Molienda

Este depósito es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA con la finalidad de almacenar los relaves mezclados producidos en la Planta de Procesos. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante R.D. N° 586-2014-MEM/DGAAM. En dicho estudio se presentó y aprobó la caracterización geoquímica del material que conformará la presa del Depósito de Arenas de Molienda (DAM) y del material que actualmente se dispone en este depósito.

Para el caso del material que conforma la presa del DAM (material lixiviado del Pad La Quinua), se realizaron 148 ensayos de NCV. Para el caso del material a depositar en el DAM, éste provendrá del tajo Yanacocha y del tajo La Quinua. Para el caso del tajo Yanacocha, se realizaron 31 análisis de NCV en muestras provenientes de 37 taladros representativos en extensión y profundidad del referido tajo. Para el caso del material proveniente del tajo La Quinua, se realizaron 809 ensayos de NCV, de las cuales 495 se provienen de la Etapa 1 y 314 de la etapa 2A de dicho tajo.

El detalle de los sondajes empleados para las pruebas geoquímicas se presenta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

### Mineral y Desmonte Tajo Yanacocha Etapa 2

El desmonte de este Tajo será depositado en Relleno La Quinua, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la I MEIA, aprobado mediante el RD 0049-2019-SENACE-PE/DEAR.

Un total de 20 compósitos representativos del desmonte del futuro tajo Yanacocha Verde fueron sometidos a las pruebas NCV, SPLP, NAG, BAPP y HCT. Para esta última prueba, 12 de los compósitos fueron analizadas por el Centro de Investigaciones Metalúrgicas "Don Alberto Benavides" y las 8 muestras restantes por el Laboratorio comercial ALS LS Perú S.A.C. Los límites de detección para el análisis por ICP-MS de cada laboratorio se muestran en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.1 Control y Aseguramiento de Calidad Analítica*. Los compósitos fueron realizados a partir de mezclas de diferentes taladros, la descripción de estas mezclas se puede apreciar en la Tabla 3.2.2.3-13, *Número de Muestras e Identificación de Compósitos de Muestras de Yanacocha Verde*. En esta tabla se puede observar la identificación que se le dio a cada compósito, los taladros de donde se obtuvieron, la litología, el tipo de alteración que presenta y la profundidad de donde se tomó. El desmonte de este Tajo será depositado en Backfill La Quinua 1 y 2, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA.

**Tabla 3.2.2.3-13 Número de Muestras e Identificación de Compósitos de Muestras de Yanacocha Verde**

Comp.	Identificación	Descripción*	Lit.	Alt.	Longitud
1	50229	YS-1140(50-62); YS-1160(4,7-13,6)	BXP	SM	20.9
2	50230	YS-1048(32-42)	BXPM	ARG	10
3	50231	YS-1089(84,2-86,8); YS-1125(64-72); YS-1187(118-126)	BXPM	SC	28.6
4	50232	YS-1027(80-86); YS-1027(100-110); YS-1027(110-122)	BXPM	SC	28
5	50233	YS-1111(150,5-157,95)	BXPM	SP	7.45
6	50234	YS-1111(100-107,1); YS-1111(90-100)	BXPM	SP	17.1
7	50235	YS-1112(138-148); YS-1154(190-203,5); YS-1112(123,9-130)	LA	SC	29.6
8	50236	YS-1103(160-168,45); YS-1160(30-40); YS-1160(40-50); YS-1160(50-60); YS-1140(100,7-114); YS-1140(85,4-92)	Teut	SM	58.35
9	50237	YS-1160(13,6-20); YS-1160(60-76); YS-1103(148-160); YS-1160(20-30); YS-1140(76-85,4); YS-1140(66,85-74)	Teut	SM	60.95
10	50238	YS-1093(11,7-20); YS-1132(86-94)	Teut	SM	16.3
11	50239	YS-1140(92-100,7); YS-1132(94-104,25)	Teut	SM	18.95
12	50240	YS-1105(116,8-128); YS-1105(106-116,8); YS-1105(128-142)	Tft	SC	36
13	50241	YS-1048(3,15-10); YS-1048(10-20)	Upha	SC	16.85

Comp.	Identificación	Descripción*	Lit.	Alt.	Longitud
14	50242	YS-1132(251,55-264); YS-1132(234,2-251,55)	Upha	SP	29.8
15	50243	YS-994(143,35-147,95); YS-1162(178-191,2)	Upha	SP	17.8
16	50244	YS-994(154-160,15); YS-1162(166,75-178)	Upha	SP	17.4
17	50245	YS-1143(88-100); YS-1099(169,15-178,2); YS-1143(100-114); YS-1143(81,4-88)	Upha	SP	41.65
18	50246	YS-994(147,95-154)	Upha	SV	6.05
19	50247	YS-1153(70-82); YS-1134(238,55-248)	Ypq	SP	21.45
20	50248	YS-1155(179,1-186)	Ypq-E	SC	6.9
<b>Notas:</b> *X(Y-Z); X=Taladro, Y=De, Z=Hasta. <b>Fuente:</b> MYSRL.					

En la Tabla 3.2.2.3-14 *Significado de las Abreviaturas de la Litología y Alteración*, se presenta el significado de las abreviaturas para la litología y alteración utilizadas. La distinción entre muestra de mineral y muestra de material de desmonte se realizó empleando una ley de oro de 0.1 gpt (gramos por tonelada). Las muestras con una ley por debajo de dicho valor corresponden a muestras de material de desmonte, y aquellas con una ley por encima de 0.1 gpt son clasificadas como muestras de mineral.

**Tabla 3.2.2.3-14 Significado de las Abreviaturas de la Litología y Alteración**

Litología		Alteración	
Abreviatura	Significado	Abreviatura	Significado
BXP	Brecha Freática	SM	Sílice masiva
BXPM	Brecha Freatomagmática	SC	Sílice arcillosa
LA	Secuencia andesítica basal	SP	Sílice pirofilitica
Teut	Unidad Piroclástica con textura Eutaxítica	SV	Sílice vuggy
Tff	Tufo eutaxítico fino laminado a nivel local con aislados sedimentos epiclásticos y lacustrinos	ARG	Argilítica
Upha	Domos y flujos andesíticos	SG	Sílice granular
Ypq	Pórfido Yanacocha con cuarzo	SG2	Sílice granular 2
Ypq-E	Pórfido Yanacocha con cuarzo-Temprano		

Para realizar el ensayo de columnas expuestas a la intemperie (WRC) se prepararon 25 compósitos; sin embargo, diecisiete de veinticinco muestras tuvieron suficiente material para realizar pruebas en columna a la intemperie con un peso de 42 kg. Los ensayos fueron llevados a cabo por el Centro de Investigaciones Metalúrgicas "Don Alberto Benavides" de MYSRL. El análisis granulométrico de los compósitos se puede apreciar en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*. De las 17 columnas en las que se realizó el ensayo WRC, 14 son desmonte de sulfuros y 3 desmonte de óxidos.

Dos de las columnas se evaluaron a lo largo de 88 meses, mientras que los 15 compósitos restantes se evaluaron por 68 meses. La descripción de la muestra se presenta en la Tabla 3.2.2.3-15, *Descripción de los Compósitos de WRC para Yanacocha Etapa 2*.

Tabla 3.2.2.3-15 Descripción de los Compósitos de WRC para Yanacocha Etapa 2

N°	Código Met	Código Geol	unidad	Malla-Peso-%									Total
				3/4 "	1/2"	1/4"	+8M	+14M	+30M	+50M	+100M	`-100M	
1	13022	YV9S-W8	Peso (g)	8262.2	45597.5	20738	12655	2598.2	2771.3	1475.1	1132.4	3592.4	98822.1
			%	8.4	46.1	21	12.8	2.6	2.8	1.5	1.1	3.6	100
2	13024	YV9S-W12	Peso (g)	12331	62263	23636	14208	2887.8	3079.6	1649.2	1281	3937	125272
			%	9.8	49.7	18.9	11.3	2.3	2.5	1.3	1	3.1	100
3	13028	YV9S-W20	Peso (g)	12338	64316.5	25444	11693	1329.9	1424.9	721.2	505.6	1176.2	118950
			%	10.4	54.1	21.4	9.8	1.1	1.2	0.6	0.4	1	100
4	13029	YV9C-W33	Peso (g)	6982.5	39149.7	15711	9794	2455.9	2791.3	1423.8	1172.8	2964.4	82445.6
			%	8.5	47.5	19.1	11.9	3	3.4	1.7	1.4	3.6	100
5	13030	YV9C-W43	Peso (g)	7054.1	41553.7	19620	13298	2956.4	3102.6	1735.5	1500.1	5333.8	96153.5
			%	7.3	43.2	20.4	13.8	3.1	3.2	1.8	1.6	5.5	100
6	13031	YV9C-W49	Peso (g)	16005	82656.5	36517	26717	6429.6	6954.9	3721	3026	7203.9	189230
			%	8.5	43.7	19.3	14.1	3.4	3.7	2	1.6	3.8	100
7	13032	YV9C-W51	Peso (g)	5735.3	26868	12376	10350	2766.2	2851.8	1361.5	869.9	2453.9	65632.1
			%	8.7	40.9	18.9	15.8	4.2	4.3	2.1	1.3	3.7	100
8	13033	YV9C-W52	Peso (g)	4392.6	24639	10878	7620	2185.6	2423.6	1109.5	840	1971.7	56060.4
			%	7.8	44	19.4	13.6	3.9	4.3	2	1.5	3.5	100
9	13034	YV9C-W 53	Peso (g)	4415.6	30932	14282	9543.4	2465.8	2536.2	1180.6	989.8	2085.2	68430.2
			%	6.5	45.2	20.9	13.9	3.6	3.7	1.7	1.4	3	100
10	13035	YV9W-W52	Peso (g)	9770	55617.5	27801	19320	4321.1	4448.8	2398	1874.5	4950.7	130501
			%	7.5	42.6	21.3	14.8	3.3	3.4	1.8	1.4	3.8	100
11	13036	YV9W-W57	Peso (g)	7845	41642	15065	9539.4	2312	2811.3	1638.6	1560.5	4443.5	86857.6
			%	9	47.9	17.3	11	2.7	3.2	1.9	1.8	5.1	100
12	13037	YV9W-W58	Peso (g)	5373.6	28075.5	11057	6559.9	1684.1	2088.9	1290.5	1043.5	3168.6	60341.6



N°	Código Met	Código Geol	unidad	Malla-Peso-%									Total
				3/4 "	1/2"	1/4"	+8M	+14M	+30M	+50M	+100M	`-100M	
			%	8.9	46.5	18.3	10.9	2.8	3.5	2.1	1.7	5.3	100
13	13038	YV9W-W61	Peso (g)	7263.2	37863.5	16117	10027	2393.9	2837.6	1743.4	2001.8	5422.5	85669.7
			%	8.5	44.2	18.8	11.7	2.8	3.3	2	2.3	6.3	100
14	13041	YV9S-W 22	Peso (g)	7493.3	29831	10122	6723	1529.9	1750.1	966.7	678.7	1793.7	60887.9
			%	12.3	49	16.6	11	2.5	2.9	1.6	1.1	2.9	100
15	13042	YV9N-W4	Peso (g)	4938.7	15170.4	11753	8748	2808.5	4064.8	2796.6	2317.3	5117.3	57715
			%	8.6	26.3	20.4	15.2	4.9	7	4.8	4	8.9	100
16	13044	YV9C-W22	Peso (g)	11845	33729.7	12577	7409.4	1461.7	1186.1	431.4	267.7	828.6	69736.2
			%	17	48.4	18	10.6	2.1	1.7	0.6	0.4	1.2	100
17	13046	YV9C-W32	Peso (g)	14333	23086	9325.8	5062.7	1398	1714.4	908.7	666.6	1551.8	58047.5
			%	24.7	39.8	16.1	8.7	2.4	3	1.6	1.1	2.7	100
14 Columna de desmonte de sulfuros.													
3 Columna de desmonte de óxidos.													
Fuente: MYSRL.													

### Mineral y Desmonte Tajo Carachugo Marleny Norte

El desmonte de este Tajo será depositado en Backfill Carachugo-Etapa 3, el cual es uno de los componentes que se modificará en la presente II MEIA. Es importante señalar que la caracterización geoquímica del mineral y desmonte del Tajo Carachugo Marleny Norte, conocido también como Carachugo SP1/San José Norte, fue presentada y aprobada en la Cuarta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este (SYE-4), aprobada el 2014 por la DGAAM del Minem (RD N° 413-2014-MEM/DAAM).

Para la caracterización geoquímica aprobada en el SYE-4 se realizaron 698 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas desde 9 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad. Para desmonte se realizaron 193 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 50 ensayos. Adicionalmente, se realizaron seis (6) pruebas SPLP, cuatro de las cuales corresponde a mineral y dos a desmonte.

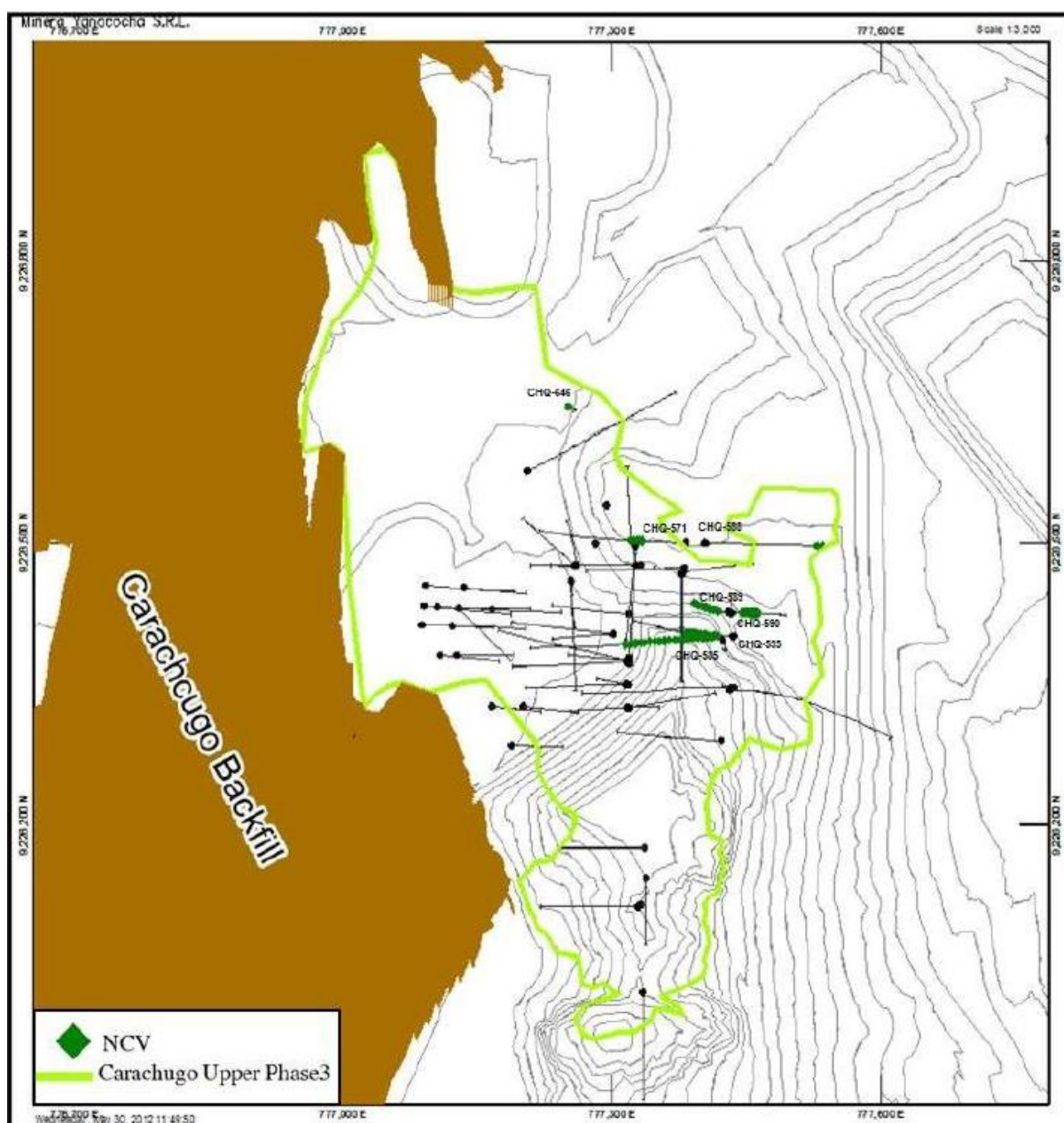
### Mineral y Desmonte Tajo Carachugo Fase III

El desmonte de este Tajo será depositado en Backfill Carachugo-Etapa 3, el cual es uno de los componentes que se modificará en la II MEIA. Es importante señalar que la caracterización geoquímica del mineral y desmonte del Tajo Carachugo Fase III fue presentada y aprobada en la Cuarta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, aprobada el 2014 por la DGAAM del Minem (RD N° 413-2014-MEM/DAAM).

El mineral proveniente del tajo Carachugo Fase III es procesado en la Pila de Lixiviación Carachugo 10D y eventualmente también podría ser procesado en la pila de lixiviación Yanacocha. El material de desmonte es dispuesto en el depósito de desmonte relleno (backfill) del tajo Carachugo y en caso de ser necesario, también se podría disponer en el relleno (backfill) Maqui Maqui Norte, en forma selectiva de acuerdo con los procedimientos establecidos por MYSRL.

En el área del tajo Carachugo Fase III se han realizado 77 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas desde 7 taladros perforados, los cuales cubren el área del tajo (Figura 3.2.2.3-4, *Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico de Carachugo Fase III*). Para desmonte se realizaron 37 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 40 ensayos.

Figura 3.2.2.3-4 Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico de Carachugo Fase III



Las coordenadas de los ocho aladros para las muestras de desmonte y mineral analizadas por NCV se muestran en la Tabla 3.2.2.3-16, *Coordenadas de Muestras de Desmonte y Mineral – Carachugo Fase III*.

Tabla 3.2.2.3-16 Coordenadas de Muestras de Desmonte y Mineral – Carachugo Fase III

Hole ID	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Profundidad total
	Este	Norte		
CHQ-571	777130.28	9226118.53	4,120.3	405.4
CHQ-585	777181.98	9226018.85	4,145.5	333.65
CHQ-588	777151.09	9226118.24	4,120.1	202.5
CHQ-589	777181.79	9226043.51	4,113.2	140
CHQ-590	777180.31	9226043.43	4,113.5	386.1
CHQ-595	777183.56	9226019.02	4,115.8	376.1

Hole ID	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Profundidad total
	Este	Norte		
CHQ-694	777227.40	9226013.25	4,049.8	210
CHQ-695	777030.14	9226090.00	4,060.2	120
Fuente: MYSRL, 2018.				

#### Relaves y descargas de autoclaves

La caracterización de estos relaves y descargas se presentaron como parte de la I MEIA Yanacocha aprobada por RD 00049-2019-SENACE-PE/DEAR, debido a las modificaciones propuestas en la Planta de Procesamiento. Cabe señalar que parte de estas muestras de relaves y descargas se usaron para generar la muestra compuesta Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, la cual representa la mezcla de relaves principal objetivo de estudio de esta II MEIA, por lo cual se hace necesario presentar en este informe su caracterización geoquímica. El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la I MEIA, aprobado por R.D. N° 00049-2019-SENACE-PE/DEAR.

Para el estudio de estos residuos se recolectaron 19 muestras, preparadas a partir de mezclas de descarga de autoclave, relaves de flotación y lodo generado de la operación de la planta operada por la empresa Hazen Labs, de los cuales 12 son muestras de descargas de autoclave mientras que los 7 restantes son muestras de relaves de flotación y lodos de tratamiento. Las muestras se secaron a temperatura ambiente (aproximadamente 22-25 °C). Todos los análisis fueron llevados a cabo por Newmont Metallurgical Service (NMS). Asimismo, las muestras fueron sometidas a pruebas adicionales como mineralogía XRD y especiación de azufre para confirmar el comportamiento de algunas muestras con alto contenido de sulfuros.

La Tabla 3.2.2.3-17 *Muestras para la Caracterización Geoquímica de Relaves y Descargas de Autoclaves*, presenta las características e identificación de las muestras analizadas.

**Tabla 3.2.2.3-17 Muestras para la Caracterización Geoquímica de Relaves y Descargas de Autoclaves**

Muestras	Descripción de Muestras
P5-1	P5-1 Run 20 AC2D +SN 0/19 04:00-06:00
P5-2	P5-2 Run 22 ACDSN 10/19 23:03-10/20 03:03
P6-1	P6-1 Run 21 AC2D 10/19 14:00-10/19 15:00 6,37kg SN-FC, 8,67kg SN-DL, 68,66kg AC2D
P6-2	P6-2 Run 19 Comp, SND-DC Comp2 10/15 23:00-10/16 00:45 SND-FC 10/15 09:45 + Run 21 SND-DL 10/19 17:00-10/19 18:15
P6-3	P6-3 AC2D, Añadió 20kg SND 10/14 23:45-10/15 09:45, Diluido a 20kg w/ SND-DL Colectado 10/15 06:00-10/15 07:15
P6-4	P6-4 AC2D, Añadió 20kg SND Mezcla de lodo w/ SN reciclado 10/11
P6-5	P6-5 Run 23 AC2D, AC2D + SN Lodo
Comp 5 LR	Residuo de lixiviación de Comp 5 ACD+SN (Compósito de P5-1, P6-1, P6-3, P6-4, P6-5)
Comp 6 LR	Residuo de lixiviación de Comp 6 (Compósito de Comp 2 PND, Comp 3 SND, y Comp 4 ACD)
Run 1	1007 83-RN-FC-NMS-Comp Run 1 3/27/17 2115- 3/28/17 0315
Run 2	1041 83-RN-FC-NMS-Comp Run 2 3/28/17 2045-2345
Run 3	1065 83-RN-FC-NMS-Comp Run 3 3/29/17 1230-1530
CSvT	Desechos de relaves de Chimbote
CSvt/SI	Desechos de relaves + lodos de Chimbote
CSvt/SI/LS	Desechos de relaves + lodos de + 6,1g de limo Chimbote
ClnrT	Relaves Chimbote
ClnrT/SI	Relaves + lodos de cabeza Chimbote

Muestras	Descripción de Muestras
ClnrT/SI/LS	Desechos de relaves + lodos + 29.4 g de limo de Chimbote
ClnrT/SI/Run3	Relaves + lodo + Run3 Soln + limo a pH11 de Chimbote
Fuente: MYSRL.	

Las muestras identificadas con la letra P corresponden a muestras de relaves del proceso POX (autoclave), mientras que las demás corresponden a las muestras de rechazos/relaves del proceso de flotación.

#### Muestra compuesta (Comp 1/3/5 CN + Flot Tails) – Mezcla de Relaves

En las actividades mineras de la UM Yanacocha se generan diferentes tipos de residuos entre los cuales están las mezclas de descarga de autoclave, relaves de flotación y lodo generado de la actividad de la planta operada por la empresa Hazen Labs. Bajo dicha premisa, MYSRL decidió evaluar el comportamiento geoquímico de la mezcla de relaves, lo que posteriormente derivó en el cambio propuesto para el manejo y disposición de estos residuos. Con estos estudios, MYSRL, busca integrar el tratamiento y disposición final de los relaves y enmarcarlo como parte de sus operaciones mineras a través de la II MEIA.

La muestra compuesta a analizar se le dio el nombró Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y la descripción de los componentes presentes se presenta en la Tabla 3.2.2.3-18, *Descripción del Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails para la Caracterización Geoquímica – Mezcla de Relaves*.

**Tabla 3.2.2.3-18 Descripción del Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails para la Caracterización Geoquímica – Mezcla de Relaves**

Fuente del Material	Masa (kg)	LIMS ID	Descripción
Comp 5 CN LR	13.78	ENV-219197-10 NM-220060	P5-1 Run 20 AC2D + SN 10/19 04:00-06:00
			P6-1 Run 21 AC2D 10/19 14:00-10/19 15:00 6.37kg SN-FC, 8.67kg SN-DL, 68.66kg AC2D
			P6-3 AC2D, Añadió 20kg SND 10/14 23:45-10/15 09:45, Diluido a 20kg w/SND-DL Colectado 10/15 06:00-10/15 07:15
			P6-4 AC2D, Añadió 20kg SND Mezcla de lodos w/SN reciclado 10/11
			P6-5 Run 23 AC2D, AC2D + Fango SN
Comp 1/3	7.8	ENV-219231-4/6	Hazen PP 1007 Run 1 Comp, Hazen PP 1065 Run 3 Comp
Relaves de Flotación	36.66	ENV-220084-4	Rechazos de relaves de flotación de MYSRL
Fuente: MYSRL.			

Siendo Comp 5 CN LR el residuo de una muestra compuesta de Autoclave, denominada Comp 5 LR, la cual se describe en la Tabla 3.2.2.3-17; este residuo se originó al someter el compósito Comp 5 LR, a un procedimiento de hervido de cal/caliza seguido de la lixiviación con CN. Los residuos de lixiviación se combinaron con relaves de flotación y lodos de la planta de neutralización operada por la empresa Hazen Labs (Comps 1 y 3). Se formó un lodo con los materiales y el pH se ajustó con cal a 11.5, lo que representa el pH final de la mezcla compuesta de relaves. Los sólidos se filtraron, se secaron a temperatura ambiente (aproximadamente 22-25 °C) y se enviaron para la caracterización.

#### Muestras compuestas de residuos (MT)

Para complementar las evaluaciones realizadas a los diferentes residuos generados durante las actividades mineras, MYSRL decidió realizar una prueba cinética de lixiviación a través del ensayo de celdas de humedad (HCT) a 12 compósitos de residuos mineros, de los cuales, uno de estos compósitos era la muestra compuesta Comp 1/3/5 CN + Flot Tails descrita anteriormente. Las muestras compuestas se dividieron en dos grupos, el primero de ellos está conformado por 10 compósitos y se le dio el nombre de "ENV Comp", para generar este grupo de compósitos se usaron cuatro tipos diferentes de materiales. El segundo grupo de compósitos lleva el nombre de "MT Comp" y de este grupo se generó dos compósitos, este último grupo está conformado de tres materiales diferentes.

A continuación, se presenta la descripción de los cuatro materiales que forman parte de los compósitos ENV Comp:



1) Cinco relaves de flotación (FT Comp), los cuales fueron generados a partir de compósitos maestros: 64 muestras, Flot MC y 19 muestras, SUR MC, todas provenientes del Tajo Yanacocha. En la Tabla 3.2.2.3- 19, Descripción de relaves de flotación FT Comp, se presentan los pozos, la profundidad y como se distribuyó el material.

**Tabla 3.2.2.3-19 Descripción de relaves de flotación FT Comp**

Relave	Compósito Maestro	Pozo	De (m)	Hasta (m)
FT Comp 1	Flot MC 1	YN-320	25.2	38
		YN-320	45.2	53.8
		YN-320	63.4	74
		YN-320	92	100.5
		YN-320	122	136
		YN-320	136	151.9
	Flot MC 3	YS-1256	38	51
		YS-1257	91	104.15
		YS-1259	15.6	26.8
		YS-1259	83.5	100.55
		YS-1263	150	164.8
		YS-1265	32	46.45
	Flot MC 5	YS-1265	116.8	136
		YS-1256	25.3	34.75
		YS-1256	52.8	73.7
		YS-1263	128	138
		YS-1264	43.05	56
		YS-1264	56	66
		YS-1264	66	75.3
		YS-1264	83.1	96
FT Comp 2	Flot MC 2	YS-1264	96	110
		YS-1265	48.4	58
		YS-1257	133.8	143.1
		YS-1259	107.15	125.2
		YS-1261	64.7	76
		YS-1266	35.9	46
	Flot MC 4	YS-1266	46	54
		YS-1267	41	48
		YS-1268	30.3	39.6
		YS-1257	167.2	177.2
		YS-1259	125.2	140.55
		YS-1259	46.25	60.05
FT Comp 3	Flot MC 6	YS-1263	116	128
		YS-1263	106.75	116
		YS-1266	62.5	71.3
		YS-1268	39.6	47.8
		YS-1256	222	234.1
		YS-1257	13	26.9
	Flot MC 7	YS-1257	195.55	210
		YS-1257	253.8	270
		YS-1257	33.3	50.7
		YS-1264	190	202
		YS-1265	169.6	181.85
		YS-1256	75.7	96.05
FT Comp 4	Flot MC 8	YS-1256	98.4	110
		YS-1257	53	67.6
		YS-1264	34.5	43.05
		YS-1265	186	202
		YS-1257	240.8	251.5
		YS-1264	75.3	83.1
	Flot MC 9	YS-1265	136	149.8
		YS-1265	80.1	89.6
		YS-1257	113	125
		YS-1257	177.2	195.55
FT Comp 4	Flot MC 10	YS-1258	135.1	148
		YS-1266	71.3	79.6
		YS-1264	120	130.6
		YS-1265	70	80.1
		YS-1259	28.7	46.25

Relave	Compósito Maestro	Pozo	De (m)	Hasta (m)
FT Comp 5		YS-1261	96	106.7
		YS-1262	130.7	150
		YS-1263	66.8	75.1
		YS-1267	32	41
		YS-1268	22	30.3
	SUR MC 3	YS-1255	38.9	48
		YS-1252	6.5	17.65
		YS-1252	44	53
		YS-1254	34.5	43.2
		YS-1254	50.1	72
		YS-1254	80	96
		YS-1254	96	108
		YS-1254	108	129
	SUR MC5	YS-1253	78	88
		YS-1253	89.4	96.5
		YS-1252	114.5	142.2
		YS-1247	47	58
		YS-1246	56	72
		YS-1246	96	114
		YS-1245	42	50.7
		YS-1245	625	70
		YS-1245	70	88
		YS-1248	42.45	58
		YS-1248	58	72

Fuente: MYSRL

2) Dos compósitos de residuos de autoclave (AC Comp), los cuales fueron generados de seis compósitos maestros Chaqui POX (64 muestras), los compósitos Caqui POX fueron generados a partir de mineral bruto proveniente de Chaquicocha subterráneo y de Yanacocha Etapa 2, los cuales alimentaban el circuito de oxidación a presión (POX). En la Tabla 3.2.2.3-20, Descripción de residuos de autoclave AC Comp, se presenta los pozos, la profundidad y como se distribuyó el material.

**Tabla 3.2.2.3-20 Descripción de residuos de autoclave AC Comp**

Relave	Compósito Maestro	Pozo	De (m)	Hasta (m)
AC Comp 1	POX MC 1	CHQ-1077	90	100
		CHQ-1083	198	208
		CHQ-1188	6	16
		CHQ-1193	60	70
		CHQ-1191	2	12
		CHQ-1097	46	56
		CHQ-1093	72.15	82
		CHQ-1165	10	20
		CHQ-1041	6	16
		CHQ-1047	20.2	30
		CHQ-1155	48	58
		CHQ-1143	154	164
		CHQ-1049	72	82
		CHQ-1037	46	56
		CHQ-1051	86	96
	POX MC 2	CHQ-1205	6	16
		CHQ-1075	228	238
		CHQ-1204	108	118
		CHQ-1153	28	38
		CHQ-1047	86.35	95.3
		CHQ-1051	22	30
		CHQ-1039	8	18
		CHQ-1096	38	48
		CHQ-1156	82	92
		CHQ-1186	58	68
		CHQ-1056	84	94
		CHQ-1149	0	10
	POX MC 3	CHQ-1034	93.7	104
		CHQ-1127	118	128
		CHQ-1043	6	16

Relave	Compósito Maestro	Pozo	De (m)	Hasta (m)
		CHQ-1103	88	98
		CHQ-1199	18	28
		CHQ-1122	12	22
		CHQ-1115	58	68
		CHQ-1037	72	80
		CHQ-1205	104	114
AC Comp 2	POX MC 4	CHQ-1171	58	68
		CHQ-1175	52	62
		CHQ-1127	40	50
		CHQ-1192	98	108
		CHQ-1121	106	116
		CHQ-1179	124	134
		CHQ-1107	4	14
		CHQ-1124	78	88
	POX MC 5	CHQ-1122	114	124
		CHQ-1192	140	150
		CHQ-1179	14	24
		CHQ-1149	94	104
		CHQ-1183	40	50
		CHQ-1090	26	35.4
		CHQ-1188	40	50
		CHQ-1045	26	36
	POX MC 6	CHQ-1136	74	84
		CHQ-1103	6	16
		CHQ-1125	128	138
		CHQ-1196	134	144
		CHQ-1103	40.2	50
		CHQ-1199	100	110
		CHQ-1141	78	88
		CHQ-1141	142	152
		CHQ-1196	66	76
		CHQ-1077	150	158
		CHQ-1202	32	42
		CHQ-1157	102	112

Fuente: MYSRL

3) Una solución neutralizada de refino (BSN) descargada de la planta Hazen (1 muestra).

4) Una solución neutralizada de autoclave (ASN) descargado de un licor de prueba neutralizado proveniente del circuito de oxidación a presión (POX).

Se generó 1 Kg de cada compósito ENV Comp, los cuales se conformaron de la siguiente manera: 0.78 Kg del relave de flotación, 0.35 Kg del relave de lixiviación con cianuro, el cual fue preparado de los residuos de autoclave y de la descarga de solución neutralizada de POX (los cuales aportan 0.19 y 0.16 Kg respectivamente) y 0.13 Kg de descarga de refino neutralizado.

Los compósitos MT Comp fueron generados de la mezcla de productos de plantas, incluyendo relaves cianurados del autoclave (24%), descarga de la solución de refino neutralizado (13%) y relaves de flotación (13%). En la Tabla 3.2.2.3-21, *Descripción de los compósitos de residuos para el ensayo HCT*, se puede observar la descripción de los componentes de los 12 compósitos. De la muestra MT1 a la MT10 conforman el grupo ENV Comp y todas contienen los materiales ASN y BSN, uno de los compósitos maestros FT Comp y uno de los AC Comp. Las muestras MT11 y MT12 pertenecen al grupo MT Comp, la muestra MT11 es el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, el cual se describe en la Tabla 3.2.2.3-18.

**Tabla 3.2.2.3-21 Descripción de los compósitos de residuos para el ensayo HCT**

Nombre	FT Comp (777 g)	AC Comp (185 g)	ASN (156 g)	BSN (132 g)
MT1	1	1	x	x
MT2	2	1	x	x
MT3	3	1	x	x
MT4	4	1	x	x
MT5	1	2	x	x
MT6	2	2	x	x
MT7	3	2	x	x
MT8	4	2	x	x

Nombre	FT Comp (777 g)	AC Comp (185 g)	ASN (156 g)	BSN (132 g)
MT9	5	1	x	x
MT10	5	2	x	x
MT11	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails			
MT12	MT11 + 10 g/kg piedra caliza			
Fuente: MYSRL				

#### Material de Desmonte – Backfill Carachugo Etapa 3

De acuerdo con lo señalado en el plan de gestión del material de desmonte depositado en el Backfill Carachugo proviene del Tajo Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4) aprobada en la 1ª MEIA, labores subterráneas de Chaquicocha Subterráneo, el Tajo Carachugo Marleny Norte, el Tajo Carachugo Fase III y las labores subterráneas de Chaquicocha Subterráneo Etapa 2.

Sobre la descripción de la metodología para la caracterización de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4) y de Chaquicocha Subterráneo estos materiales han sido descritos en secciones anteriores. Cabe señalar que la caracterización geoquímica de dichos materiales fue presentada y aprobada en la Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este aprobado mediante RD 361-2016-MEM-DGAAM.

#### Material de Desmonte – Relleno La Quinua

De acuerdo a lo señalado en el plan de disposición de desmonte aprobada en la 1ª MEIA en el Relleno La Quinua, las fuentes de desmonte serán tres tajos existentes: Tajo La Quinua Sur, el Tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste) y el Tajo Yanacocha (Yanacocha Layback); y un tajo nuevo: Tajo Yanacocha Etapa 2 (conocido también como Verde), por lo tanto, la descripción de la metodología para la caracterización de estos materiales ha sido descrita en secciones anteriores (ver Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha, Mineral Proveniente del Tajo La Quinua 3, Desmonte del Tajo La Quinua Sur y Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha Etapa 2).

Cabe señalar que la caracterización geoquímica de los tajos existentes en la UM Yanacocha, La Quinua 3 y La Quinua Sur ya fue presentada y aprobada en el EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM.

### **Resultados**

A continuación, se resume los resultados de la caracterización geoquímica realizada por MYSRL para los diferentes materiales y residuos mineros que serán manejados durante el desarrollo del proyecto de la II MEIA, muchos de los cuales ya han sido recopilados, presentados y aprobados como parte de la I MEIA Yanacocha aprobada por RD 00049-2019-SENACE-PE/DEAR. Inicialmente se presentan los resultados ya aprobados en informes anteriores para los materiales que conforman los nuevos componentes propuestos y posteriormente se presentarán los resultados del análisis geoquímico realizado a la muestra compuesta de relaves.

### **Geología de los Depósitos**

#### Depósito Yanacocha Sur Layback (YSL)

Es un depósito de alta sulfuración de Au-Ag dominante alojado en las zonas oxidadas y de transición del depósito Cerro Yanacocha. La mineralización de oro y plata en el Cerro Yanacocha se presenta como cuerpos tabulares y sub-verticales, la mineralización de alta ley (>1g/t Au) es controlada a lo largo de estructuras secundarias fuertemente inclinadas y brechas hidrotermales predominantemente, rodeado por un halo semiestratiforme de baja ley (0,15 g/t Au). El mineral se deposita primariamente en las zonas más permeables de sílice porosa-granular y brechas-fracturas con sílice masiva.

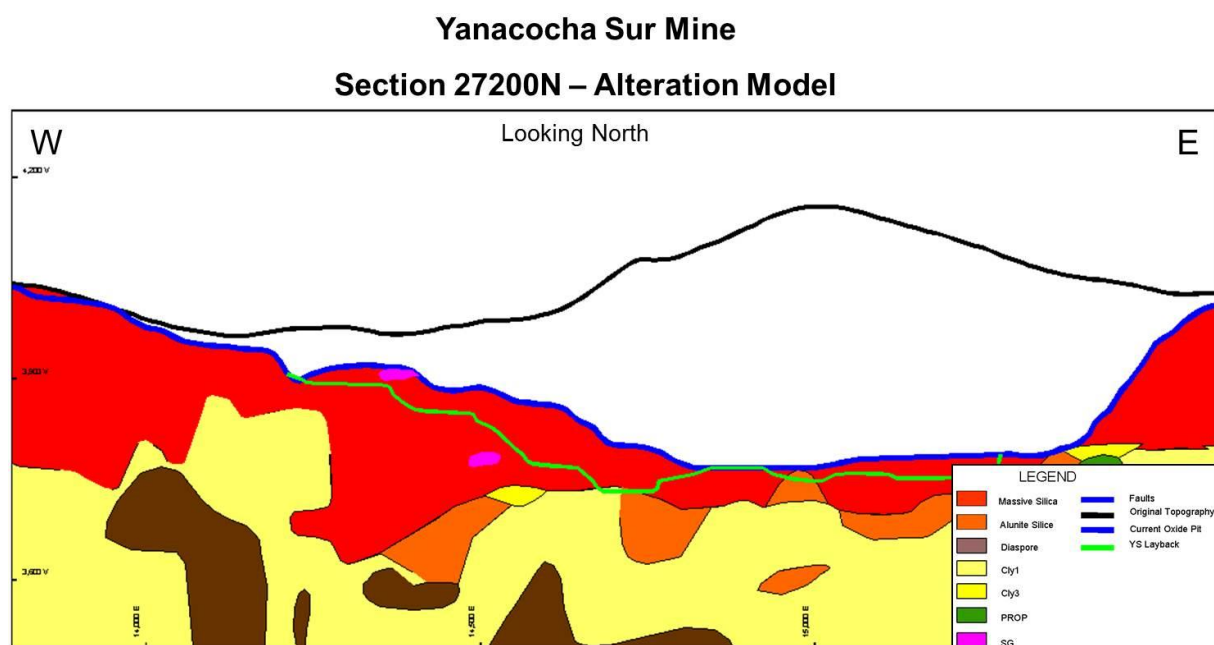
En el Cerro Yanacocha se han identifica la presencia de un grupo litológico denominado andesita inferior, la cual está conformada por una secuencia de tufos de cristales andesíticos con hornblenda y hornblenda-biotita, tufos de cristales líticos y flujos.

Por encima de la andesita inferior se tienen tres unidades líticas estratificadas: un tufo eutaxítico fino laminado a nivel local con aislados sedimentos epiclásticos y lacustrinos (TFT), una consecuencia de tufo rico en cristales con débil presencia de ignimbritas (Teut), y una secuencia de tufo de cristales andesítico con hornblenda con abundantes fragmentos líticos alterados localmente (USJ).

El depósito de Cerro Yanacocha Sur está cubierto por flujos de andesita rico en cristales de plagioclasa, conocido como el pórfido Yanacocha (Yp). Estas rocas volcánicas están cortadas por una múltiple serie de fases de brechas freáticas, hidrotermales e intrusivas. Además, al menos tres fases de intrusivos de andesita a tonalita cortan la secuencia volcánica.

La alteración tipo ácido-sulfato en el Cerro Yanacocha ha generado la formación de grandes volúmenes de sílice residual, con menores cantidades de alteración argílica avanzada y argílica. La parte superior del depósito que alberga la mineralización principal está dominada por la alteración sílicea, principalmente por presencia de sílice masiva, con sílice granular y sílice porosa limitado a pequeños cuerpos. Los niveles medio e inferior del depósito están dominados por la alteración argílica avanzada, incluyen sílice-alunita, sílice-pirofilita y sílice-diáspora. Las alteraciones argílica y propilítica se encuentran en los flancos del depósito. En la Figura 3.2.2.3-5, *Corte Transversal que Muestra Tipos de Alteración en Yanacocha Sur Layback*, se puede observar un corte transversal de tipos de alteración en Yanacocha Sur Layback.

**Figura 3.2.2.3-5 Corte Transversal que Muestra Tipos de Alteración en Yanacocha Sur Layback**



#### Depósito La Quinua 3

Es un depósito de oro de alta sulfuración que está completamente cubierta por gravas de La Quinua y flujos volcánicos sin alterar. La mineralización de oro en este yacimiento es controlada principalmente por brechas hidrotermales/freático orientadas al NE y NO. La alta ley de oro (hasta 63 g/t Au) se asocia con una última etapa de brecha cremosa calcedonia y baritina, llenando espacios abiertos de las fracturas.

La alteración hidrotermal produjo rocas ácido-lixiviadas (sílice granular y vuggy) y varias zonas de silicificación. El patrón de alteración consiste en silicificación en profundidad, con asociaciones distal divididos en zonas de argílico avanzado, argílico, propilítico débilmente a roca de andesita fresca.

La mineralización de oro se presenta como un plano extendido a suavemente inmerso al horizonte, dentro de una secuencia de capas piroclásticas. Las altas leyes (> 1 g/t Au) corresponden a un corte transversal de silicificación asociada con brechas hidrotermales y canales fluidizados. El depósito está cubierto por una alteración de sílice arcilla, cubierta por una alteración de sílice granular y por último 150 metros de roca fresca/propilítica. La andesita superior es típicamente argilizada e impermeable, formando tapas de rocas o barreras para los fluidos mineralizantes.

#### Depósito Carachugo Fase III

El área del depósito Carachugo Fase III forma parte del yacimiento Yanacocha, el cual se describe como un depósito epitermal de alta sulfuración formada por rocas de origen piroclástico en el cual



ocurrió la alteración hidrotermal y múltiples eventos de mineralización. Las alteraciones hidrotermales más dominantes en la superficie y en la profundidad de la zona Carachugo Fase III es la sílice (sílice masiva, granular y vuggy). En la zona del depósito Carachugo Fase III suele producirse fracturas en forma diseminada que se refieren principalmente a las zonas de alteración de sílice vuggy y Masiva.

#### Depósito Carachugo Marleny Norte (SP-1/San José Norte)

El área del tajo Carachugo Marleny Norte corresponde a un depósito de alta sulfuración con baja ley de oro. La parte superior del cuerpo del depósito donde se ubica la mineralización oxidada es dominada por la alteración Sílice Alunita y en menor cantidad Sílice Masiva además de pequeños cuerpos de Sílice Granular y Sílice Vuggy. En la parte media y baja del cuerpo mineralizado la alteración es dominada por la presencia de Argílico Avanzado el cual incluye a la Pirofilita y Diáspora. En los bordes del depósito las alteraciones que predominan son el Argílico y Profilitico.

#### Depósito Maqui Maqui

La mineralización de oro y cobre en este depósito ha sido controlada principalmente por una combinación de litología favorable (roca piroclástica y brechas) y controles estructurales en intersecciones de orientación noroeste y corredor noreste (control estructural). Aquellas zonas que parecen haber sido los principales conductos para el transporte de fluidos hidrotermales han desarrollado brechas y fuerte alteración hidrotermal (sílice masiva y vuggy), para finalmente depositar la mineralización de oro y cobre. Las brechas hidrotermales y brechas hidrotermales craqueladas han jugado un fuerte control estructural para la precipitación puntual de Au de alta ley, y su enriquecimiento asociado estrechamente a los eventos de sílice y barita gris posteriores.

La mineralización presenta una marcada tendencia al control estructural nor-noroeste (NNO) y nor-noreste (NNE). Además, se observa una correlación, que se puede interpretar como una afinidad con los elementos cromo, arsénico, antimonio, telurio, en zonas con alta mineralización de oro, y a mercurio, bismuto y hierro en zonas lixiviadas, distales o de formación tardía. Depósito Chaquicocha

Las características de mineralización del Complejo Chaquicocha son típicas de un yacimiento epitermal de alta sulfuración y se encuentra estrechamente asociada a las facies silíceas centrales del sistema. Ocurre típicamente en forma diseminada, de fracturas y ligada principalmente a las zonas de alteración sílica-masiva y sílica-lixiviada. La oxidación es débil a moderada y está compuesta principalmente por goethita, la cual está presente principalmente en el extremo este y se extiende 100 m por debajo de la superficie.

En los niveles más profundos, aproximadamente a 200 m. por debajo de la superficie ocurre una transición gradual hacia una zona de sulfuros, la cual se caracteriza por la presencia de sulfuros de cobre (covellita, calcosita y enargita) los cuales están estrechamente ligados a la mineralización de Au.

#### Depósito Chaquicocha Subterráneo Etapa 2

El área donde se ubica el componente Chaquicocha Subterráneo se encuentra dentro de un antiguo complejo volcánico desarrollado sobre estructuras geológicas de dirección andina. Las rocas exhibidas están compuestas principalmente por intercalaciones de flujos piroclásticos, coladas y depósitos de cenizas volcánicas, que sobreyacen a un basamento de edad Cretácica.

Tal como se ha mencionado, la UM Yanacocha ha desarrollado una serie de modelos de bloques considerando los tipos de alteración en los principales depósitos del distrito minero (las secuencias volcánicas en el distrito minero de Yanacocha fueron extensamente alteradas antes de su erosión y de la deposición de la secuencia sedimentaria La Quinua). Estos modelos de bloques se basan en datos recopilados de las perforaciones de exploración geológica, y muestran que el proceso de alteración formó una serie de cuerpos de alteración silícea, denominados "formas de sílice", de extensión lateral y vertical, rodeados por masas de roca con alteración argílica, argílica avanzada y propilítica.

Estos modelos de bloques y en concreto el de Chaquicocha ha sido actualizado a medida que se obtenía más información de carácter geológico y estructural de las perforaciones de pozos y piezómetros y con el avance del propio tajo de Chaquicocha.

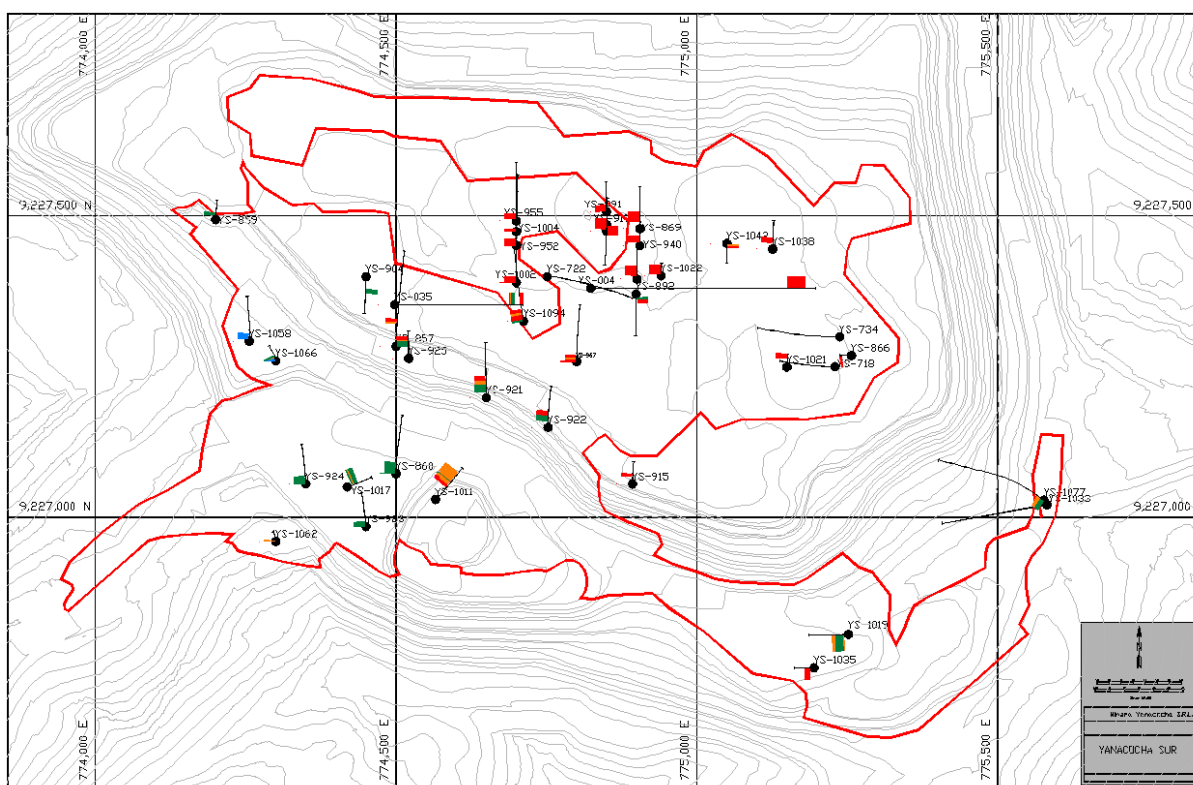
Finalmente, las características geológicas regionales corresponden principalmente a rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas volcánicas del Terciario. En la Sección 3.2.2.1 Geología, se presenta una descripción más detallada de la mineralogía y geología del complejo Yanacocha.

### Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha Sur Layback

La descripción de este material fue presentada y aprobada en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobado mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM. El detalle del análisis realizado por MYSRL se presenta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Se han realizado 155 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas de 37 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad, estos taladros se pueden ubicar en el mapa mostrado en la Figura 3.2.2.3-6, *Ubicación de Taladros de Perforación en YS Layback para Ensayos de NCV*. Para desmonte se realizaron 31 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 124 ensayos.

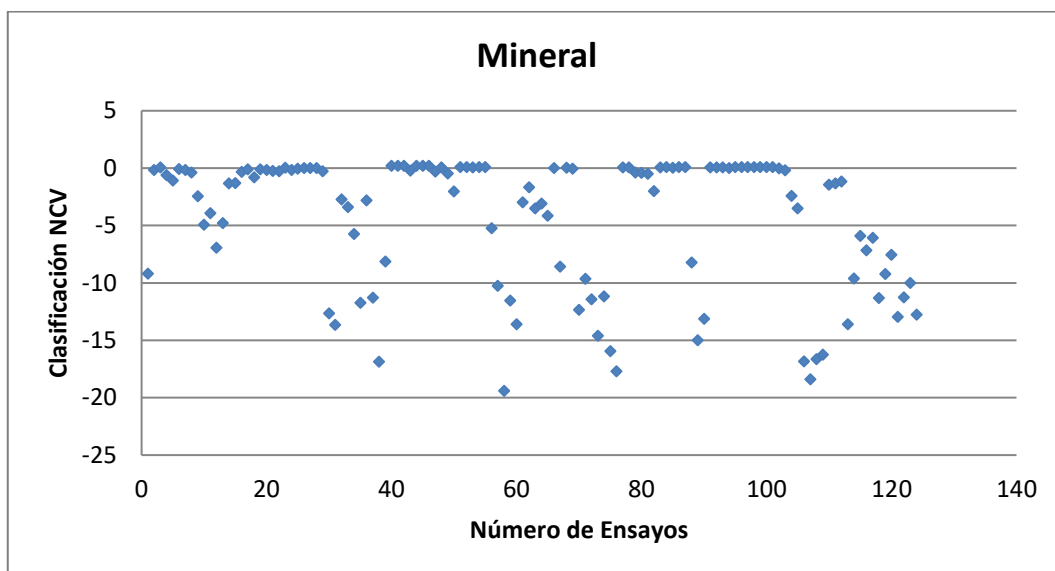
**Figura 3.2.2.3-6 Ubicación de Taladros de Perforación en YS Layback para Ensayos de NCV**



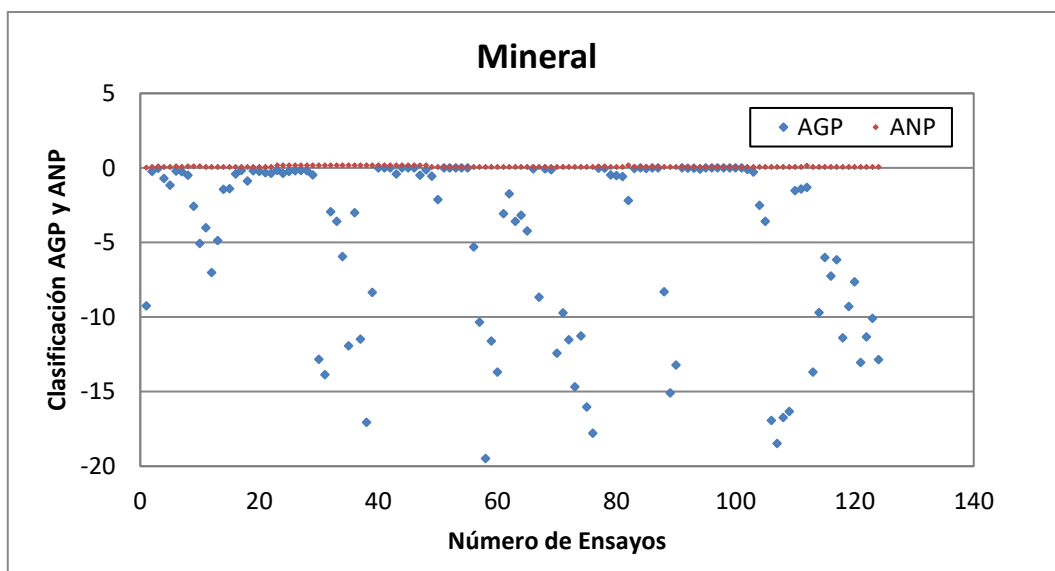
Fuente: MYSRL.

### Mineral

De acuerdo con la clasificación de NCV el mineral en general tiene predominancia a ser un material de comportamiento ácido. El Gráfico 3.2.2.3-1 muestra los resultados de la clasificación NCV de las muestras de mineral. Asimismo, el Gráfico 3.2.2.3-2 muestra los resultados de la clasificación AGP y ANP de las muestras de mineral. En este último podemos observar cómo los valores de ANP permanecen constantes y prácticamente en 0, lo que indica un muy bajo potencial de neutralización. Por lo tanto, el valor del NCV resultante dependerá exclusivamente del potencial de generar acidez del material.

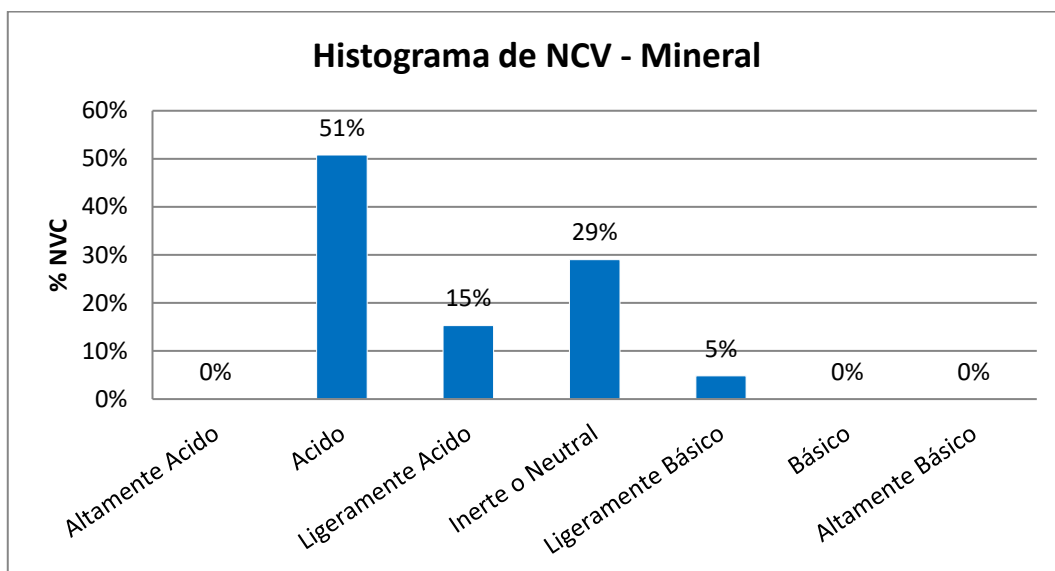
**Gráfico 3.2.2.3-1 Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-YSL**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-2 Resultados de la Clasificación AGP y ANP para Muestras de Mineral**

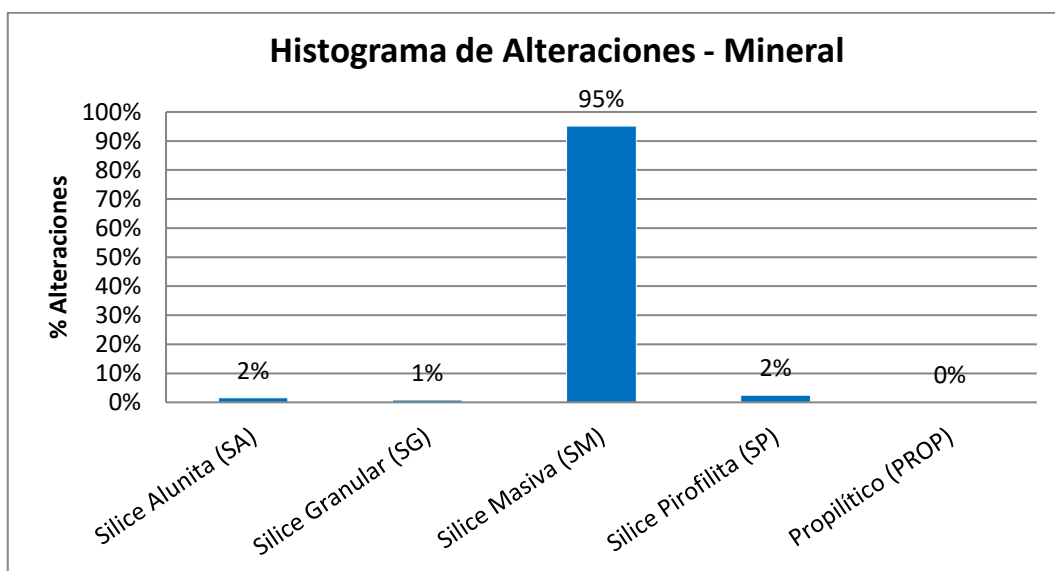
Fuente: MYSRL.

El Gráfico 3.2.2.3-3 muestra el histograma de la clasificación NCV para muestras de mineral, en general se puede decir que el mineral tiene comportamiento ácido por lo que en contacto con agua meteórica puede generar soluciones acidas y si la acidez se vuelve agresiva puede disolver algunos metales presentes. Pero este mineral en contacto con cal y bajo riego con solución alcalina puede mantener el pH de las soluciones de drenaje con pH básico, esto es debido a que el material no posee potencial para neutralizar. El histograma nos muestra que alrededor del 51% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Ácido, 15% tiene comportamiento de Ligeramente ácido, 29% se clasifica como Inerte o Neutral y un 5% Ligeramente Básico.

**Gráfico 3.2.2.3-Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-YSL**

Fuente: MYSRL.

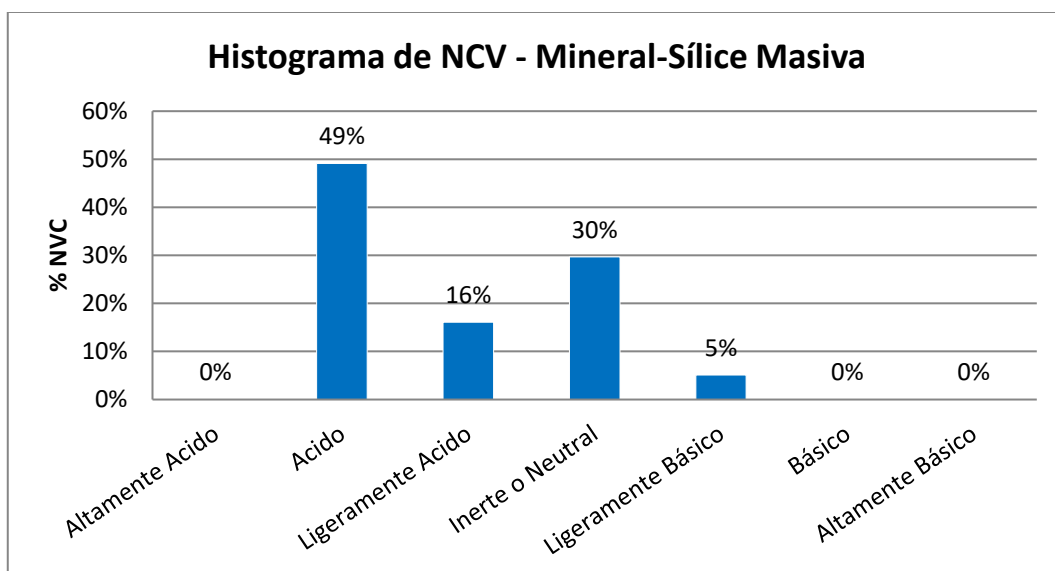
En el Gráfico 3.2.2.3-4 mostramos el histograma de alteraciones para las muestras de mineral. El mineral con alteración dominante en el grupo de muestras mineralizadas ensayadas corresponde a Sílice Masiva. Alrededor del 95% de las muestras ensayadas corresponde a Sílice Masiva, 2% tiene alteración Sílice Pirofilita, 2% es Sílice Alunita y un 1% Sílice Granular.

**Gráfico 3.2.2.3-4Histograma de Alteraciones para Muestras de Mineral-YSL**

Fuente: MYSRL.

Solamente usando la alteración Sílice Masiva, la clasificación NCV se muestra en el Gráfico 3.2.2.3-5. El histograma muestra que alrededor del 49% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Ácido, 16% tiene comportamiento de Ligeramente Ácido, 30% se clasifica como Inerte o Neutral y un 5% Ligeramente Básico. Esta distribución es coincidente con los resultados obtenidos para todo el mineral, este resultado confirma que la alteración Sílice Masiva es la predominante y por lo tanto le aporta las características a la muestra total.

**Gráfico 3.2.2.3-5 Histograma de la Clasificación de NCV para Muestras de Mineral con Alteración Sílice Masiva-YSL**

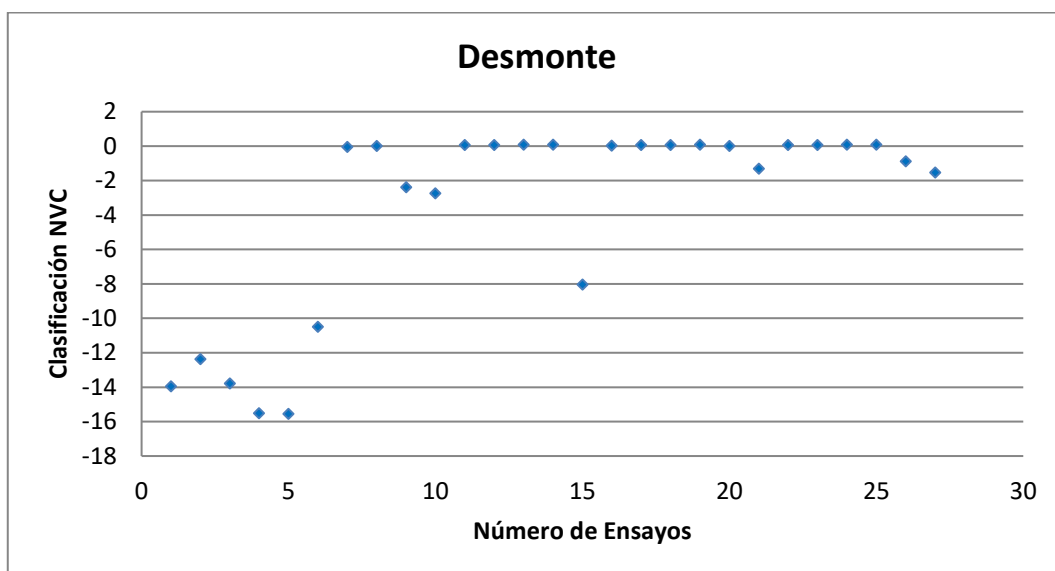


Fuente: MYSRL.

#### Desmante

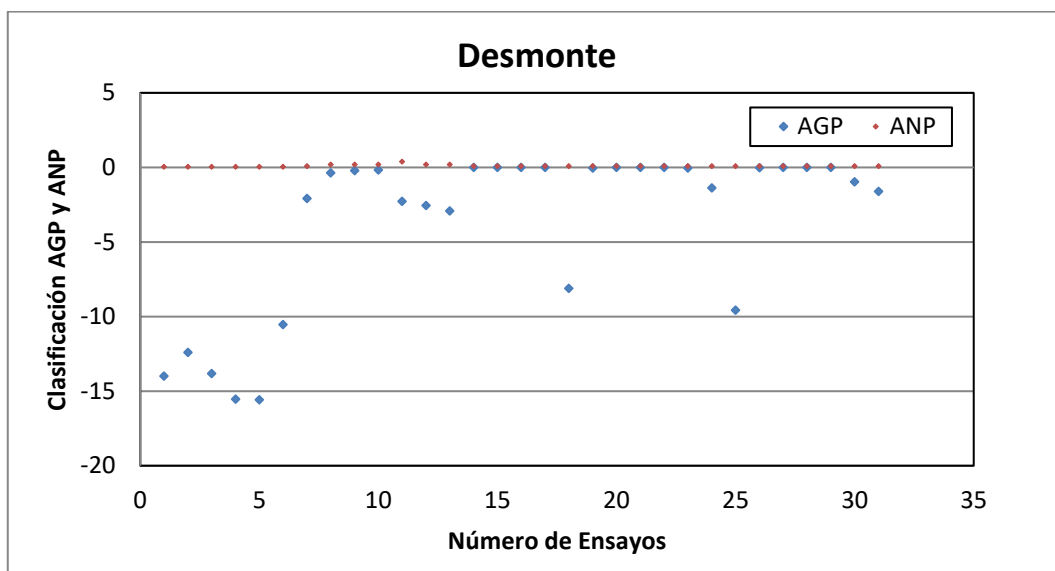
De acuerdo con la clasificación de NCV el desmante en general tiene predominancia a ser un material de comportamiento entre inerte o neutral y ácido. El Gráfico 3.2.2.3-6 muestra los resultados de la clasificación NCV de las muestras de desmante. Asimismo, el Gráfico 3.2.2.3-7 muestra los resultados de la clasificación AGP y ANP de las muestras de desmante, a diferencia del mineral las muestras de desmontes presentan en ocasiones valores de ANP diferentes de 0, esto implica que este material posee cierto potencial para neutralizar.

**Gráfico 3.2.2.3-6 Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmante**



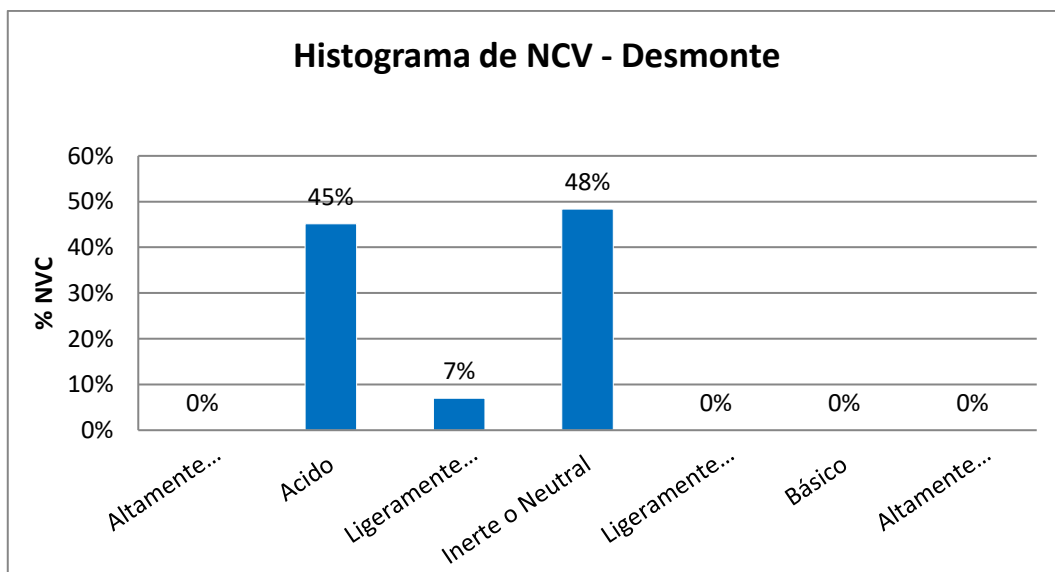
Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-7 Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmante-YSL**

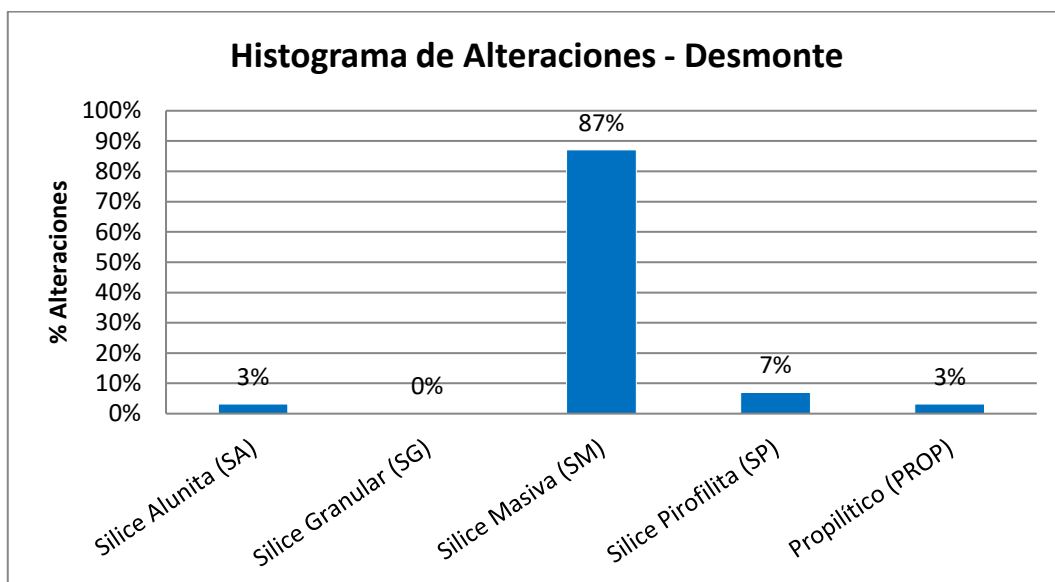
Fuente: MYSRL.

En el Gráfico 3.2.2.3-8 se puede observar el histograma de la clasificación NCV para muestras de desmante, el comportamiento del desmante es 48% Inerte o Neutral, 7% Ligeramente ácido y 45% tiene comportamiento Ácido. Esto implica que habrá generación de acidez cuando el desmante entre en contacto con el agua meteórica, además habrá disolución de metales presentes en el material considerado como desmante. Sin embargo, el agua de contacto proveniente del depósito de desmante es enviada y manejada a través de la planta de tratamiento de aguas acidas de Pampa Larga. En comparación a las muestras de mineral el desmante presenta menor porcentaje de material clasificado como Ácido según la prueba NCV y mayor porcentaje con clasificación como neutral, esto puede ser debido a los valores de ANP son más altos en el desmante en comparación a la minera.

**Gráfico 3.2.2.3-8 Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Desmante-YSL**

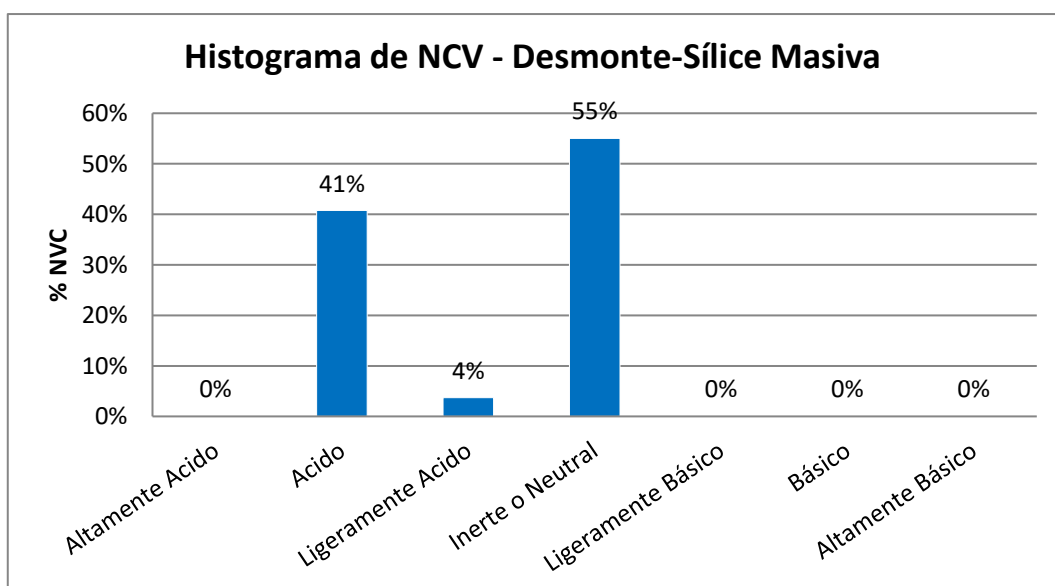
Fuente: MYSRL.

La alteración dominante en las muestras de desmante ensayadas corresponde a Sílice Masiva, lo cual coincide con el mineral. La distribución es como sigue: 87% corresponde a alteración Sílice Masiva, 7% tiene alteración Sílice Pirofilita, 3% es Sílice Alunita y un 3% Propilítico. El Gráfico 3.2.2.3-9 muestra el histograma de alteraciones para las muestras de desmante.

**Gráfico 3.2.2.3-9 Histograma de Alteraciones para Muestras de Desmante-YSL**

Fuente: MYSRL.

Considerando solamente la alteración dominante, la clasificación NCV es como sigue: 55% Inerte o Neutral, 4% Ligeramente ácido y 41% tiene comportamiento Ácido. El Gráfico 3.2.2.3-10 muestra el histograma de clasificación NCV para muestras de desmante con alteración sílice masiva. Esta distribución es coincidente con los resultados obtenidos para todo el mineral, este resultado confirma que la alteración Sílice Masiva es la predominante y por lo tanto le aporta las características a la muestra total.

**Gráfico 3.2.2.3-10 Histograma de la Clasificación de NCV para Muestras de Desmante con Alteración Sílice Masiva-YSL**

Fuente: MYSRL.

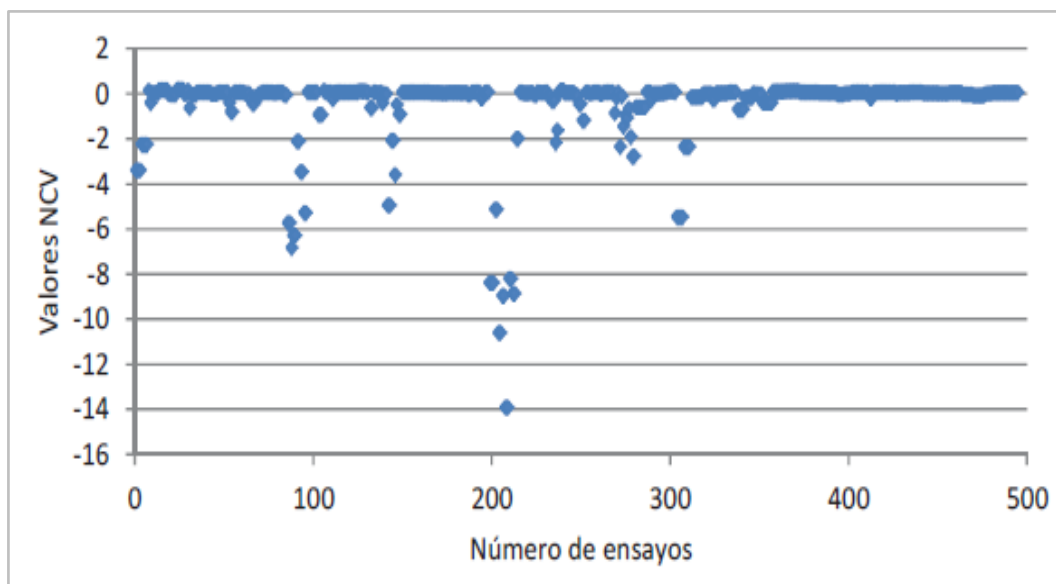
**Desmante y Mineral Proveniente del Tajo La Quinoa 3**

La descripción de este material fue presentada y aprobada en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste, aprobado el 2013 por la DGAAM del Minem. El detalle del análisis realizado por MYSRL se presenta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*. Se realizaron 491 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas de 61 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad.

### Mineral

De acuerdo con la clasificación de NCV el mineral en general tiene predominancia a ser un material de comportamiento inerte a neutral. En el Gráfico 3.2.2.3-11, *Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3*, se puede observar los resultados de la clasificación NCV para muestras de mineral.

**Gráfico 3.2.2.3-11 Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3**

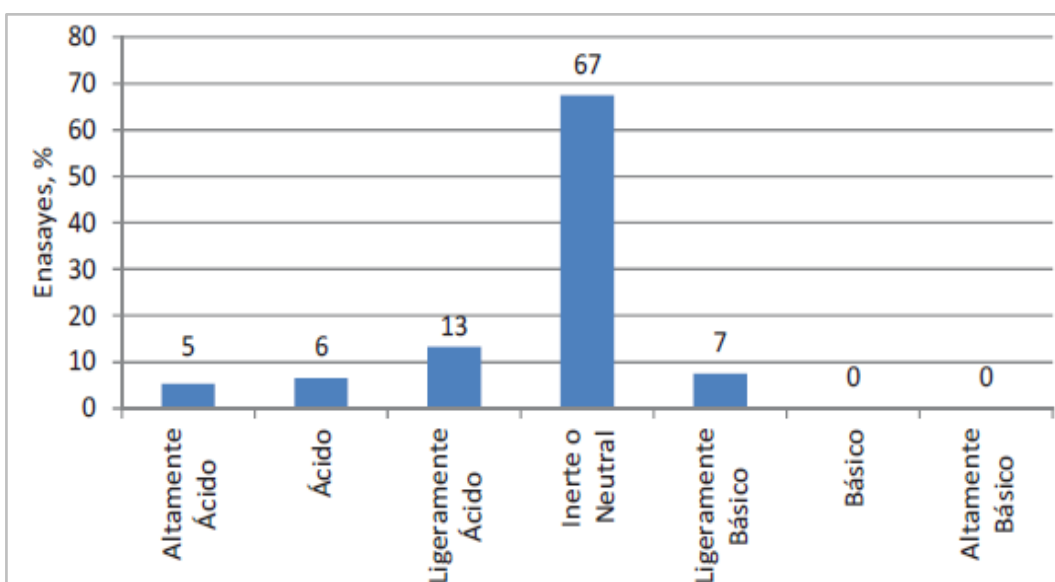


Fuente: MYSRL.

Por otro lado, en el Gráfico 3.2.2.3-12, *Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3*, se muestra el histograma de clasificación NCV, el cual indica que el 67% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Inerte o Neutral, 13% Ligeramente Ácido y 11% se clasifica de Ácido a Altamente Ácido, principalmente.

En general se puede decir que el mineral tiene comportamiento Inerte o Neutral con una tendencia a Ácido por lo que en contacto con agua meteórica podría generar soluciones ácidas y disolver algunos metales presentes. Pero este mineral en contacto con una cantidad adecuada de cal y bajo riego con solución alcalina mantendrá las soluciones de drenaje con pH básico.

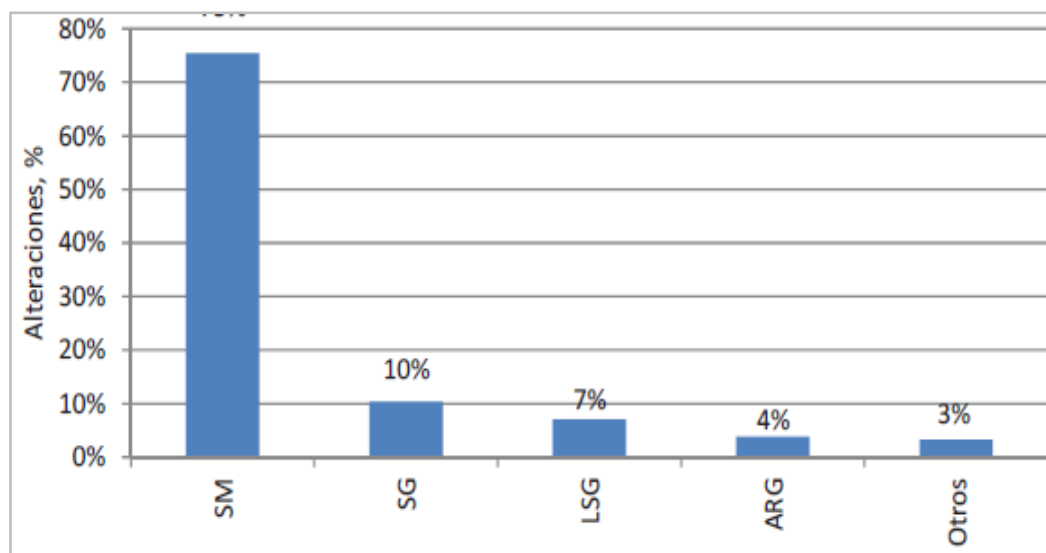
**Gráfico 3.2.2.3-12 Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Mineral-La Quinua 3**



Fuente: MYSRL.

Cabe señalar que se determinó la alteración geológica de cada muestra, donde se aprecia que predomina la denominada Sílice Masiva (SM), la cual está compuesto por Sílice Masiva, Sílice Masiva Granular y Sílice Masiva Vuggy, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.2.3-13, *Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Mineral*. El detalle del análisis realizado por MYSRL se presenta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

**Gráfico 3.2.2.3-13** Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Mineral-La Quinua 3



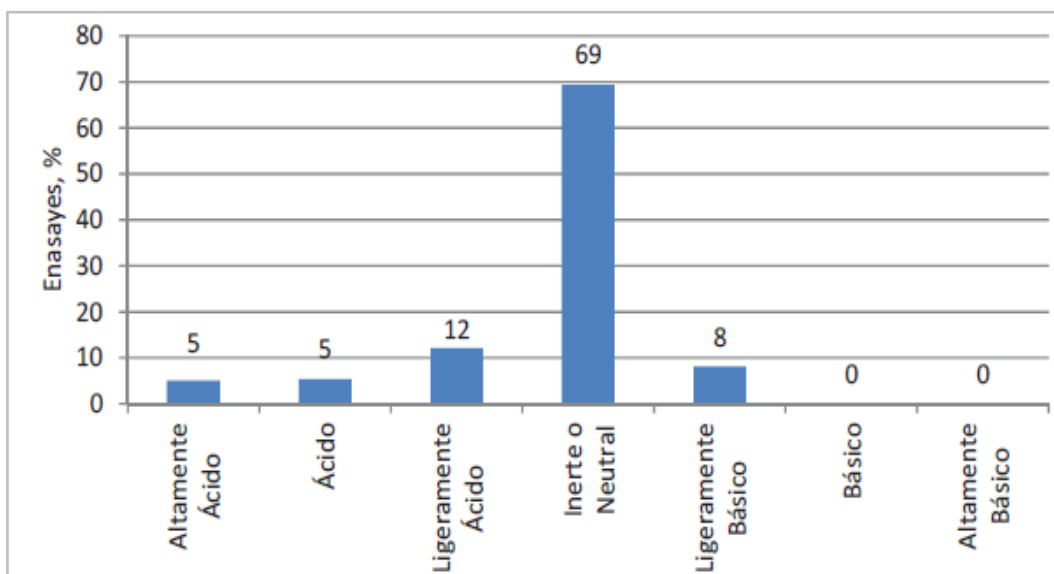
**Notas:**

**SM:** Sílice Masiva (49%), Sílice Masiva Granular (17%), Sílice Masiva Vuggy (9%). **SG:** Sílice Granular (10%), Sílice Granular Compacta (1%). **LSG:** Lower Sequence Gravel. **ARG:** Argílico (2%), Argílico Avanzado (2%). **Otros:** Sílice Vuggy Granular, Sílice Clay, Sílice Alunita, Propilítico, MSG, Ferricreta, Clay.

**Fuente:** MYSRL.

Adicionalmente, el Gráfico 3.2.2.3-14, *Histograma NCV para las Muestras de Mineral con Alteración SM-La Quinua 3*, muestra la clasificación NCV para las muestras con la alteración predominante (SM). El cual nos indica que el 69% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Inerte o Neutral.

**Gráfico 3.2.2.3-14** Histograma NCV para las Muestras de Mineral con Alteración SM-La Quinua 3

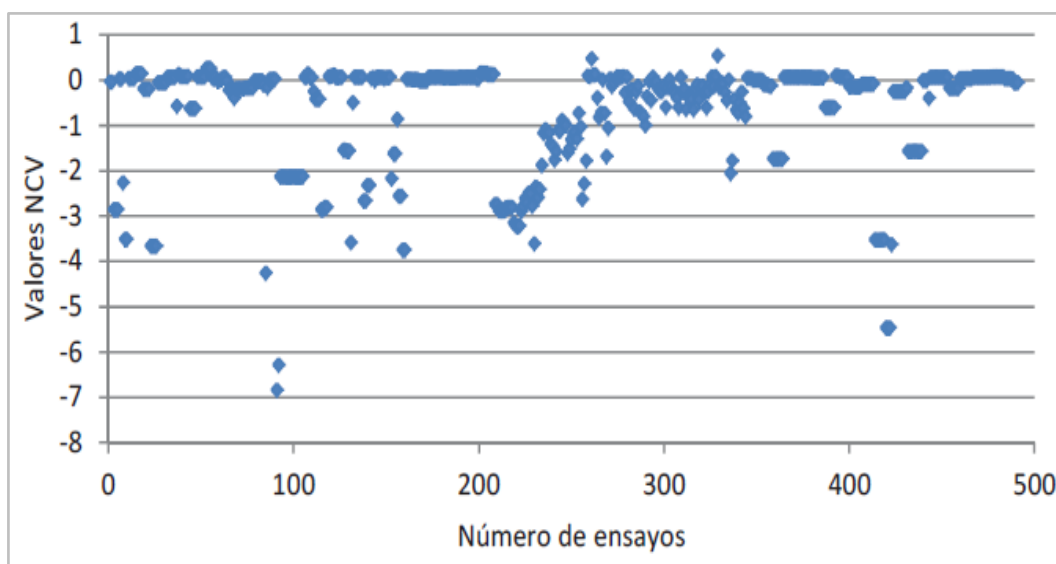


**Fuente:** MYSRL.

### Desmonte

De acuerdo con la clasificación de NCV el desmonte en general tiene predominancia a ser un material de comportamiento entre neutral a ácido. En el Gráfico 3.2.2.3-15, *Resultados de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-La Quinua 3*, se observan los resultados de la clasificación NCV para muestras de desmonte.

**Gráfico 3.2.2.3-15**

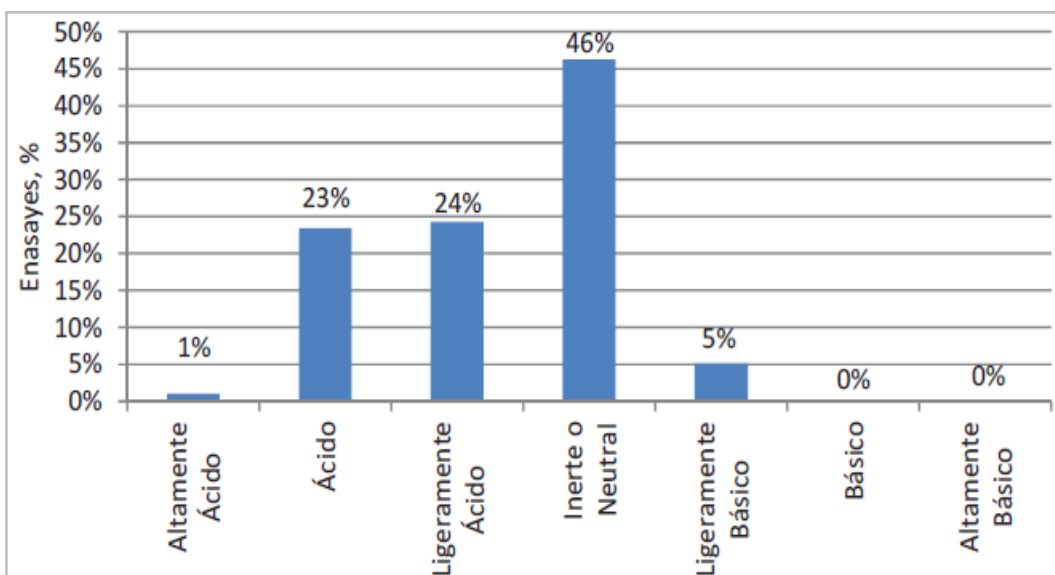


Fuente: MYSRL.

Por otro lado, en el Gráfico 3.2.2.3-16, *Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-La Quinua 3*, se presenta el histograma de la clasificación NCV para muestras de desmonte, el cual indica que el 46% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Inerte o Neutral, 24% Ligeramente Ácido y 23% se clasifica como Ácido.

Esto implica que habrá generación de acidez cuando el desmonte entre en contacto con el agua meteórica, además habrá disolución de metales presentes en el material considerado como desmonte. Sin embargo, el agua de contacto proveniente del depósito de desmonte es enviada y manejada a través de la planta de tratamiento de aguas ácidas La Quinua.

**Gráfico 3.2.2.3-16 Histograma de la Clasificación NCV para Muestras de Desmonte-La Quinua 3**

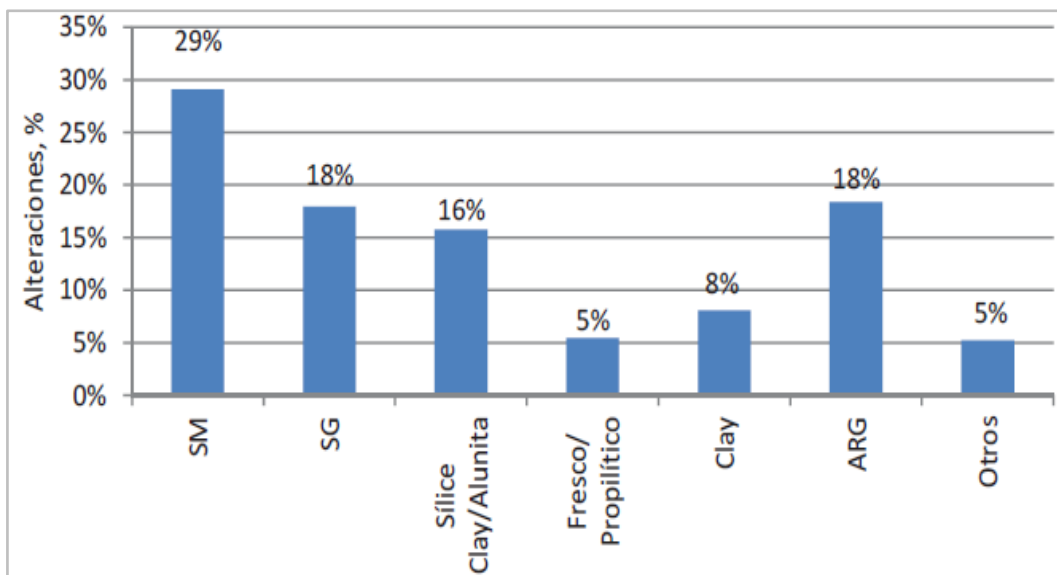


Fuente: MYSRL.



Cabe señalar que se determinó la alteración geológica de cada muestra, la cual está conformada por Sílice Masiva, Sílice Masiva Granular, Sílice Masiva Vuggy y Sílice Masiva Alunita, en el Gráfico 3.2.2.3-17, *Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Desmonte-La Quinua 3*, se presenta el histograma por alteraciones geológicas de las muestras de desmonte donde se aprecia que predomina la denominada Sílice Masiva (SM).

**Gráfico 3.2.2.3-17 Histograma por Alteraciones Geológicas de las Muestras de Desmonte-La Quinua 3**



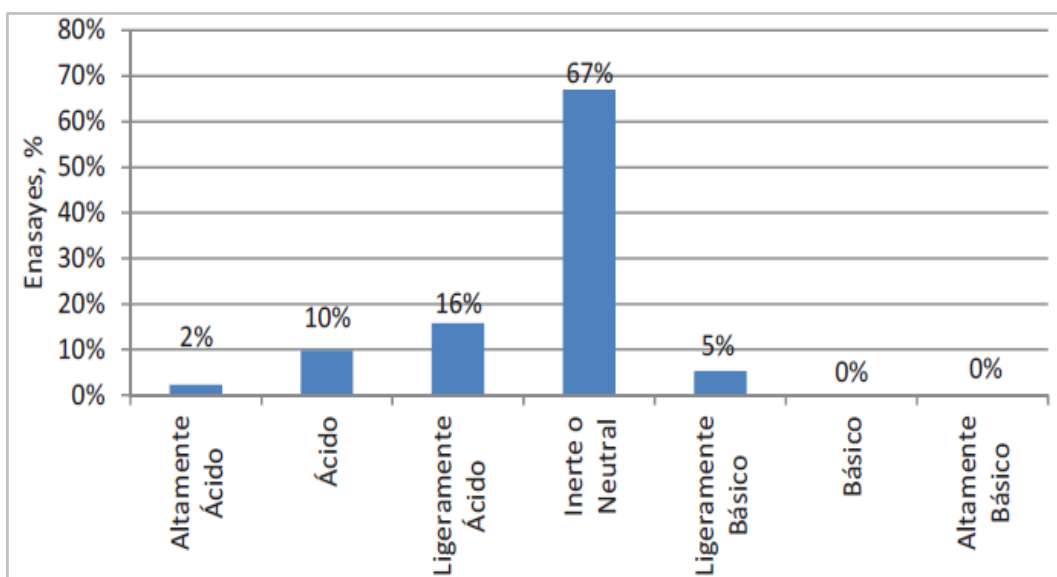
**Notas:**

**SM:** Sílice Masiva (16%), Sílice Masiva Granular (7%), Sílice Masiva Vuggy (4%), Sílice Masiva Alunita (2%). **SG:** Sílice Granular (15%), Sílice Granular Compacta (3%). **Sílice Clay/Alunita:** Sílice Clay (10%), Sílice Alunita (6%). **Fresco/Propilítico:** Fresco (4%), Propilítico (1%). **ARG:** Argílico (15%), Argílico Avanzado (3%). **Otros:** Sílice Vuggy Granular, Sílice Clay, Mud Flow, LSG, INT.

**Fuente:** MYSRL.

Adicionalmente, el Gráfico 3.2.2.3-18, *Histograma NCV para las Muestras de Desmonte con Alteración SM-La Quinua 3*, muestra la clasificación NCV para las muestras con la alteración predominante (SM). El cual nos indica que el 67% de las muestras ensayadas tienen comportamiento Inerte o Neutral.

**Gráfico 3.2.2.3-18 Histograma NCV para las Muestras de Desmonte con Alteración SM-La Quinua 3**



**Fuente:** MYSRL.

**Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo La Quinua Sur**

Se analizaron y clasificaron 351 muestras de diferentes intervalos y de 29 barrenos de acuerdo con el estándar NCV, de los cuales 93 muestras corresponden a material tipo desmonte y 258 a mineral. Los resultados del ensayo NCV de estas muestras y los datos sobre el taladro y profundidad se reportan en las Tablas 3.2.2.3-22, *Resultados ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback* y 3.2.2.3-23, *Resultados ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback*. El detalle del análisis realizado por MYSRL se presenta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

**Tabla 3.2.2.3-22 Resultados ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación
1	LQ-1107	68	70	Desmonte	0.09	0.02	0.67	0.16	0.07	-0.7	-0.62	Ligeramente Ácido
2	LQ-1107	70	72	Desmonte	0.09	0.02	0.96	0.12	0.07	-1.15	-1.08	Moderadamente Ácido
3	LQ-1107	72	74	Desmonte	0.09	0.02	1.12	0.8	0.07	-0.44	-0.37	Ligeramente Ácido
4	LQ-1107	75	76	Desmonte	0.09	0.02	1.48	0.89	0.07	-0.81	-0.74	Ligeramente Ácido
5	LQ-1108	46	48	Desmonte	0.02	0.02	0.82	0.79	0.07	-0.03	0.04	Neutral
6	LQ-1108	48	50.1	Desmonte	0.04	0.02	0.79	0.75	0.07	-0.05	0.02	Neutral
7	LQ-1108	54.5	56	Desmonte	0.02	0.02	1.08	0.93	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
8	LQ-1108	56	58	Desmonte	0.02	0.02	0.92	0.87	0.07	-0.07	0.01	Neutral
9	LQ-1109	48	50	Desmonte	0.05	0.02	1.05	0.99	0.07	-0.08	0	Neutral
10	LQ-1109	52	53.95	Desmonte	0.07	0.02	1.16	1.03	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
11	LQ-1109	53.95	55.35	Desmonte	0.13	0.02	0.77	0.74	0.07	-0.04	0.03	Neutral
12	LQ-1109	56	56.6	Desmonte	0.06	0.02	1.36	1.29	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
13	LQ-1109	58	59.05	Desmonte	0.05	0.02	2.1	2.03	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
14	LQ-1109	59.05	60.35	Desmonte	0.06	0.02	0.75	0.73	0.07	-0.03	0.04	Neutral
15	LQ-1110	69.7	72	Desmonte	0.06	0.02	0.97	0.91	0.07	-0.08	-0.01	Neutral
16	LQ-1110	72	74	Desmonte	0.03	0.02	1.28	1.19	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
17	LQ-1110	74	76	Desmonte	0.03	0.02	0.73	0.72	0.07	-0.01	0.07	Neutral
18	LQ-1110	78.45	80	Desmonte	0.32	0.02	1.52	0.94	0.07	-0.79	-0.72	Ligeramente Ácido
19	LQ-1110	80	82	Desmonte	1.15	0.03	2.13	1.34	0.1	-1.08	-0.99	Ligeramente Ácido
20	LQ-1117	44	46	Desmonte	0.02	0.02	2.05	1.7	0.07	-0.48	-0.41	Ligeramente Ácido
21	LQ-1117	46	48	Desmonte	0.03	0.02	1.4	1.25	0.07	-0.21	-0.13	Ligeramente Ácido
22	LQ-1117	48	49.05	Desmonte	0.03	0.02	1.25	1.25	0.07	0	0.07	Neutral
23	LQ-1117	50	52	Desmonte	0.05	0.02	0.83	0.67	0.07	-0.21	-0.14	Ligeramente Ácido
24	LQ-1117	54	56	Desmonte	0.06	0.02	0.63	0.49	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
25	LQ-1118	37.75	38.85	Desmonte	0.08	0.02	0.52	0.42	0.07	-0.13	-0.06	Neutral
26	LQ-1118	38.85	40	Desmonte	0.25	0.02	0.16	0.12	0.07	-0.06	0.02	Neutral
27	LQ-1118	40	41.8	Desmonte	0.17	0.02	0.27	0.2	0.07	-0.1	-0.03	Neutral
28	LQ-1118	44	46	Desmonte	0.09	0.02	1.47	1.31	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
29	LQ-1123	70	72	Desmonte	0.04	0.02	0.64	0.63	0.07	-0.02	0.06	Neutral
30	LQ-1125	0	2	Desmonte	0.14	0.02	1.47	1.44	0.07	-0.04	0.03	Neutral
31	LQ-1125	2	4	Desmonte	0.08	0.02	1.7	1.52	0.07	-0.25	-0.17	Ligeramente Ácido

Nº	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación
32	LQ-1125	4	6	Desmonte	0.21	0.02	1.25	1.18	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
33	LQ-1125	6	8	Desmonte	0.19	0.02	1.37	1.29	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
34	LQ-1125	8	9.4	Desmonte	0.2	0.02	1.68	1.55	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
35	LQ-1125	9.4	10	Desmonte	0.1	0.02	2.45	2.22	0.07	-0.32	-0.24	Ligeramente Ácido
36	LQ-1125	12.6	14	Desmonte	0.13	0.02	1.27	1.21	0.07	-0.08	-0.01	Neutral
37	LQ-1125	14	16	Desmonte	0.07	0.02	1.13	1.09	0.07	-0.05	0.02	Neutral
38	LQ-1125	25.65	26.65	Desmonte	0.14	0.02	1.53	1.43	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
39	LQ-1125	39	40.4	Desmonte	0.07	0.02	1.16	1.08	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
40	LQ-1127	4	6	Desmonte	0.18	0.02	1.38	1.2	0.07	-0.25	-0.17	Ligeramente Ácido
41	LQ-1127	14	16	Desmonte	0.1	0.02	1.55	0.47	0.07	-1.48	-1.4	Moderadamente Ácido
42	LQ-1127	20	22.2	Desmonte	0.24	0.02	0.74	0.59	0.07	-0.21	-0.13	Ligeramente Ácido
43	LQ-1127	25.8	27.4	Desmonte	0.13	0.02	1.4	1.11	0.07	-0.4	-0.32	Ligeramente Ácido
44	LQ-1127	38	40	Desmonte	0.28	0.05	1.5	1.15	0.19	-0.48	-0.28	Ligeramente Ácido
45	LQ-1127	54.8	56	Desmonte	0.1	0.02	0.9	0.66	0.07	-0.32	-0.25	Ligeramente Ácido
46	LQ-1127	60.1	62	Desmonte	0.06	0.02	0.11	0.03	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
47	LQ-1127	62	64	Desmonte	0.06	0.02	0.12	0.02	0.07	-0.14	-0.07	Neutral
48	LQ-1128	4	6	Desmonte	0.2	0.02	1.51	1.14	0.07	-0.51	-0.43	Ligeramente Ácido
49	LQ-1128	6	8	Desmonte	0.23	0.02	1.45	1.08	0.07	-0.51	-0.43	Ligeramente Ácido
50	LQ-1128	10	12	Desmonte	0.11	0.02	1.3	1.1	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
51	LQ-1128	16	18	Desmonte	0.11	0.02	1.45	1.14	0.07	-0.42	-0.35	Ligeramente Ácido
52	LQ-1128	22	24	Desmonte	0.14	0.02	1.77	1.61	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
53	LQ-1128	26	28	Desmonte	0.2	0.02	1.27	0.94	0.07	-0.46	-0.38	Ligeramente Ácido
54	LQ-1128	38	40.35	Desmonte	0.15	0.02	1.15	0.9	0.07	-0.35	-0.27	Ligeramente Ácido
55	LQ-1129	4	6	Desmonte	0.24	0.02	0.93	0.92	0.07	-0.02	0.06	Neutral
56	LQ-1129	26	28	Desmonte	0.18	0.02	0.52	0.4	0.07	-0.17	-0.1	Ligeramente Ácido
57	LQ-1129	29.4	30	Desmonte	0.1	0.02	0.54	0.4	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
58	LQ-1129	36	36.55	Desmonte	0.1	0.02	1.58	1.29	0.07	-0.4	-0.32	Ligeramente Ácido
59	LQ-1130	0.4	2	Desmonte	0.27	0.03	1.63	1.63	0.1	0	0.1	Ligeramente Básico
60	LQ-1130	2	4	Desmonte	0.18	0.02	1.89	1.88	0.07	-0.01	0.06	Neutral
61	LQ-1130	4	5.7	Desmonte	0.07	0.02	1.45	1.44	0.07	-0.01	0.06	Neutral
62	LQ-1130	5.7	6.4	Desmonte	0.07	0.02	1.39	1.31	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
63	LQ-1130	13.6	16	Desmonte	0.08	0.02	1.36	1.11	0.07	-0.34	-0.27	Ligeramente Ácido
64	LQ-1133	71	72.5	Desmonte	0.05	0.02	1.15	1.03	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
65	LQ-1133	72.5	74	Desmonte	0.06	0.02	1.8	1.53	0.07	-0.37	-0.3	Ligeramente Ácido
66	LQ-1134	62	64	Desmonte	0.02	0.02	1.09	0.94	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
67	LQ-1134	64	66	Desmonte	0.06	0.02	1.41	1.24	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
68	LQ-1134	70	72	Desmonte	0.04	0.02	1.02	0.99	0.07	-0.04	0.04	Neutral

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación
69	LQ-1138	26.1	28	Desmante	0.09	0.02	1.3	1.18	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
70	LQ-1138	30	31.2	Desmante	0.18	0.02	1.23	1.26	0.07	0.03	0.1	Ligeramente Básico
71	LQ-1138	66	68	Desmante	0.04	0.02	0.84	0.72	0.07	-0.17	-0.1	Ligeramente Ácido
72	LQ-1138	72	74	Desmante	0.06	0.02	1.41	1.23	0.07	-0.24	-0.16	Ligeramente Ácido
73	LQ-1138	74	76.5	Desmante	0.05	0.02	1.25	1.17	0.07	-0.1	-0.03	Neutral
74	LQ-1138	76.5	78.8	Desmante	0.09	0.02	0.82	0.73	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
75	LQ-1138	80.4	81.4	Desmante	2.12	0.02	0.75	0.38	0.07	-0.51	-0.44	Ligeramente Ácido
76	LQ-1140	84	96	Desmante	0.12	0.02	1.7	0.86	0.07	-1.15	-1.08	Moderadamente Ácido
77	LQ-1240	52	52.8	Desmante	0.37	0.03	0.37	0.33	0.1	-0.06	0.05	Neutral
78	LQ-1240	52.8	54.25	Desmante	2.14	0.02	0.7	0.58	0.08	-0.16	-0.08	Neutral
79	LQ-1240	54.25	56.15	Desmante	2.51	0.03	1.46	1.02	0.12	-0.59	-0.48	Ligeramente Ácido
80	LQ-1244	67	68.85	Desmante	0.05	0.05	0.64	0.52	0.18	-0.16	0.03	Neutral
81	LQ-1244	68.85	70	Desmante	0.05	0.05	1.15	0.96	0.18	-0.26	-0.08	Neutral
82	LQ-1245	64	66	Desmante	0.05	0.05	0.64	0.57	0.18	-0.1	0.08	Neutral
83	LQ-1246	36.45	38.65	Desmante	0.05	0.05	0.39	0.38	0.18	-0.01	0.17	Ligeramente Básico
84	LQ-1246	38.65	40	Desmante	0.18	0.05	0.44	0.16	0.18	-0.38	-0.2	Ligeramente Ácido
85	LQ-1246	40	42	Desmante	0.29	0.05	0.31	0.16	0.18	-0.21	-0.03	Neutral
86	LQ-1246	42	46	Desmante	0.05	0.05	0.05	0.05	0.18	0	0.18	Ligeramente Básico
87	LQ-1247	46	48	Desmante	0.05	0.05	1.49	1.37	0.18	-0.15	0.03	Neutral
88	LQ-1247	56	58	Desmante	0.05	0.05	1.5	1.47	0.18	-0.05	0.14	Ligeramente Básico
89	LQ-1247	58	59	Desmante	0.05	0.05	1.91	1.67	0.18	-0.32	-0.14	Ligeramente Ácido
90	LQ-1247	59	60.6	Desmante	0.05	0.05	1.29	1.15	0.18	-0.19	0	Neutral
91	LQ-1247	62	64	Desmante	0.05	0.05	1.35	1.25	0.18	-0.14	0.05	Neutral
92	LQ-1247	64	66	Desmante	0.05	0.05	1.61	1.46	0.18	-0.21	-0.03	Neutral
93	LQ-1247	66	67.3	Desmante	0.05	0.05	0.56	0.51	0.18	-0.08	0.11	Ligeramente Básico
Fuente: MYSRL.												

Tabla 3.2.2.3-23 Resultados ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
1	LQ-1031	0	12.05	Mineral	0.12	0.02	0.89	0.84	0.07	-0.06	0.01	Neutral
2	LQ-1107	66	68	Mineral	0.06	0.02	1.14	0.12	0.07	-1.39	-1.32	Moderadamente Ácido
3	LQ-1107	74	75	Mineral	0.05	0.02	0.94	0.66	0.07	-0.38	-0.3	Ligeramente Ácido
4	LQ-1107	76	78	Mineral	0.07	0.02	1.78	1.19	0.07	-0.81	-0.73	Ligeramente Ácido
5	LQ-1108	50.1	52	Mineral	0.02	0.02	0.76	0.67	0.07	-0.13	-0.05	Neutral
6	LQ-1108	52	54	Mineral	0.02	0.02	1.62	1.51	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
7	LQ-1108	54	54.5	Mineral	0.02	0.02	0.99	0.32	0.07	-0.92	-0.84	Ligeramente Ácido
8	LQ-1109	50	52	Mineral	0.04	0.02	0.78	0.69	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
9	LQ-1109	55.35	56	Mineral	0.05	0.02	0.88	0.74	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
10	LQ-1109	56.6	58	Mineral	0.04	0.02	1.71	1.67	0.07	-0.05	0.02	Neutral
11	LQ-1110	76	78.45	Mineral	0.03	0.02	0.83	0.83	0.07	0	0.07	Neutral
12	LQ-1112	6	8	Mineral	0.11	0.02	1.07	0.89	0.07	-0.25	-0.17	Ligeramente Ácido
13	LQ-1112	8	9.7	Mineral	0.08	0.02	1.09	0.92	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
14	LQ-1112	9.7	11	Mineral	0.03	0.02	1.06	0.88	0.07	-0.25	-0.18	Ligeramente Ácido
15	LQ-1112	11	12.05	Mineral	0.06	0.02	1.62	1.35	0.07	-0.37	-0.3	Ligeramente Ácido
16	LQ-1112	12.05	14	Mineral	0.02	0.02	1.11	0.94	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
17	LQ-1112	14	16.5	Mineral	0.04	0.02	0.55	0.45	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
18	LQ-1112	16.5	18	Mineral	0.17	0.02	1.01	0.87	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
19	LQ-1112	18	20	Mineral	0.21	0.02	0.87	0.67	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
20	LQ-1112	20	22	Mineral	0.16	0.02	0.87	0.71	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
21	LQ-1112	22	24	Mineral	0.16	0.02	1.03	0.89	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido
22	LQ-1112	24	24.55	Mineral	0.16	0.02	0.93	0.8	0.07	-0.17	-0.1	Ligeramente Ácido
23	LQ-1112	24.55	26	Mineral	0.08	0.02	1.15	0.71	0.07	-0.6	-0.52	Ligeramente Ácido
24	LQ-1112	26	28	Mineral	0.1	0.02	1.27	0.55	0.07	-0.99	-0.92	Ligeramente Ácido
25	LQ-1112	28	30.45	Mineral	0.04	0.02	1.01	0.49	0.07	-0.72	-0.64	Ligeramente Ácido
26	LQ-1112	30.45	32	Mineral	0.15	0.02	0.55	0.44	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
27	LQ-1112	32	34	Mineral	0.04	0.02	1.31	1.01	0.07	-0.41	-0.34	Ligeramente Ácido
28	LQ-1112	34	35.1	Mineral	0.02	0.02	1.47	1.23	0.07	-0.33	-0.26	Ligeramente Ácido
29	LQ-1112	35.1	36	Mineral	0.06	0.02	1.22	0.98	0.07	-0.34	-0.26	Ligeramente Ácido
30	LQ-1112	36	38	Mineral	0.06	0.02	0.89	0.8	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
31	LQ-1112	38	38.8	Mineral	0.06	0.02	1.15	0.95	0.07	-0.28	-0.2	Ligeramente Ácido
32	LQ-1112	38.8	40	Mineral	0.02	0.02	1.44	1.36	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
33	LQ-1112	40	42	Mineral	0.04	0.02	1.02	0.8	0.07	-0.3	-0.23	Ligeramente Ácido
34	LQ-1114	20	22	Mineral	0.04	0.02	0.93	0.77	0.07	-0.23	-0.15	Ligeramente Ácido
35	LQ-1114	22	24.3	Mineral	0.07	0.02	1.19	1.16	0.07	-0.04	0.03	Neutral
36	LQ-1114	24.3	26.3	Mineral	0.02	0.02	0.94	0.88	0.07	-0.09	-0.02	Neutral
37	LQ-1114	26.3	28	Mineral	0.03	0.02	0.68	0.49	0.07	-0.26	-0.18	Ligeramente Ácido
38	LQ-1114	28	30	Mineral	0.07	0.02	0.91	0.76	0.07	-0.21	-0.13	Ligeramente Ácido
39	LQ-1114	30	32	Mineral	0.03	0.02	1.48	0.82	0.07	-0.9	-0.83	Ligeramente Ácido
40	LQ-1114	32	34	Mineral	0.04	0.02	1.11	0.84	0.07	-0.38	-0.3	Ligeramente Ácido
41	LQ-1114	34	35.3	Mineral	0.03	0.02	0.94	0.81	0.07	-0.18	-0.11	Ligeramente Ácido
42	LQ-1114	35.3	36	Mineral	0.03	0.02	0.57	0.5	0.07	-0.1	-0.03	Neutral
43	LQ-1114	36	38	Mineral	0.02	0.02	0.74	0.66	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
44	LQ-1114	38	40	Mineral	0.05	0.02	0.77	0.69	0.07	-0.11	-0.03	Neutral
45	LQ-1114	40	42.4	Mineral	0.04	0.02	0.73	0.66	0.07	-0.09	-0.02	Neutral
46	LQ-1114	42.4	44	Mineral	0.05	0.02	0.48	0.45	0.07	-0.04	0.03	Neutral

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
47	LQ-1114	44	46	Mineral	0.06	0.02	0.61	0.61	0.07	0	0.07	Neutral
48	LQ-1114	46	48	Mineral	0.07	0.02	0.53	0.5	0.07	-0.03	0.04	Neutral
49	LQ-1114	48	48.9	Mineral	0.05	0.02	1.08	0.99	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
50	LQ-1114	48.9	50	Mineral	0.12	0.02	0.79	0.79	0.07	0	0.07	Neutral
51	LQ-1114	50	52	Mineral	0.05	0.02	0.54	0.5	0.07	-0.06	0.02	Neutral
52	LQ-1114	52	54	Mineral	0.05	0.02	0.82	0.81	0.07	-0.02	0.06	Neutral
53	LQ-1114	54	54.5	Mineral	0.03	0.02	0.75	0.72	0.07	-0.04	0.04	Neutral
54	LQ-1114	54.5	55.65	Mineral	0.05	0.02	0.64	0.62	0.07	-0.03	0.04	Neutral
55	LQ-1117	32	34	Mineral	0.02	0.02	0.58	0.54	0.07	-0.05	0.02	Neutral
56	LQ-1117	34	36	Mineral	0.02	0.02	0.67	0.61	0.07	-0.08	-0.01	Neutral
57	LQ-1117	36	38	Mineral	0.05	0.02	0.66	0.66	0.07	0	0.07	Neutral
58	LQ-1117	38	39.2	Mineral	0.02	0.02	0.95	0.79	0.07	-0.22	-0.14	Ligeramente Ácido
59	LQ-1117	39.2	40	Mineral	0.03	0.02	0.6	0.6	0.07	0	0.07	Neutral
60	LQ-1117	40	42	Mineral	0.02	0.02	0.82	0.82	0.07	0	0.07	Neutral
61	LQ-1117	42	44	Mineral	0.02	0.02	1.44	1.39	0.07	-0.07	0	Neutral
62	LQ-1117	49.05	50	Mineral	0.05	0.02	0.88	0.74	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido
63	LQ-1117	52	54	Mineral	0.12	0.02	1.08	0.87	0.07	-0.29	-0.22	Ligeramente Ácido
64	LQ-1118	33.95	36	Mineral	0.02	0.02	0.32	0.21	0.07	-0.15	-0.07	Neutral
65	LQ-1118	36	36.65	Mineral	0.02	0.02	0.39	0.29	0.07	-0.14	-0.07	Neutral
66	LQ-1118	36.65	37.75	Mineral	0.02	0.02	1.26	1.05	0.07	-0.29	-0.21	Ligeramente Ácido
67	LQ-1118	41.8	44	Mineral	0.16	0.02	0.68	0.54	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido
68	LQ-1123	60	62	Mineral	0.03	0.02	0.4	0.35	0.07	-0.07	0.01	Neutral
69	LQ-1123	62	64	Mineral	0.03	0.02	0.78	0.61	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
70	LQ-1123	64	66	Mineral	0.04	0.02	0.88	0.88	0.07	0	0.07	Neutral
71	LQ-1123	66	68	Mineral	0.03	0.02	0.48	0.48	0.07	0	0.07	Neutral
72	LQ-1123	68	69.35	Mineral	0.03	0.02	0.51	0.47	0.07	-0.06	0.02	Neutral
73	LQ-1123	69.35	70	Mineral	0.04	0.02	0.62	0.62	0.07	0	0.07	Neutral
74	LQ-1123	72	74	Mineral	0.04	0.02	2.05	1.94	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
75	LQ-1123	74	76	Mineral	0.04	0.02	1.82	1.59	0.07	-0.32	-0.24	Ligeramente Ácido
76	LQ-1123	76	78	Mineral	0.06	0.02	1.51	1.35	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
77	LQ-1123	78	80	Mineral	0.04	0.02	0.72	0.66	0.07	-0.08	-0.01	Neutral
78	LQ-1123	80	81.7	Mineral	0.08	0.02	1.29	1.29	0.07	0	0.07	Neutral
79	LQ-1123	81.7	84	Mineral	0.2	0.02	0.58	0.58	0.08	0	0.08	Neutral
80	LQ-1125	10	12	Mineral	0.02	0.02	1.15	1.06	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
81	LQ-1125	12	12.6	Mineral	0.02	0.02	1.05	0.95	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
82	LQ-1125	16	17.55	Mineral	0.03	0.02	1.58	1.41	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
83	LQ-1125	17.55	20	Mineral	0.02	0.02	1.08	0.99	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
84	LQ-1125	20	20.6	Mineral	0.02	0.02	2.31	2.05	0.07	-0.36	-0.28	Ligeramente Ácido
85	LQ-1125	20.6	22	Mineral	0.07	0.02	1.14	1.04	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
86	LQ-1125	22	24	Mineral	0.02	0.02	1.14	0.93	0.07	-0.28	-0.21	Ligeramente Ácido
87	LQ-1125	24	24.55	Mineral	0.02	0.02	1.42	1.25	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido



N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
88	LQ-1125	24.55	25.65	Mineral	0.09	0.02	1.26	1.17	0.07	-0.12	-0.05	Neutral
89	LQ-1125	26.65	28	Mineral	0.02	0.02	1.04	0.92	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
90	LQ-1125	28	30	Mineral	0.02	0.02	1.06	0.91	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
91	LQ-1125	30	32	Mineral	0.02	0.02	0.55	0.48	0.07	-0.1	-0.03	Neutral
92	LQ-1125	32	34	Mineral	0.02	0.02	0.91	0.76	0.07	-0.2	-0.12	Ligeramente Ácido
93	LQ-1125	34	36	Mineral	0.03	0.02	0.88	0.82	0.07	-0.09	-0.02	Neutral
94	LQ-1125	36	37.85	Mineral	0.02	0.02	0.67	0.59	0.07	-0.11	-0.04	Neutral
95	LQ-1125	37.85	39	Mineral	0.1	0.02	0.98	0.91	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
96	LQ-1125	40.4	42	Mineral	0.02	0.02	1.18	1.02	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
97	LQ-1125	42	44	Mineral	0.06	0.02	1.22	1.1	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
98	LQ-1125	44	45.9	Mineral	0.02	0.02	1.54	1.35	0.07	-0.26	-0.19	Ligeramente Ácido
99	LQ-1125	45.9	48.4	Mineral	0.03	0.02	0.94	0.87	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
100	LQ-1125	48.4	50	Mineral	0.04	0.02	1.28	1.16	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
101	LQ-1125	50	52	Mineral	0.02	0.02	0.84	0.78	0.07	-0.08	-0.01	Neutral
102	LQ-1125	52	54	Mineral	0.02	0.02	0.93	0.83	0.07	-0.14	-0.07	Neutral
103	LQ-1127	6	8.2	Mineral	0.1	0.02	1.12	0.89	0.07	-0.31	-0.24	Ligeramente Ácido
104	LQ-1127	8.2	10	Mineral	0.03	0.02	0.91	0.73	0.07	-0.26	-0.18	Ligeramente Ácido
105	LQ-1127	10	11.45	Mineral	0.03	0.02	0.83	0.59	0.07	-0.34	-0.26	Ligeramente Ácido
106	LQ-1127	11.45	12	Mineral	0.02	0.02	0.81	0.58	0.07	-0.31	-0.24	Ligeramente Ácido
107	LQ-1127	12	12.95	Mineral	0.02	0.02	1.7	1.15	0.07	-0.75	-0.68	Ligeramente Ácido
108	LQ-1127	12.95	14	Mineral	0.04	0.02	1.22	1.01	0.07	-0.29	-0.21	Ligeramente Ácido
109	LQ-1127	16	16.55	Mineral	0.02	0.02	1.46	0.91	0.07	-0.75	-0.68	Ligeramente Ácido
110	LQ-1127	16.55	17.65	Mineral	0.24	0.02	0.71	0.54	0.07	-0.23	-0.15	Ligeramente Ácido
111	LQ-1127	17.65	20	Mineral	0.06	0.02	1.08	0.95	0.07	-0.18	-0.11	Ligeramente Ácido
112	LQ-1127	22.2	24	Mineral	0.03	0.03	1.13	0.87	0.12	-0.36	-0.24	Ligeramente Ácido
113	LQ-1127	24	25.8	Mineral	0.02	0.02	0.91	0.61	0.07	-0.4	-0.33	Ligeramente Ácido
114	LQ-1127	27.4	28	Mineral	0.02	0.02	3.03	2.39	0.07	-0.88	-0.8	Ligeramente Ácido
115	LQ-1127	28	30	Mineral	0.02	0.02	0.75	0.52	0.07	-0.32	-0.25	Ligeramente Ácido
116	LQ-1127	30	32	Mineral	0.02	0.02	0.89	0.59	0.07	-0.41	-0.34	Ligeramente Ácido
117	LQ-1127	32	34	Mineral	0.03	0.02	1.26	0.88	0.07	-0.52	-0.45	Ligeramente Ácido
118	LQ-1127	34	36	Mineral	0.02	0.02	0.92	0.71	0.07	-0.29	-0.22	Ligeramente Ácido
119	LQ-1127	36	36.65	Mineral	0.04	0.02	1.09	0.82	0.07	-0.37	-0.29	Ligeramente Ácido
120	LQ-1127	36.65	38	Mineral	0.08	0.02	0.96	0.76	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
121	LQ-1127	40	40.8	Mineral	0.14	0.02	1.57	1.32	0.07	-0.34	-0.27	Ligeramente Ácido
122	LQ-1127	40.8	42	Mineral	0.08	0.02	0.98	0.71	0.07	-0.38	-0.3	Ligeramente Ácido
123	LQ-1127	42	44	Mineral	0.07	0.02	0.8	0.55	0.07	-0.35	-0.28	Ligeramente Ácido

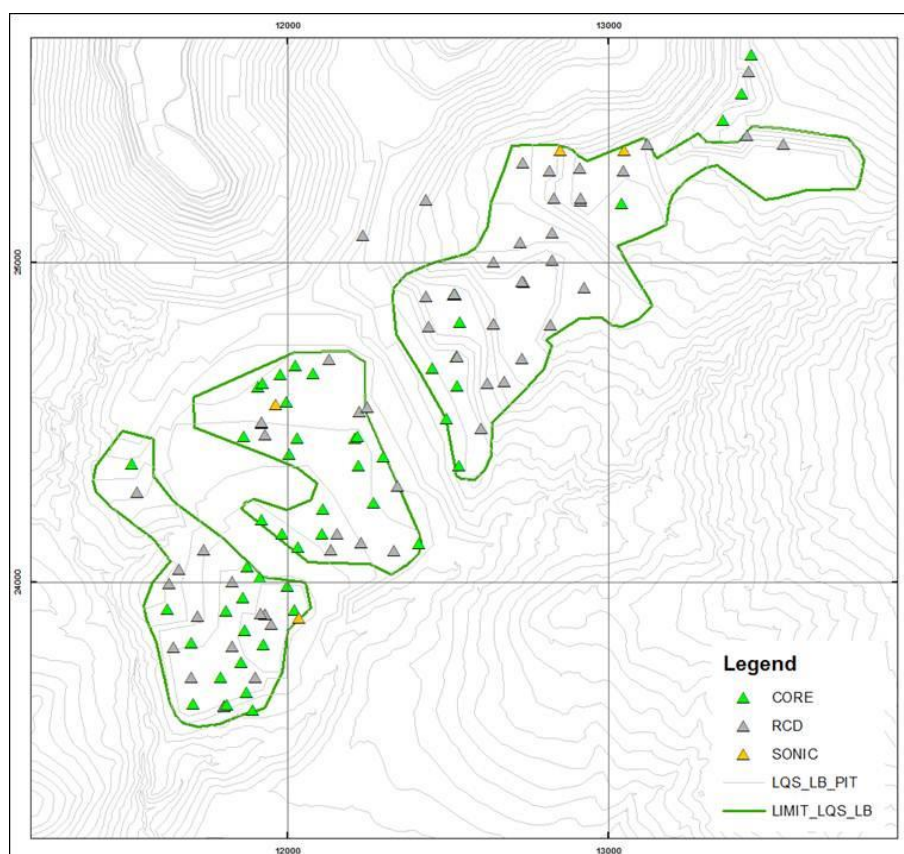
N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
124	LQ-1127	44	46	Mineral	0.06	0.02	0.89	0.66	0.07	-0.31	-0.24	Ligeramente Ácido
125	LQ-1127	46	48	Mineral	0.05	0.02	0.71	0.49	0.07	-0.29	-0.22	Ligeramente Ácido
126	LQ-1127	48	50	Mineral	0.05	0.02	0.72	0.55	0.07	-0.23	-0.15	Ligeramente Ácido
127	LQ-1127	50	51.75	Mineral	0.06	0.02	0.68	0.49	0.07	-0.26	-0.19	Ligeramente Ácido
128	LQ-1127	51.75	54	Mineral	0.06	0.02	1.04	0.75	0.07	-0.4	-0.33	Ligeramente Ácido
129	LQ-1127	54	54.8	Mineral	0.08	0.02	1.09	0.64	0.07	-0.61	-0.54	Ligeramente Ácido
130	LQ-1127	56	58	Mineral	0.06	0.02	0.65	0.47	0.07	-0.25	-0.18	Ligeramente Ácido
131	LQ-1127	58	60.1	Mineral	0.05	0.02	1.02	0.73	0.07	-0.4	-0.32	Ligeramente Ácido
132	LQ-1128	8	10	Mineral	0.17	0.02	1.3	1.09	0.07	-0.29	-0.21	Ligeramente Ácido
133	LQ-1128	12	14	Mineral	0.13	0.02	1.29	0.95	0.07	-0.47	-0.4	Ligeramente Ácido
134	LQ-1128	14	15.5	Mineral	0.07	0.02	1.23	0.91	0.07	-0.45	-0.37	Ligeramente Ácido
135	LQ-1128	15.5	16	Mineral	0.1	0.02	1.32	1.08	0.07	-0.33	-0.26	Ligeramente Ácido
136	LQ-1128	18	18.7	Mineral	0.15	0.02	1.59	1.33	0.07	-0.36	-0.28	Ligeramente Ácido
137	LQ-1128	18.7	20	Mineral	0.05	0.02	2.71	1.9	0.07	-1.11	-1.04	Moderadamente Ácido
138	LQ-1128	20	22	Mineral	0.16	0.02	2.59	2.04	0.07	-0.75	-0.68	Ligeramente Ácido
139	LQ-1128	24	26	Mineral	0.13	0.02	1.75	1.51	0.07	-0.33	-0.26	Ligeramente Ácido
140	LQ-1128	28	28.5	Mineral	0.06	0.02	0.82	0.61	0.07	-0.28	-0.2	Ligeramente Ácido
141	LQ-1128	28.5	30	Mineral	0.08	0.02	0.47	0.31	0.07	-0.23	-0.15	Ligeramente Ácido
142	LQ-1128	30	32	Mineral	0.12	0.02	1.7	1.41	0.07	-0.4	-0.32	Ligeramente Ácido
143	LQ-1128	32	34	Mineral	0.09	0.02	0.82	0.56	0.07	-0.36	-0.28	Ligeramente Ácido
144	LQ-1128	34	35.9	Mineral	0.12	0.02	1	0.63	0.07	-0.5	-0.43	Ligeramente Ácido
145	LQ-1128	35.9	38	Mineral	0.12	0.02	1.07	0.81	0.07	-0.35	-0.28	Ligeramente Ácido
146	LQ-1128	40.35	42	Mineral	0.06	0.02	0.63	0.41	0.07	-0.3	-0.23	Ligeramente Ácido
147	LQ-1128	42	44	Mineral	0.09	0.02	0.8	0.52	0.07	-0.38	-0.31	Ligeramente Ácido
148	LQ-1128	44	46	Mineral	0.12	0.02	0.85	0.57	0.07	-0.39	-0.32	Ligeramente Ácido
149	LQ-1128	46	46.65	Mineral	0.03	0.02	0.82	0.72	0.07	-0.13	-0.06	Neutral
150	LQ-1128	46.65	48	Mineral	0.07	0.02	1.23	1.06	0.07	-0.23	-0.16	Ligeramente Ácido
151	LQ-1128	48	50	Mineral	0.03	0.02	1.2	1.09	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
152	LQ-1128	50	52	Mineral	0.08	0.02	0.76	0.74	0.07	-0.02	0.05	Neutral
153	LQ-1129	6	7	Mineral	0.13	0.02	0.99	0.99	0.07	0	0.07	Neutral
154	LQ-1129	7	8	Mineral	0.06	0.02	2.19	1.98	0.07	-0.29	-0.21	Ligeramente Ácido
155	LQ-1129	8	10	Mineral	0.06	0.02	1.56	1.31	0.07	-0.34	-0.27	Ligeramente Ácido
156	LQ-1129	10	12	Mineral	0.22	0.02	0.88	0.77	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
157	LQ-1129	12	12.9	Mineral	0.18	0.02	1.09	1.02	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
158	LQ-1129	12.9	14	Mineral	0.04	0.02	1.04	0.9	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido
159	LQ-1129	14	16	Mineral	0.02	0.02	0.47	0.4	0.07	-0.11	-0.03	Neutral

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
160	LQ-1129	16	17.5	Mineral	0.16	0.02	1.24	1.04	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
161	LQ-1129	17.5	18	Mineral	0.38	0.02	0.95	0.8	0.07	-0.2	-0.13	Ligeramente Ácido
162	LQ-1129	18	19.6	Mineral	0.21	0.02	0.87	0.67	0.07	-0.28	-0.2	Ligeramente Ácido
163	LQ-1129	19.6	22	Mineral	0.07	0.02	1.37	1.15	0.07	-0.3	-0.23	Ligeramente Ácido
164	LQ-1129	22	24	Mineral	0.16	0.02	1.28	0.94	0.07	-0.46	-0.39	Ligeramente Ácido
165	LQ-1129	24	26	Mineral	0.08	0.02	0.86	0.62	0.07	-0.33	-0.26	Ligeramente Ácido
166	LQ-1129	28	29.4	Mineral	0.12	0.02	0.56	0.44	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
167	LQ-1129	30	32	Mineral	0.12	0.02	0.67	0.45	0.07	-0.29	-0.22	Ligeramente Ácido
168	LQ-1129	32	32.85	Mineral	0.07	0.02	0.84	0.65	0.07	-0.25	-0.18	Ligeramente Ácido
169	LQ-1129	32.85	34	Mineral	0.1	0.02	0.76	0.54	0.07	-0.31	-0.24	Ligeramente Ácido
170	LQ-1129	34	36	Mineral	0.07	0.02	0.85	0.55	0.07	-0.42	-0.35	Ligeramente Ácido
171	LQ-1129	36.55	38	Mineral	0.08	0.02	1.18	0.94	0.07	-0.33	-0.26	Ligeramente Ácido
172	LQ-1129	38	40.45	Mineral	0.09	0.02	1.16	0.96	0.07	-0.28	-0.21	Ligeramente Ácido
173	LQ-1130	6.4	8	Mineral	0.03	0.02	1.32	1.28	0.07	-0.05	0.02	Neutral
174	LQ-1130	8	10	Mineral	0.02	0.02	0.78	0.77	0.07	-0.01	0.07	Neutral
175	LQ-1130	10	11.8	Mineral	0.02	0.02	1.55	1.43	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
176	LQ-1130	11.8	13.6	Mineral	0.04	0.02	1.28	1.21	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
177	LQ-1130	16	18.1	Mineral	0.03	0.02	1.23	1.22	0.07	-0.01	0.06	Neutral
178	LQ-1130	18.1	20	Mineral	0.02	0.02	0.81	0.8	0.07	-0.01	0.06	Neutral
179	LQ-1130	20	22	Mineral	0.02	0.02	0.97	0.85	0.07	-0.15	-0.08	Neutral
180	LQ-1133	66	68	Mineral	0.05	0.02	1.35	1.14	0.07	-0.29	-0.22	Ligeramente Ácido
181	LQ-1133	68	69.45	Mineral	0.04	0.02	1.22	1	0.07	-0.31	-0.23	Ligeramente Ácido
182	LQ-1133	69.45	71	Mineral	0.06	0.02	0.96	0.84	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
183	LQ-1133	74	76	Mineral	0.02	0.02	2.32	1.91	0.07	-0.56	-0.49	Ligeramente Ácido
184	LQ-1133	76	78	Mineral	0.02	0.02	1.22	1.02	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
185	LQ-1134	60	62	Mineral	0.05	0.02	0.64	0.6	0.07	-0.06	0.01	Neutral
186	LQ-1134	66	68	Mineral	0.04	0.02	0.98	0.87	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
187	LQ-1134	68	70	Mineral	0.02	0.02	0.98	0.97	0.07	-0.01	0.06	Neutral
188	LQ-1137	36	48	Mineral	0.05	0.02	0.99	0.96	0.07	-0.05	0.02	Neutral
189	LQ-1137	48	60.5	Mineral	0.05	0.02	1.17	0.98	0.07	-0.26	-0.19	Ligeramente Ácido
190	LQ-1137	60.5	71.75	Mineral	0.04	0.02	1.55	1.28	0.07	-0.37	-0.3	Ligeramente Ácido
191	LQ-1138	21.65	23.55	Mineral	0.06	0.02	1.01	0.81	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
192	LQ-1138	23.55	25	Mineral	0.04	0.02	1.94	1.6	0.07	-0.47	-0.39	Ligeramente Ácido
193	LQ-1138	25	26.1	Mineral	0.08	0.02	0.88	0.8	0.07	-0.1	-0.02	Neutral
194	LQ-1138	28	30	Mineral	0.06	0.02	0.91	0.77	0.07	-0.18	-0.11	Ligeramente Ácido
195	LQ-1138	31.2	32.5	Mineral	0.06	0.02	0.54	0.49	0.07	-0.07	0	Neutral
196	LQ-1138	32.5	34	Mineral	0.05	0.02	0.73	0.61	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
197	LQ-1138	34	36	Mineral	0.03	0.02	1.15	1.04	0.07	-0.15	-0.08	Neutral

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
198	LQ-1138	36	37.15	Mineral	0.08	0.02	1.1	1	0.07	-0.15	-0.07	Neutral
199	LQ-1138	37.15	38.5	Mineral	0.09	0.02	0.75	0.68	0.07	-0.1	-0.03	Neutral
200	LQ-1138	38.5	40	Mineral	0.05	0.02	0.92	0.82	0.07	-0.13	-0.06	Neutral
201	LQ-1138	40	42	Mineral	0.07	0.02	1.03	0.87	0.07	-0.21	-0.14	Ligeramente Ácido
202	LQ-1138	42	43.2	Mineral	0.04	0.02	0.61	0.51	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
203	LQ-1138	43.2	44.2	Mineral	0.06	0.02	1.18	1.11	0.07	-0.09	-0.02	Neutral
204	LQ-1138	44.2	46.5	Mineral	0.04	0.02	1.07	0.91	0.07	-0.22	-0.15	Ligeramente Ácido
205	LQ-1138	46.5	48.8	Mineral	0.02	0.02	1.25	1.05	0.07	-0.27	-0.2	Ligeramente Ácido
206	LQ-1138	48.8	50.6	Mineral	0.11	0.02	0.9	0.85	0.07	-0.07	0.01	Neutral
207	LQ-1138	50.6	52	Mineral	0.06	0.02	1.16	1.03	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
208	LQ-1138	52	54	Mineral	0.08	0.02	0.85	0.73	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
209	LQ-1138	54	56	Mineral	0.16	0.02	0.97	0.87	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
210	LQ-1138	56	57.65	Mineral	0.04	0.02	0.81	0.68	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
211	LQ-1138	57.65	60	Mineral	0.05	0.02	0.84	0.8	0.07	-0.05	0.02	Neutral
212	LQ-1138	60	62.4	Mineral	0.03	0.02	0.9	0.78	0.07	-0.16	-0.08	Neutral
213	LQ-1138	62.4	64	Mineral	0.03	0.02	0.77	0.66	0.07	-0.16	-0.08	Neutral
214	LQ-1138	64	66	Mineral	0.03	0.02	1.15	0.88	0.07	-0.38	-0.3	Ligeramente Ácido
215	LQ-1138	68	70	Mineral	0.04	0.02	1.16	0.97	0.07	-0.27	-0.19	Ligeramente Ácido
216	LQ-1138	70	72	Mineral	0.05	0.02	0.9	0.72	0.07	-0.24	-0.16	Ligeramente Ácido
217	LQ-1138	78.8	80.4	Mineral	0.11	0.02	0.96	0.82	0.07	-0.18	-0.11	Ligeramente Ácido
218	LQ-1148	11.45	24.25	Mineral	0.1	0.02	1.49	1.49	0.07	0	0.07	Neutral
219	LQ-1148	24.25	36	Mineral	0.19	0.06	1.34	1.34	0.23	0	0.23	Ligeramente Básico
220	LQ-1148	36	48	Mineral	0.06	0.02	0.87	0.83	0.08	-0.06	0.02	Neutral
221	LQ-1148	48	60	Mineral	0.02	0.02	0.75	0.74	0.07	-0.01	0.06	Neutral
222	LQ-1148	60	72	Mineral	0.02	0.02	0.86	0.85	0.07	-0.02	0.06	Neutral
223	LQ-1150	12	24	Mineral	0.08	0.02	0.75	0.63	0.07	-0.16	-0.09	Neutral
224	LQ-1239	60	62	Mineral	0.04	0.02	1.41	1.14	0.07	-0.38	-0.3	Ligeramente Ácido
225	LQ-1239	62	64	Mineral	0.03	0.02	1.19	1.09	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
226	LQ-1239	64	65.6	Mineral	0.04	0.02	1.69	1.54	0.07	-0.21	-0.14	Ligeramente Ácido
227	LQ-1239	65.6	67.4	Mineral	0.04	0.02	1.52	1.46	0.07	-0.09	-0.02	Neutral
228	LQ-1239	67.4	68	Mineral	0.37	0.18	0.51	0.51	0.67	0	0.67	Ligeramente Básico
229	LQ-1239	68	69.05	Mineral	0.11	0.02	0.63	0.58	0.07	-0.07	0.01	Neutral
230	LQ-1239	69.05	70	Mineral	0.04	0.02	0.7	0.6	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
231	LQ-1239	70	72.05	Mineral	0.03	0.02	1.25	1.03	0.07	-0.3	-0.23	Ligeramente Ácido
232	LQ-1240	44	46.4	Mineral	0.05	0.02	0.99	0.85	0.07	-0.19	-0.12	Ligeramente Ácido
233	LQ-1240	46.4	47	Mineral	0.34	0.04	0.89	0.8	0.16	-0.13	0.03	Neutral
234	LQ-1240	47	48.6	Mineral	0.18	0.03	1.22	1.09	0.11	-0.17	-0.06	Neutral
235	LQ-1240	48.6	50.2	Mineral	0.06	0.02	1.31	1.16	0.07	-0.21	-0.13	Ligeramente Ácido
236	LQ-1240	50.2	52	Mineral	0.23	0.03	0.95	0.87	0.1	-0.11	-0.01	Neutral

N°	Taladro	desde	hasta	Tipo de material	C <sub>total</sub> %	C <sub>res</sub> %	S <sub>total</sub> %	S <sub>sulfuro</sub> %	ANP	AGP	NCV	Clasificación NCV
237	LQ-1244	58	60	Mineral	0.05	0.05	1.6	1.45	0.18	-0.2	-0.01	Neutral
238	LQ-1244	60	61	Mineral	0.05	0.05	1.01	0.83	0.18	-0.25	-0.06	Neutral
239	LQ-1244	61	62.55	Mineral	0.05	0.05	1.99	1.76	0.18	-0.32	-0.14	Ligeramente Ácido
240	LQ-1244	62.55	64	Mineral	0.05	0.05	1.01	0.99	0.18	-0.04	0.15	Ligeramente Básico
241	LQ-1244	64	65.2	Mineral	0.05	0.05	0.65	0.54	0.18	-0.15	0.03	Neutral
242	LQ-1244	65.2	67	Mineral	0.05	0.05	1.1	0.91	0.18	-0.25	-0.07	Neutral
243	LQ-1245	56	58	Mineral	0.05	0.05	0.78	0.68	0.18	-0.14	0.05	Neutral
244	LQ-1245	58	59	Mineral	0.05	0.05	0.8	0.7	0.18	-0.14	0.04	Neutral
245	LQ-1245	59	60	Mineral	0.05	0.05	0.88	0.76	0.18	-0.17	0.02	Neutral
246	LQ-1245	60	61	Mineral	0.05	0.05	0.64	0.56	0.18	-0.1	0.08	Neutral
247	LQ-1245	61	62	Mineral	0.05	0.05	1.6	1.34	0.18	-0.35	-0.17	Ligeramente Ácido
248	LQ-1245	62	64	Mineral	0.05	0.05	0.88	0.79	0.18	-0.12	0.06	Neutral
249	LQ-1245	66	68	Mineral	0.05	0.05	0.87	0.68	0.18	-0.25	-0.07	Neutral
250	LQ-1247	44	46	Mineral	0.05	0.05	0.88	0.8	0.18	-0.12	0.07	Neutral
251	LQ-1247	48	50.15	Mineral	0.05	0.05	1.22	1.03	0.18	-0.26	-0.07	Neutral
252	LQ-1247	50.15	52	Mineral	0.05	0.05	1.77	1.51	0.18	-0.36	-0.17	Ligeramente Ácido
253	LQ-1247	52	54	Mineral	0.05	0.05	0.94	0.9	0.18	-0.05	0.13	Ligeramente Básico
254	LQ-1247	54	56	Mineral	0.05	0.05	1.29	1.18	0.18	-0.15	0.03	Neutral
255	LQ-1247	60.6	62	Mineral	0.1	0.05	0.91	0.9	0.18	-0.02	0.16	Ligeramente Básico
256	STZ-043	50	60	Mineral	0.07	0.02	0.86	0.73	0.07	-0.18	-0.1	Ligeramente Ácido
257	STZ-043	60	70	Mineral	0.05	0.02	0.72	0.62	0.07	-0.14	-0.06	Neutral
258	STZ-043	70	80	Mineral	0.07	0.01	0.87	0.7	0.04	-0.23	-0.2	Ligeramente Ácido
<b>Fuente:</b> MYSRL, 2019												

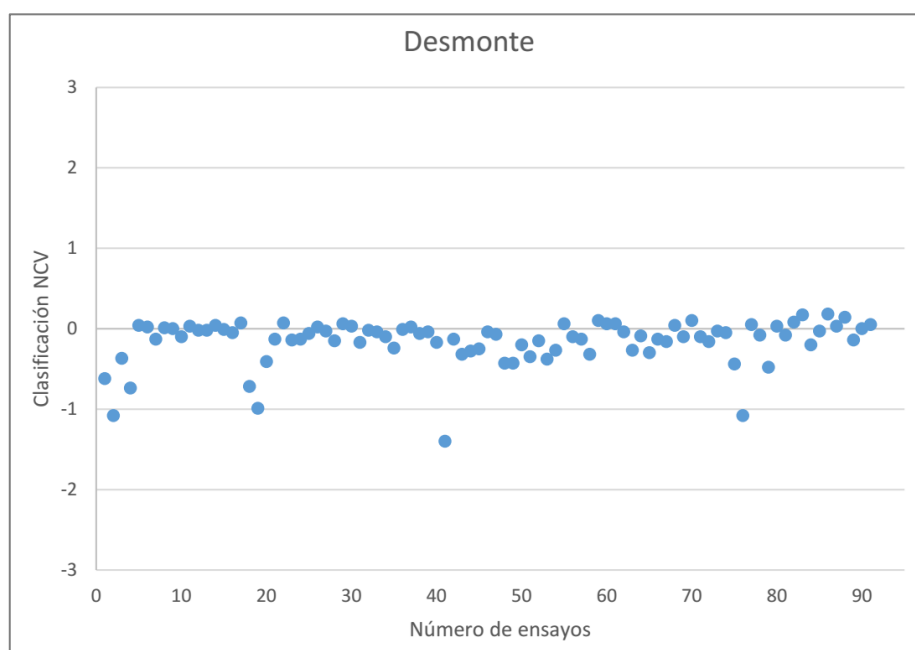
La ubicación y densidad de los taladros se puede apreciar en el mapa mostrado en la Figura 3.2.2.3-7, *Densidad de los Taladros Realizados en el Depósito La Quinua Sur Robust Layback*.

**Figura 3.2.2.3-7 Densidad de los Taladros Realizados en el Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

Fuente: MYSRL.

En el Gráfico 3.2.2.3-19, *Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback* y Gráfico 3.2.2.3-20, *Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback*, se pueden observar la dispersión de los resultados para el ensayo NCV del desmonte y mineral, respectivamente.

**Gráfico 3.2.2.3-19**      **Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

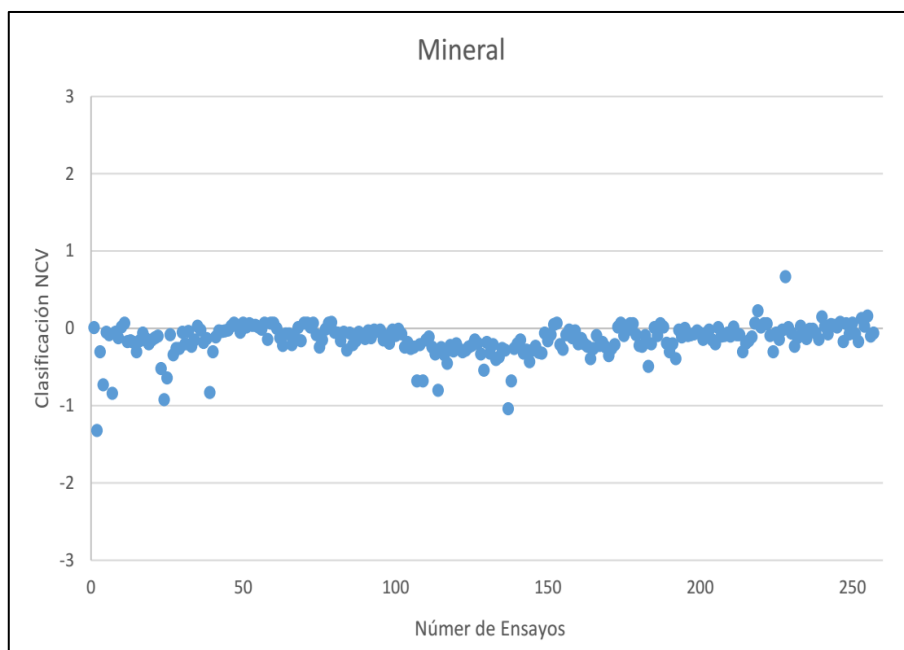


Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-20**  
**Sur Robust Layback**

**Dispersión de Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua**



Fuente: MYSRL.

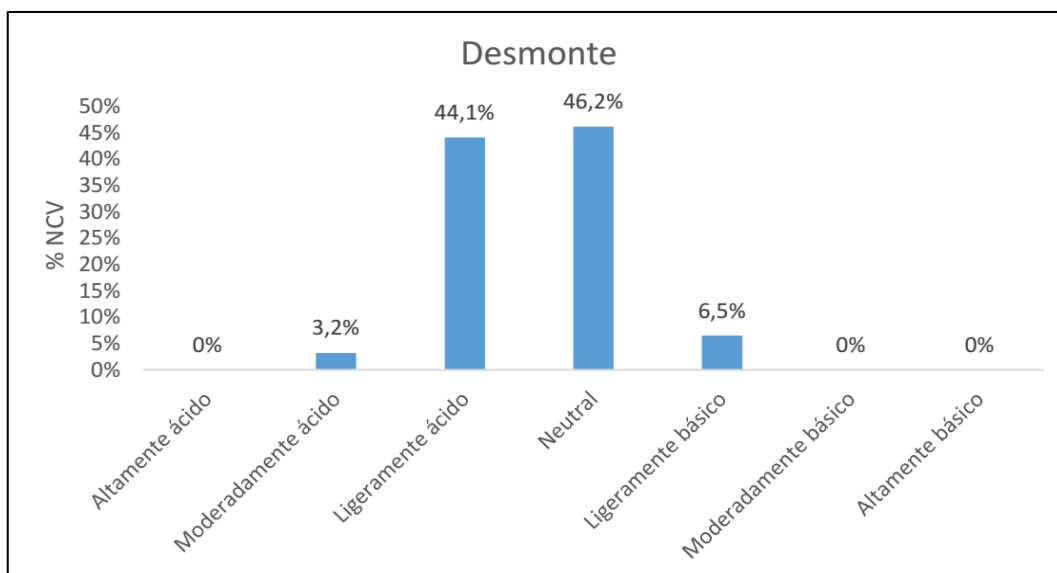
Los resultados indican que 44% del desmonte se clasifica como ligeramente ácido y 46% como neutral mientras que para el mineral 52% se clasifica como ligeramente ácido y 46% como neutral (Tabla 3.2.2.3-24, *Porcentaje de Resultados Ensayo NCV para el Depósito La Quinua Sur Robust Layback*), lo cual indica un comportamiento muy parecido entre desmonte y mineral. En el Gráfico 3.2.2.3-21, *Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Desmonte del Depósito La Quinua Sur Robust Layback* y Gráfico 3.2.2.3-22, *Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback*, se puede observar la comparación entre el porcentaje obtenido para cada clasificación, para el desmonte y para el mineral respectivamente.

**Tabla 3.2.2.3-24 Porcentaje de Resultados Ensayo NCV para el Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

Tipo de material	Componente	Altamente ácido	Moderadamente ácido	Ligeramente ácido	Neutral	Ligeramente básico	Moderadamente básico	Altamente básico	Total
Desmontes	La Quinua Sur	0%	3,2%	44,1%	46,2%	6,5%	0%	0%	100%
Mineral	Layback	0%	0,8%	51,6%	45,7%	1,9%	0%	0%	100%

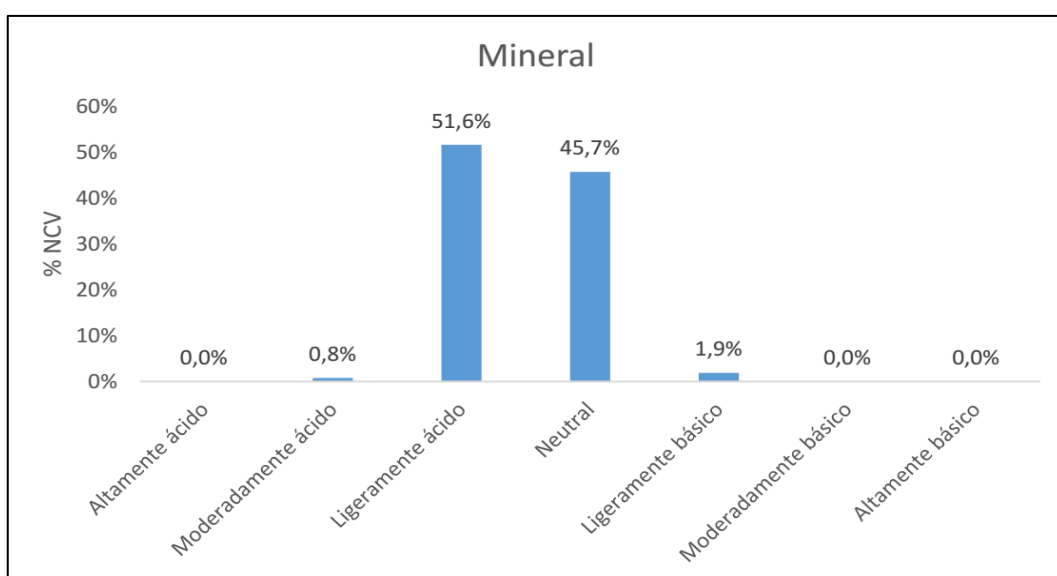
Fuente: MYSRL

**Gráfico 3.2.2.3-21 Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Desmante del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback**



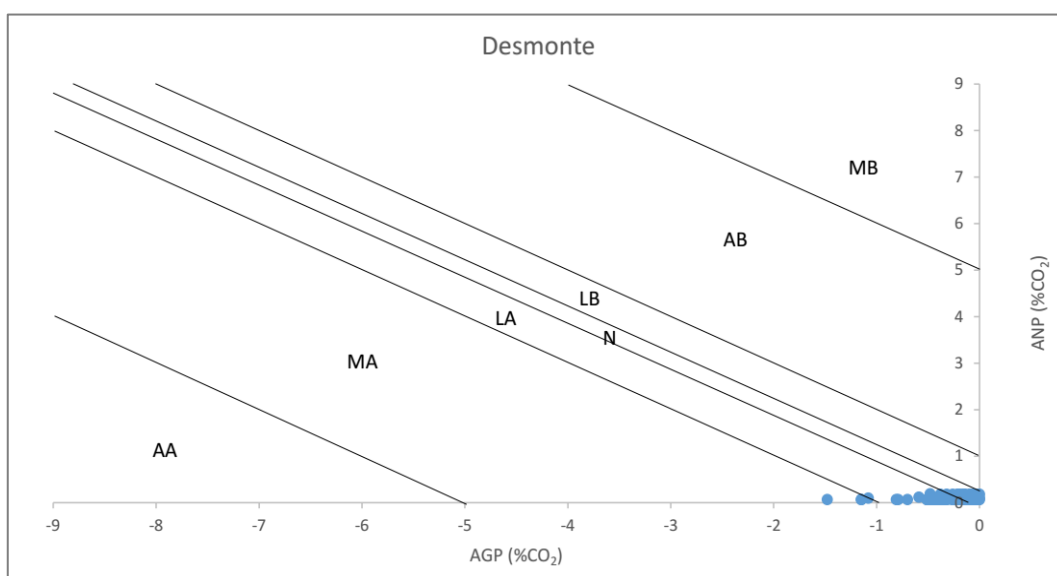
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-22 Histograma de los Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback**

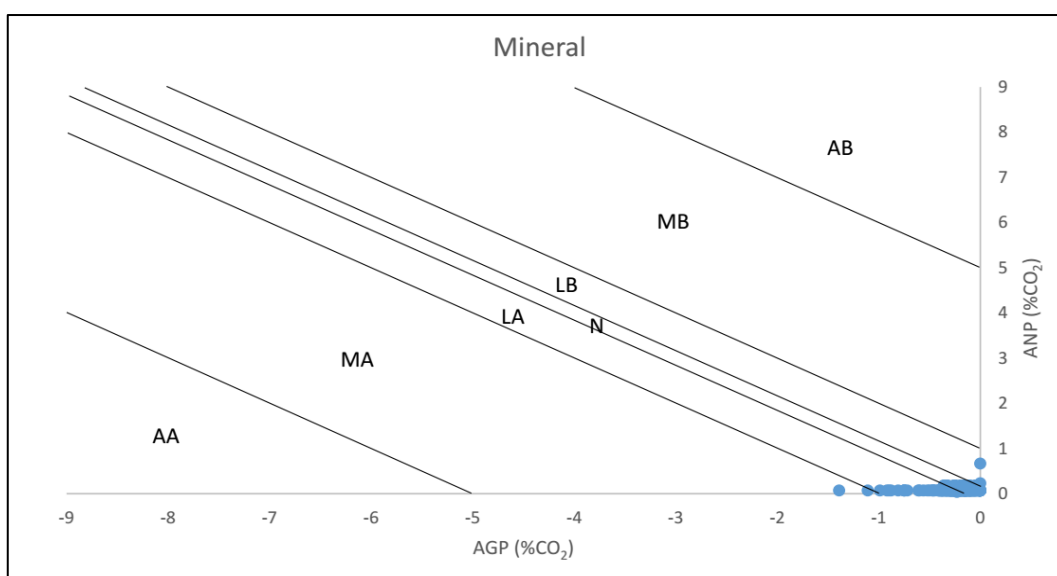


Fuente: MYSRL.

Los resultados del ensayo NCV visual mediante el gráfico AGP vs. ANP (Gráfico 3.2.2.3-23, AGP vs. ANP para el Desmante del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback y Gráfico 3.2.2.3-24, AGP vs. ANP para el Mineral del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback) coinciden con los presentados en la Tabla 3.2.2.3- 20, Resultados Ensayo NCV para el Mineral del Depósito La Quinoa Sur Robust Layback, donde los resultados del ensayo NCV se distribuyen mayoritariamente entre ligeramente ácido a neutral.

**Gráfico 3.2.2.3-23 AGP vs. ANP para el Desmante del Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-24 AGP vs. ANP para el Mineral del Depósito La Quinua Sur Robust Layback**

Fuente: MYSRL.

**Desmante y Mineral Proveniente de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4), Chaquicocha Subterráneo y Tajo Maqui Maqui Sur**

Los resultados de la caracterización geoquímica fueron presentados en la Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este aprobada mediante RD 361-2016-MEM-DGAAM. Los resultados de la caracterización geoquímica han sido obtenidos MYSRL, así como por laboratorios independientes, los cuales se presentan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

**Valor de Carbonato Neto**

A partir de los resultados de la evaluación geoquímica (ver Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*), se realizó un análisis comparativo de la caracterización de potencial generación de acidez para los tipos de material a generarse (mineral o desmante) para cada componente de la presente modificación. Para el muestreo se tomó en cuenta la abundancia relativa de cada tipo de material y luego se clasificó de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla 3.2.2.3-1, *Criterios de Calificación según Resultados NCV*. Los resultados del

análisis se presentan en la Tabla 3.2.2.3-25, *Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV por Tipo de Material*.

**Tabla 3.2.2.3-25 Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV por Tipo de Material**

Tipo de material	Componente	Altamente ácido	Ácido	Ligeramente ácido	Inerte/ Neutral	Ligeramente básico	Básico	Total
Material de desmonte	Chaquicocha - Etapa 2	61%	10%	2%	20%	6%	0%	100%
	Chaquicocha - Etapa 3	5%	24%	13%	53%	5%	0%	100%
	Chaquicocha - Etapa 4	6%	47%	22%	27%	0%	0%	100%
	Chaquicocha Subterráneo	40%	0%	0%	0%	60%	0%	100%
	Maqui Maqui - Sur Etapa 2	26%	43%	7%	21%	2%	0%	100%
Mineral	Chaquicocha - Etapa 2	61%	18%	4%	8%	10%	0%	100%
	Chaquicocha - Etapa 3	13%	22%	13%	47%	5%	0%	100%
	Chaquicocha - Etapa 4	9%	45%	20%	25%	0%	0%	100%
	Chaquicocha Subterráneo	84%	15%	0%	1%	0%	0%	100%
	Maqui Maqui Sur - Etapa 2	41%	37%	6%	14%	1%	0%	100%
Ripios	Plataforma de lixiviación Carachugo	2%	0%	33%	65%	0%	0%	100%
<b>Fuente:</b> Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Insideo (2016).								

#### Complejo Chaquicocha - Tajo Chaquicocha

Como parte de la caracterización de la Etapa 2 del Tajo Chaquicocha, se analizaron un total de 3,103 muestras de tramos de 10 metros pertenecientes a 293 sondajes. Un total de 818 muestras fueron clasificadas como material de desmonte y un total de 2,285 fueron clasificadas como mineral. La distribución NCV entre mineral y desmonte es relativamente similar. En ambos casos, un porcentaje entre 73 y 83% de muestras fueron clasificadas como ácidas (altamente ácido a ligeramente ácido), es decir, con un potencial moderado para producir aguas ácidas. La fracción restante de muestras está distribuida mayormente entre material inerte y ligeramente básico. En el material de desmonte el porcentaje de tipo inerte/neutro es mayor, con un 20%, a comparación del mineral, con un 8%.

En la caracterización de la Etapa 3 del Tajo Chaquicocha se analizaron un total de 8,803 muestras de tramos de 10 metros pertenecientes a 488 sondajes. Un total de 3,510 fueron clasificadas como desmonte y un total de 5,293 fueron clasificadas como mineral. La distribución NCV entre mineral y desmonte es bastante similar. Al menos el 50% de muestras fueron clasificadas como inertes o neutrales, es decir, sin potencial para producir aguas ácidas. El otro 50% de material está distribuido entre ligeramente básico, ligeramente ácido y ácido, sobre el cual predomina la acidez con alrededor de 42 - 48% sobre el total inicial.

En la caracterización de la Etapa 4 del Tajo Chaquicocha se analizaron un total de 825 muestras de tramos de 10 metros pertenecientes a 66 sondajes. Un total de 200 fueron clasificadas como desmonte y un total de 625 fueron clasificadas como mineral. La distribución NCV entre mineral y desmonte es relativamente similar; en ambos casos, un porcentaje entre 53 y 54% de muestras fueron clasificadas como ácidas, es decir, con un potencial moderado para producir aguas ácidas. La fracción restante de muestras está distribuida mayormente entre material inerte y ligeramente básico. El material clasificado como inerte/neutro varía entre 25 y 27%, mientras que para el material ligeramente ácido varía entre 20 y 22%.

#### Complejo Chaquicocha - Chaquicocha Subterráneo

Como parte de la explotación subterránea del yacimiento Chaquicocha Sur se analizaron un total de 86 muestras de tramos de 10 metros pertenecientes a 82 sondajes. Un total de 5 muestras fueron clasificadas como material de desmonte y un total de 81 fueron clasificadas como mineral. El mineral es

predominante ácido. Las muestras de desmonte fueron escasas ya que la gran mayoría del material muestreado presentó leyes mayores a 0.1 gpt; sin embargo, las cinco muestras indican una distribución de 60% de material ligeramente básico. Parte de estos resultados fueron presentados y aprobados en la Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este aprobado mediante R.D. N° 361-2016-MEM-DGAAM.

#### *Complejo Maqui Maqui - Tajo Maqui Maqui Sur – Etapa 2*

Por otro lado, se analizaron un total de 4,190 muestras de la Etapa 2 del Tajo Maqui Maqui Sur, pertenecientes a 566 sondajes. Un total de 722 muestras fueron clasificadas como desmonte y un total de 3,468 fueron clasificadas como mineral. La distribución NCV entre mineral y desmonte es relativamente similar. En ambos casos, un porcentaje entre 69 y 78% de muestras fueron clasificadas como ácidas y altamente ácidas, es decir, con un gran potencial para producir aguas ácidas. La fracción restante de muestras está distribuida mayormente entre material inerte o neutral, variando entre 14 y 21%.

#### *Pad de lixiviación Carachugo (ripios)*

Tal como se mencionó líneas arriba, los ripios de la plataforma de lixiviación Carachugo podrían ser dispuestos en instalaciones de almacenamiento de material de desmonte (depósito de desmonte o rellenos) como parte del cierre progresivo de esta. En tal sentido, resulta relevante actualizar el conocimiento del comportamiento geoquímico de dicho material.

Se analizaron un total de 47 muestras de ripios localizados en la plataforma de lixiviación Carachugo existente, pertenecientes a 14 sondajes. De estas muestras, se identificó que el 2% de dicho material corresponde a material clasificado como altamente ácido, el 33% corresponde a material clasificado como ligeramente ácido, y el restante 65% se encuentra clasificado como material inerte o neutral.

#### Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética

Los resultados de las pruebas SPLP se presentan de forma completa en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*, a continuación, se presentan los resultados para cada componente analizado.

#### *Complejo Chaquicocha - Tajo Chaquicocha*

Se analizaron un total de 17 muestras de la etapa 2 del tajo Chaquicocha, de las cuales siete (07) fueron de material de desmonte y diez (10) de mineral. Las 10 muestras de mineral pertenecen a colas de pruebas BRT de mineral óxido procesado a las condiciones de lixiviación en pilas.




Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-26, *Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 2*. Como puede observarse, la mayoría de los elementos analizados en el ensayo de SPLP, presentaron concentraciones promedio muy bajas y se encuentran por debajo de los valores límites de referencia, a excepción del Fe y Mn cuyos valores promedios exceden a los valores límites establecidos, hasta diez veces en las muestras de desmonte y mineral. Esto significa que en las condiciones de la prueba de SPLP, el material estudiado, no libera altas concentraciones de los elementos analizados, a excepción del Fe y el Mn. Por el orden de magnitud de las concentraciones se puede inferir que no hay presencia de minerales que se alteren fácilmente en condiciones ácidas, posiblemente ya todo el material está bastante oxidado y alterado a fases poco solubles. Del análisis litológico se puede extraer que uno de los minerales más abundante es la hornblenda, anfíbol de Fe, Ca y Mg y entre los minerales de alteración se encuentra la goethita la cual es un oxihidróxido de Fe, lo que sugiere que parte del Fe que está lixiviando es por la presencia de estos minerales que en condiciones ácidas se disuelven colocando Fe en solución; el Mn puede estar asociado a mineralizaciones de estos minerales, como un metal ocluido. Adicionalmente, el pH final del ensayo refleja que hay minerales que neutralizan el medio, es decir puede estar favorecida la disolución de minerales ligeramente alcalinos.

La mayoría de los registros de los elementos metálicos analizados en la solución SPLP, incluyendo el mercurio, se mantuvieron por debajo de los límites de detección de la metodología aplicada. Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-26, *Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 2*.

Los resultados indican que, a las condiciones de la prueba, el material analizado en general no tiene la capacidad de producir altas concentraciones de los componentes analizados, con la única excepción

del arsénico y hierro en las muestras de mineral, que mostró valores sobre el LMP. Además, se tienen valores relativamente altos de hierro y manganeso; siendo las muestras de desmonte las que presentaron la mayor concentración de estos metales.

**Tabla 3.2.2.3-26 Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 2**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			Mineral			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	0.001	0.0001	0.0002	0.0015	0.0001	0.0002	0.002	0.001	0.001
As	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.239	0.013	0.058	0.1	0.05	0.1
Cd	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.05	0.005	0.01
Cr	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	-	-	-
Cu	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	19.69	10.17	14.74	6.89	1.25	2.72	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Mn	mg/L	0.918	0.439	0.694	0.954	0.063	0.328	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.003	0.003	0.003	0.011	0.003	0.006	0.2	0.05	0.05
Zn	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	-	-	-
Mo	mg/L	0.026	0.003	0.013	0.084	0.014	0.032	-	-	-
Co	mg/L	0.0013	0.0013	0.0013	0.016	0.0013	0.0028	-	0.05	1
V	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	-	-	-
pH	-	6.5	6.2	6.36	7.93	6.56	7.15	6-9	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	44.5	18.6	30.2	60.5	32.6	42	-	<2000	-
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM (norma vigente al momento de elaboración/evaluación del IGA).  excede el LMP o el ECA por <10  excede el LMP o el EAC por >10  excede el LMP o el EAC por > 100 <b>Fuente:</b> MYSRL.										




Por otro lado, en cuanto a la etapa 3 del tajo Chaquicocha, se analizaron un total de 47 muestras, de las cuales 36 fueron de material de desmonte y once (11) de mineral. Las once muestras de mineral pertenecen a colas de pruebas BRT y CLT de mineral óxido procesado a las condiciones de lixiviación en pilas.

Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-27, *Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 3*. El único elemento cuya concentración promedio supera los valores límites es el Fe. Todos los otros presentan concentraciones muy cercanas al límite de detección de la técnica empleada. Los mayores valores se presentan para las muestras de desmonte. Las muestras de cuyo NCV fue ácido y de alteración argílico (ARG) presentaron una mayor concentración de fierro, sulfatos, conductividad y acidez.

Los valores de pH indican que el promedio de las muestras analizadas aporta una concentración significativa de minerales que al disolverse alcalinizan la solución. Sin embargo, el mayor aporte de Fe proviene de la muestra con el valor de pH más ácido (valor mínimo).



Tabla 3.2.2.3-27 Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 3

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante			Mineral			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	0.0025	0.0001	0.0005	0.0005	0.0001	0.0004	0.002	0.001	0.001
As	mg/L	0.013	0.003	0.006	0.064	0.003	0.013	0.1	0.05	0.1
Cd	mg/L	0.007	0.0001	0.0018	0.002	0.0001	0.0013	0.05	0.005	0.01
Cr	mg/L	0.013	0.002	0.005	0.013	0.002	0.006	-	-	-
Cu	mg/L	1.17	0.002	0.061	0.013	0.002	0.006	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	45.91	0.3	2.39	1.25	0.3	0.973	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Mn	mg/L	3.507	0.003	0.165	0.063	0.002	0.025	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.078	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.2	0.05	0.05
Mo	mg/L	0.004	0.001	0.003	0.125	0.001	0.014	-	-	-
Co	mg/L	0.118	0.001	0.014	0.002	0.001	0.002	-	0.05	1
V	mg/L	0.056	0.002	0.007	0.013	0.002	0.006	-	-	-
Zn	mg/L	9.5	0.005	0.314	0.013	0.005	0.008	-	-	-
pH	-	8.91	2.94	8.1	8.91	8.91	8.91	6-9	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	1 375	20	121	110	28	66	-	<2000	-
<p><b>Nota:</b></p> <p>(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM (norma vigente al momento de elaboración/evaluación del IGA).</p> <p> excede el LMP o el ECA por &lt;10</p> <p> excede el LMP o el EAC por &gt;10</p> <p> excede el LMP o el EAC por &gt; 100</p> <p><b>Fuente:</b> MYSRL.</p>										

En cuanto al material proveniente del tajo Chaquicocha – Etapa 4, se analizaron un total de 15 muestras, de las cuales seis (06) fueron de desmante y nueve (09) de mineral. Las nueve (09) muestras de mineral pertenecen a colas de pruebas de BRT de mineral óxido procesado a las condiciones de lixiviación en pilas.

Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-28, *Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 4*. Los metales cuyas concentraciones promedio se encuentran por encima de los límites permitidos son el Fe y el Mn, en las muestras de desmante, los otros se encuentran en valores cercanos al límite de detección del equipo. Del análisis litológico se puede extraer que uno de los minerales más abundante es la hornblenda, anfíbol de Fe, Ca y Mg y entre los minerales de alteración se encuentra la goethita la cual es un oxihidróxido de Fe, lo que sugiere que parte del Fe que está lixiviando es por la presencia de estos minerales que en condiciones ácidas se disuelven colocando Fe en solución; el Mn puede estar asociado a mineralizaciones de estos minerales, como un metal ocluido. El material de desmante presenta un valor mínimo de pH ácido lo cual favorece la mayor lixiviación de estos elementos.

La mayoría de los registros de los elementos metálicos en la solución SPLP, incluyendo el mercurio, se mantuvieron por debajo de los límites de detección de la metodología aplicada. Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-28, *Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 4*.


Los resultados indican que, a las condiciones de la prueba, en general el material analizado no tiene la capacidad de producir altas concentraciones de los componentes analizados. Además, se tienen valores relativamente altos de hierro y manganeso; siendo las muestras de desmonte las que presentaron la mayor concentración de estos metales; lo cual se podría relacionar con valores de pH más ácido con respecto a los registrados para el mineral.


**Tabla 3.2.2.3-28 Resumen de Resultados de SPLP – Tajo Chaquicocha – Etapa 4**

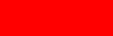
Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			Mineral			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.002	0.001	0.001
As	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.1	0.05	0.1
Cd	mg/L	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0002	0.05	0.005	0.01
Cr	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	-	-	-
Cu	mg/L	0.105	0.006	0.023	0.008	0.006	0.006	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	11.17	1.25	5.61	1.25	1.25	1.25	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Mn	mg/L	0.957	0.063	0.496	0.063	0.063	0.063	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.003	0.003	0.003	0.013	0.003	0.005	0.2	0.05	0.05
Mo	mg/L	0.003	0.001	0.002	0.025	0.002	0.008	-	-	-
Co	mg/L	0.05	0.001	0.009	0.004	0.001	0.002	-	0.05	1
V	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	-	-	-
Zn	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	-	-	-
pH	-	6.6	4.65	6.06	8.59	7.62	7.95	6-9	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	251	32	75	245	64	127	-	<2000	-

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM (norma vigente al momento de elaboración/evaluación del IGA).

 excede el LMP o el ECA por <10

 excede el LMP o el EAC por >10

 excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**  
MYSRL.

#### Complejo Chaquicocha – Chaquicocha Subterráneo

Se analizaron un total de 14 muestras, de las cuales ocho (08) fueron de material de desmonte y seis (06) de mineral. Las nueve muestras de mineral pertenecen a colas de pruebas BRT de mineral óxido procesado a las condiciones de la planta Gold Mill.

Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-29, *Resumen de Resultados de SPLP – Chaquicocha Subterráneo*. Se observan que para las muestras de mineral las concentraciones de As, Fe y Mn superan los valores límites permitidos. Las mayores concentraciones de estos elementos pueden estar asociadas a las muestras que presentan el pH más ácido. Para las muestras de desmonte sólo los metales Fe y Mn presentan valores de concentración promedio por encima de los límites permitidos, encontrándose concentraciones de Fe que exceden hasta 100 veces los valores de referencia. Las altas concentraciones de estas especies se asocian a la mineralogía, específicamente a minerales o sales que son alterados fácilmente por el medio ácido del ensayo. Esta zona está caracterizada por anfíboles de Fe y óxidos producto de alteración de sulfuros entre ellos sulfuros de As.

A pesar de que algunas muestras de desmonte tuvieron valores de pH ácido, salvo en el caso de algunos registros de arsénico, el resto de los registros de elementos metálicos analizados en la solución SPLP se mantuvieron mayormente por debajo de los límites de detección de la metodología aplicada. Por otro lado, en el caso de las muestras de mineral se obtuvieron algunos valores de pH básico, lo que se relaciona a su vez con los registros altos de arsénico; aunque al igual que en el caso de las muestras de material de desmonte, el resto de los parámetros analizados presentaron concentraciones muy bajas. El material de desmonte presentó mayores niveles de estos metales.

**Tabla 3.2.2.3-29 Resumen de Resultados de SPLP – Chaquicocha Subterráneo**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			Mineral			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	0.002	0.001	0.001
As	mg/L	0.283	0.013	0.054	2	0.013	0.442	0.1	0.05	0.1
Cd	mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.05	0.005	0.01
Cr	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.062	0.013	0.021	-	-	-
Cu	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	378.42	10.94	63.15	14.12	1.25	6.07	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Mn	mg/L	4.73	0.457	1.58	2	0.063	0.797	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.005	0.003	0.003	0.006	0.003	0.004	0.2	0.05	0.05
Mo	mg/L	0.093	0.002	0.034	0.102	0.028	0.05	-	-	-
Co	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.009	0.001	0.003	-	0.05	1
V	mg/L	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	-	-	-
Zn	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	-	-	-
pH	-	6.9	5.2	6.3	10.1	6.5	7.9	6-9	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	1 064	28	184	1 448	54	399	-	<2000	-

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM (norma vigente al momento de elaboración/evaluación del IGA).

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**

MYSRL.

### Ensayos de Celdas de Humedad

#### Complejo Chaquicocha – Chaquicocha Subterráneo

Los resultados de celdas húmedas para el tajo de Chaquicocha subterráneo se muestran en la Tabla 3.2.2.3-30, *Máximos, Mínimos y Promedios en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, observándose que los elementos As, Co, Cu, Fe y Pb se encuentran hasta 10 veces por encima de los límites establecidos. En la Tabla 3.2.2.3-31, *Parámetros para cada Compósito en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, puede observarse que las muestras que presentan mayor concentración de estos metales son las muestras 60594, 60591, 60589 y 60590. Los resultados de las pruebas HCT se presentan de forma completa en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Tabla 3.2.2.3-30 Máximos, Mínimos y Promedios en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.002	0.002	0.002	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.36	0.01	0.08	-	5	5
As	mg/L	1.8	0.10	0.55	0.1	0.05	0.1
Ba	mg/L	1.601	0.056	0.236	-	0.7	-
Be	mg/L	0.0020	0.0020	0.0020	-	-	0.1
Ca	mg/L	7.56	0.30	1.86	-	200	-
Cd	mg/L	0.340	0.015	0.060	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.516	0.008	0.074	--	0.05	1
Cr	mg/L	0.204	0.004	0.032	-	-	-
Cu	mg/L	3.30	0.29	1.33	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	40.67	5.81	18.69	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	2.54	0.20	0.50	-	-	-
Mg	mg/L	1.685	0.200	0.412	-	150	150
Mn	mg/L	1.12	0.003	0.11	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.0361	0.0030	0.0051	--	-	-
Na	mg/L	4.80	0.20	0.98	-	200	-
Ni	mg/L	0.278	0.011	0.059	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	2.87	0.11	0.75	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.027	0.0055	0.012	-	-	-
Se	mg/L	0.0269	0.0050	0.0070	-	0.05	0.05
Tl	mg/L	0.53	0.057	0.16	-	-	-
V	mg/L	0.0023	0.0020	0.0020	-	-	-
Zn	mg/L	2.84	0.12	0.64	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.1	0.1	0.1
P (Tot)	mg/L	0.497	0.014	0.130	-	-	-
Sulfuros	mg/L	0.014	0.002	0.0026	-	0.05	0.05

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM (norma vigente al momento de elaboración/evaluación del IGA).



excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**  
MYSRL.

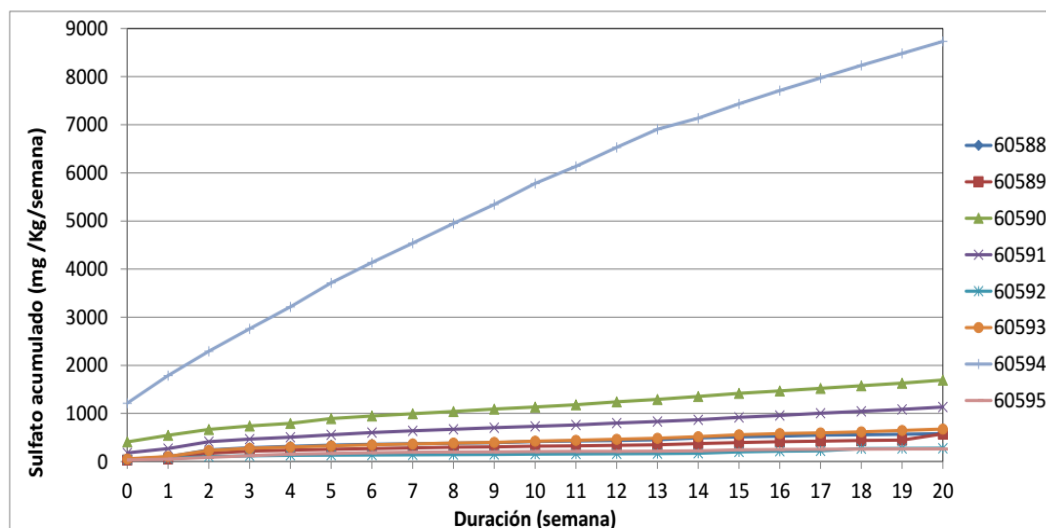
Tabla 3.2.2.3-31 Parámetros para cada Compósito en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo

Metal	Unidad	60588	60589	60590	60591	60592	60593	60594	60595	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
											Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	5.00E-07	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.05370	0.04894	0.07650	0.27881	0.03291	0.04416	0.08283	0.03374	-	5	5
As	mg/L	0.03234	0.10116	0.35749	0.31728	0.02970	0.04500	3.48781	0.03962	0.1	0.05	0.1
Ba	mg/L	0.27371	0.78059	0.20365	0.09859	0.06929	0.12854	0.07671	0.25912	-	0.7	-
Be	mg/L	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	-	-	0.1
Ca	mg/L	1.78322	1.64288	1.84115	2.51735	2.06512	1.71049	1.68297	1.66087	-	200	-
Cd	mg/L	0.00877	0.01982	0.23357	0.16509	0.00643	0.01181	0.02224	0.00937	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.02861	0.03092	0.14255	0.04716	0.03214	0.02146	0.27165	0.01616	--	0.05	1
Cr	mg/L	0.03089	0.01235	0.04618	0.01619	0.00426	0.04692	0.09221	0.00827	-	-	-
Cu	mg/L	0.50813	1.65161	0.61069	7.36667	0.16684	0.10360	0.05649	0.20690	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	2.65970	2.70497	18.53205	5.22938	0.59524	4.87000	113.43762	1.51685	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	0.52292	0.85331	0.44227	0.51533	0.43452	0.51534	0.37978	0.37528	-	-	-
Mg	mg/L	0.39026	0.36652	0.38848	0.59403	0.43122	0.37767	0.37890	0.37186	-	150	150
Mn	mg/L	0.13454	0.23132	0.10109	0.08953	0.07006	0.11938	0.08360	0.04847	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.00365	0.00379	0.00431	0.01577	0.00359	0.00300	0.00333	0.00368	--	-	-
Na	mg/L	1.01645	0.88237	1.02275	0.97850	1.06092	1.01152	0.93320	0.96389	-	200	-
Ni	mg/L	0.03837	0.03573	0.07280	0.04740	0.01312	0.03679	0.21326	0.01464	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.08511	1.17250	1.20032	2.04800	0.12563	0.31133	0.73306	0.31647	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.00222	0.00448	0.01321	0.01043	0.00216	0.00200	0.05942	0.00228	-	-	-
Se	mg/L	0.00638	0.00653	0.00611	0.01407	0.00576	0.00590	0.00562	0.00556	-	0.05	0.05
Tl	mg/L	0.02417	0.05224	0.43750	0.18349	0.01484	0.03657	0.53092	0.01182	-	-	-
V	mg/L	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00221	0.00200	-	-	-
Zn	mg/L	0.12529	0.29300	3.43250	0.50307	0.04999	0.33254	0.30126	0.07266	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500	0.00500	0.1	0.1	0.1
P (Tot)	mg/L	0.16462	0.15271	0.10900	0.15605	0.09267	0.09990	0.15571	0.11219	-	-	-
Sulfuros	mg/L	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00200	0.00671	0.00200	-	0.05	0.05

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-  
 excede el LMP o el ECA por <10  
 excede el LMP o el EAC por >10  
 excede el LMP o el EAC por > 100  
 Fuente: MYSRL.

Para correlacionar estas abundancias con la cinética del proceso se evaluaron otros parámetros. En el Gráfico 3.2.2.3-25, *Sulfato Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, se observa el comportamiento en la liberación de sulfatos durante el ensayo. Las muestras que presenta mayor generación de sulfato es la 60594, seguida de la 60590 y la liberación de esta especie ocurre en forma lineal lo que indica que se genera durante todo el ensayo, es decir, por la disolución de minerales que al oxidarse generan estos iones.

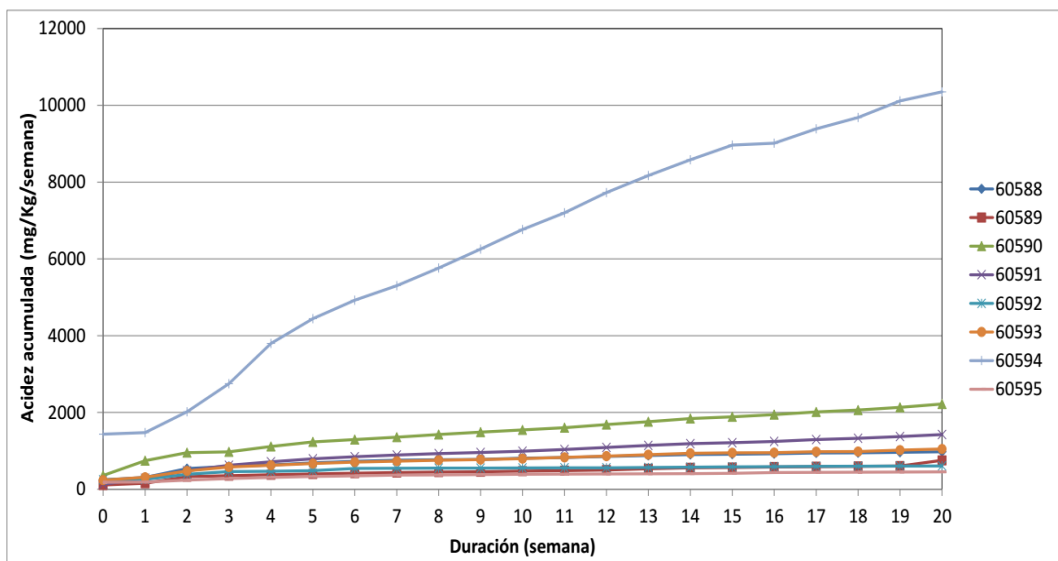
Gráfico 3.2.2.3-25 Sulfato Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo



Fuente: MYSRL.

Para correlacionar estos resultados en el Gráfico 3.2.2.3-26, *Acidez Acumulada en la prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, se presentan los datos de acidez, cuyo comportamiento se correlaciona con el gráfico anterior indicando que la generación de ácidos es constante para la muestra 60594, posiblemente por la presencia de sulfuros.

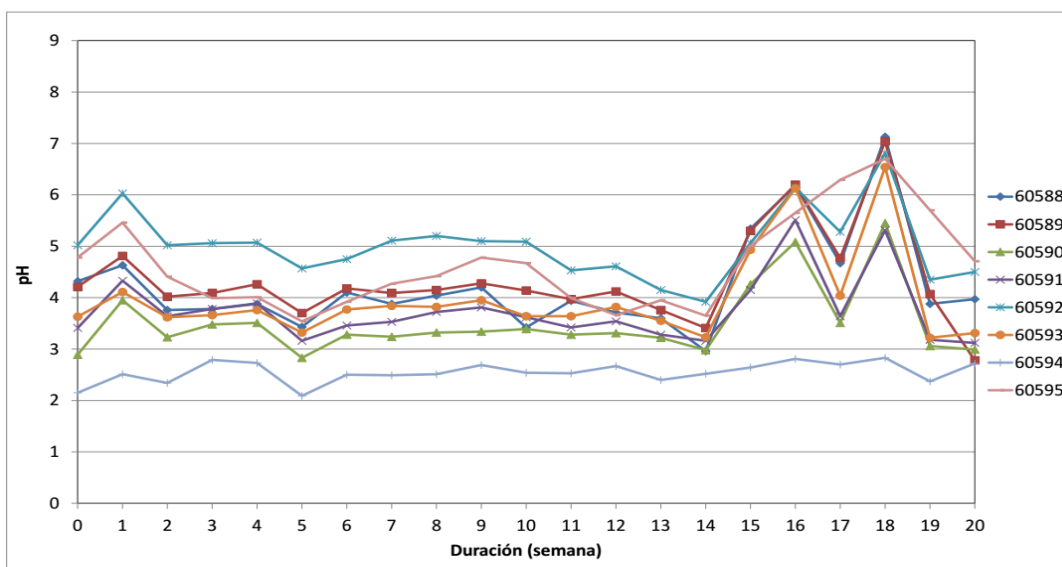
**Gráfico 3.2.2.3-26 Acidez Acumulada en la prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**



Fuente: MYSRL.

Asimismo, se observa que el pH (Gráfico 3.2.2.3-27, *Evolución del pH en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*) es más ácido para los lixiviados de esta muestra, y a su vez es constante durante todo el ensayo lo que indica que no hubo aporte de minerales neutralizantes o que aportaran alcalinidad en esta muestra. El Gráfico de pH para las otras muestras presenta un aumento hacia valores neutros o ligeramente ácidos a partir de la semana 14, lo que puede estar relacionado con la disolución de especies alcalinizantes.

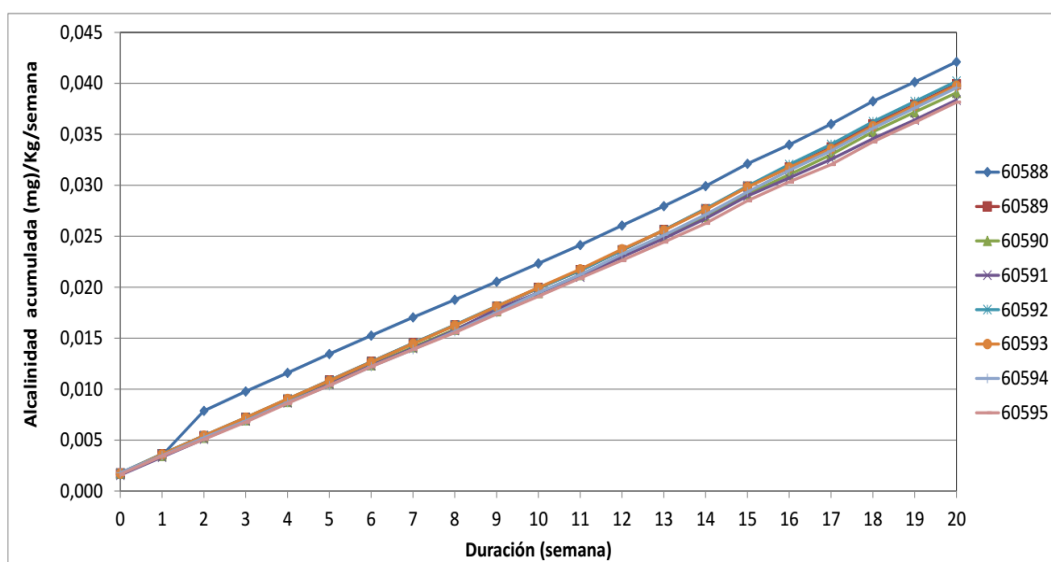
**Gráfico 3.2.2.3-27 Evolución del pH en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**



Fuente: MYSRL.

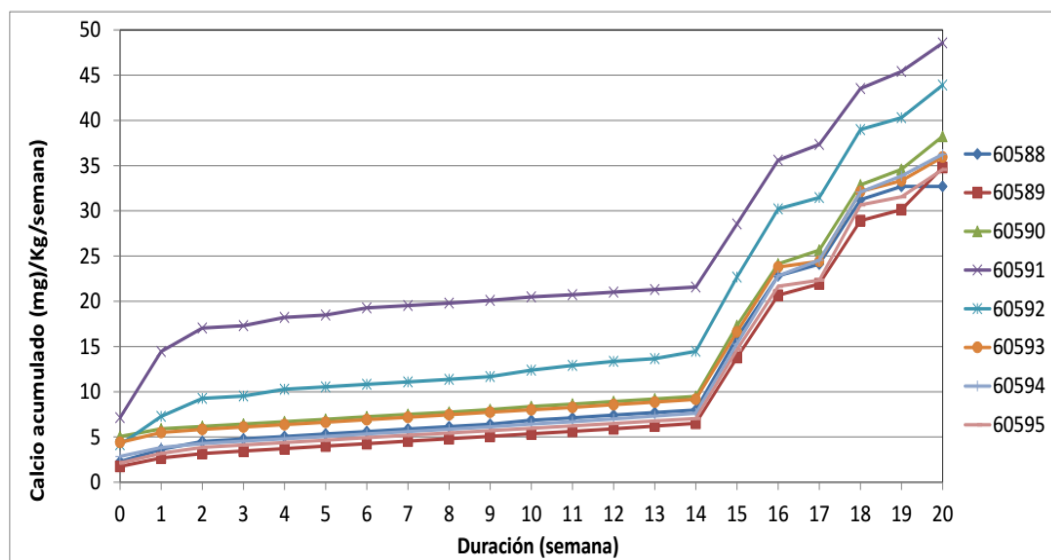
Sin embargo, sobre la alcalinidad se observa en el Gráfico 3.2.2.2-28, *Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, que es constante durante el ensayo, pero a valores muy bajos lo que indica que los minerales alcalinos que pueden estarse disolviendo lo hacen en muy bajas concentraciones y no son especies neutralizantes eficientes.



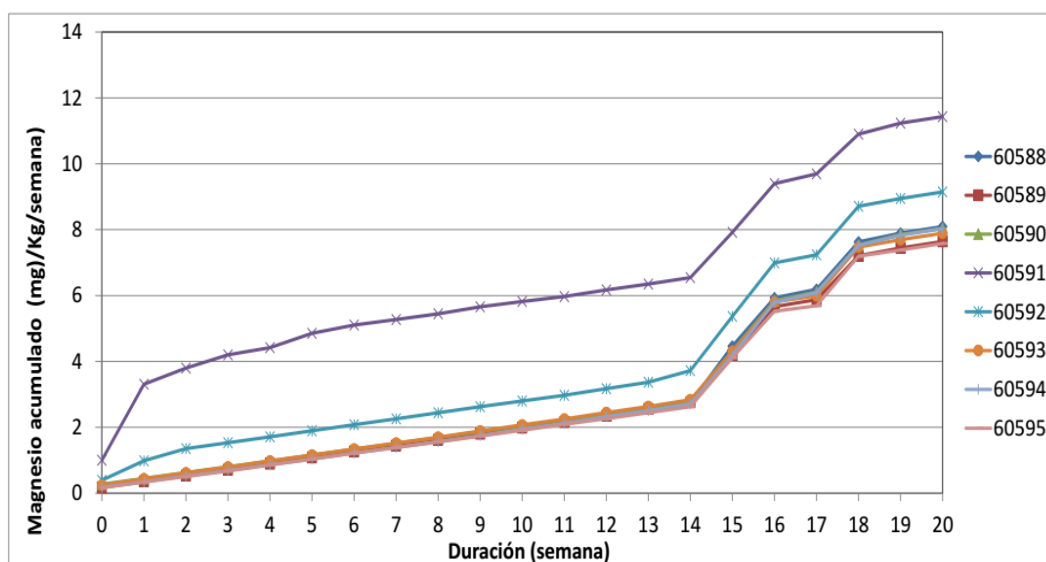
**Gráfico 3.2.2.3-28 Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

En los gráficos para Ca y Mg (Gráficos 3.2.2.3-29, Calcio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo Sur, y 3.2.2.3-30, Magnesio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo) puede observarse que todas las muestras presentan una relación de baja liberación de estas especies hasta la semana 14, luego hay un aumento brusco de disolución de minerales que contienen estas especies, en mayor concentración para las muestras 60591 y 60592. Posteriormente en la semana 18 se empiezan a agotar estos minerales y disminuye la velocidad de liberación de estos metales. El aumento brusco de la liberación de estos metales está relacionado con el aumento del pH en la semana 14.

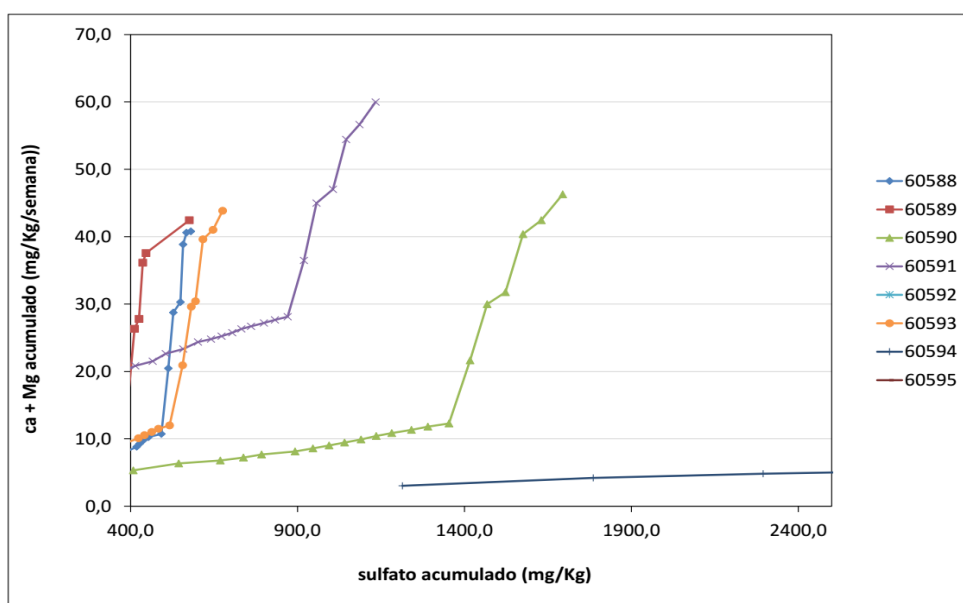
**Gráfico 3.2.2.3-29 Calcio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-30 Magnesio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

Para confirmar la correlación entre la disolución de Ca y Mg con la generación de sulfato se realizó el Gráfico de Ca+ Mg vs.  $\text{SO}_4$  (Gráfico 3.2.2.3-31, Ca+Mg Acumulado vs. Sulfato Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo), se puede observar que la mayoría de las muestras presenta una correlación lineal de estas especies en las primeras catorce muestras, equivalentes a las primeras catorce semanas, posteriormente la ausencia de correlación permite inferir que la disolución de minerales de Ca y Mg es promovida por la cinética de disolución de minerales susceptibles a la meteorización más que por las condiciones ácidas del medio, originadas por la disolución de sulfuros. En este mismo gráfico puede corroborarse que la muestra 60594 presenta una muy pequeña concentración de minerales de Ca y Mg que puedan aportar alcalinidad a la misma, lo que justifica su bajo valor de pH.

**Gráfico 3.2.2.3-31 Ca+Mg Acumulado vs. Sulfato Acumulada en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

El comportamiento observado en estas gráficas se puede corroborar con los resultados de las velocidades de liberación y porcentaje liberado mostrados en la Tabla 3.2.2.3-32, Velocidades de Liberación de  $\text{SO}_4$ , Ca y Mg para las Muestras Compósitas Evaluadas en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo. En esta tabla podemos apreciar como la muestra 60594 es la que presenta mayor

velocidad de liberación de sulfatos, seguida por la muestra 60590, la muestra 60594 también es la que libera mayor porcentaje de sulfato, llegando a valores de 1015%, lo que implica la generación de una gran cantidad de sulfato a partir de sulfuros. Por el contrario, las velocidades de liberación de calcio y magnesio son bajas, lo que explica el bajo pH de las muestras.

**Tabla 3.2.2.3-32 Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante							
		60588	60589	60590	60591	60592	60593	60594	60595
SO <sub>4</sub>	%	17.2	4.0	59.2	171.8	69.4	38.8	1015.4	25.4
SO <sub>4</sub> liberado promedio	mg/Kg/semana	19.98	16.45	53.70	37.74	8.50	23.33	358.49	8.02
Semanas en Rango lineal de SO <sub>4</sub>	-	1-20	2-20	4-20	2-20	2-20	2-20	2-20	2-20
Ca	%	43.1	59.2	61.3	50.2	19.5	25.8	60.4	27.2
Ca liberado promedio	mg/Kg/semana	2.73	4.49	4.63	4.38	4.73	4.36	4.73	4.48
Semanas en Rango lineal de Ca	-	17-20	14-20	14-20	14-20	14-20	14-20	14-20	14-20
Mg	%	46.3	57.7	15.4	38.9	14.7	6.3	53.3	5.8
Mg liberado promedio	mg/Kg/semana	0.193	0.374	0.005	0.004	0.077	0.005	0.329	0.014
Semanas en Rango lineal de Mg	-	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20

**Nota:** (1) Concentraciones de metales totales.  
**Fuente:** MYSRL.

El porcentaje de liberación de Ca y Mg llega a 61 y 58% y el pH de manera general se mantiene bajo, este resultado significa que las muestras tienen muy poco potencial de neutralización, esto es confirmado con los rangos de alcalinidad mostrados en la Tabla 3.2.2.3-33, *Rango de Parámetros en los Compósitos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*. En esta tabla vemos cómo los valores de acidez son significativamente más altos que los de alcalinidad y como consecuencia se obtuvo un pH bajo (Gráfico 3.2.2.3-34). En los rangos hay muestras que presentan el rango alto cerca de la neutralidad debido a que entre las semanas 14 y 19 hay un aumento de pH en siete de las muestras posiblemente debido a la disolución de algún mineral que por su cinética solo pudo ser disuelto en ese periodo de tiempo, pero luego de la semana 19 el pH baja nuevamente por agotamiento de estos minerales. Como resumen se muestra la tabla con máximos, mínimos y promedios (Tabla 3.2.2.3-34, *Máximos, Mínimos y Promedio de Iones y Parámetros Fisicoquímicos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*).

**Tabla 3.2.2.3-33 Rango de Parámetros en los Compósitos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados								LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		60588	60589	60590	60591	60592	60593	60594	60595		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		3-7.1	2.8-7	2.8-5.5	3.1-5.5	3.9-6.8	3.2-6.5	2.1-2.8	3.5-6.7	6 - 9		
Conductividad eléctrica	μS/cm	29.5-140.6	26.2-562	27.7-1107	76.2-652	6.8-120.8	64-249.5	6.2-2750	7.8-84.6	-	< 2000	-
Acidez, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	0-300.6	0-150.9	0-439.7	0-221.7	0-279.2	0-275.5	0-1601.2	0-221.3	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	0-0	0-0	0-1	0-1	0-0	0-0	0-0	0-0	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	7-170	9-130	47-480	31-230	2-48	14-140	225-1355	1-46	-	300	500
Ca	mg/L	0.3-7.3	0.3-7.3	0.3-7.1	0.3-9.1	0.3-7.4	0-7.5	0.3-7.1	0.1-6.8	-	150	150
Mg	mg/L	0-1.6	0.2-1.5	0-0.3	0-2.6	0-1.5	0-0.3	0-1.5	0-0.2	-	200	-

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.  
 Fuente: MYSRL

**Tabla 3.2.2.3-34 Máximos, Mínimos y Promedio de Iones y Parámetros Fisicoquímicos en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

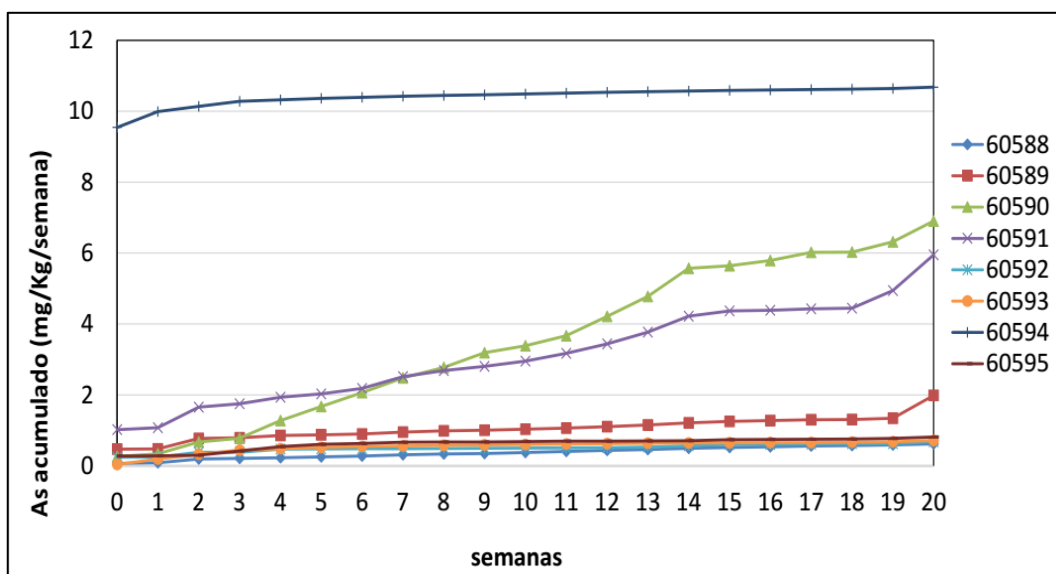
Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		6.0	3.1	4.0	6 - 9		
Conductividad eléctrica	μS/cm	656.1	30.5	256.3	-	< 2000	-
Acidez. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	441.9	14.6	116.5	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	<0.0024	<0.002	<0.00202	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	324.9	42.0	90.6	-	300	500
Ca	mg/L	7.6	0.3	1.8	-	150	150
Mg	mg/L	1.7	0.20	0.4	-	200	-

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D.S N° 002-2008-MINAM.  
**Fuente:**  
 MYSRL.

La litología de estas muestras es ausente de carbonatos y presentan alta concentración de pórfidos andesíticos, Teut, caracterizados por minerales de hornblenda y plagioclasas alcalinas, entre otros.

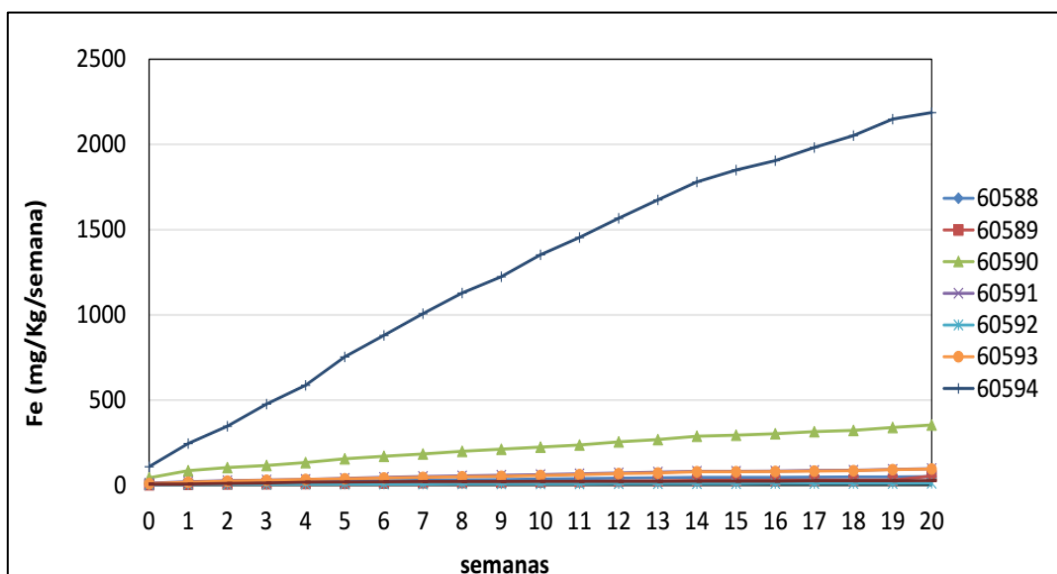
Entre los elementos de interés ambiental y que se encuentran por encima del límite permitido se encuentra As, su comportamiento cinético se muestra en el Gráfico 3.2.2.3-32, *Arsénico Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*. En esta se observa que la mayor concentración de este metal la aporta la muestra 60590, en las primeras semanas del ensayo, luego de lo cual cesa el aporte en esta muestra, lo cual puede deberse a la presencia de sales solubles de este elemento producto de alteración previa en la roca. Por otro lado, las muestras 60590 y 60591 presentan un aporte constante y lineal de este elemento hasta la semana 14, luego la velocidad de disolución disminuye. Este comportamiento puede deberse a la disolución de minerales sulfuros específicamente de este elemento.

**Gráfico 3.2.2.3-32 Arsénico Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**



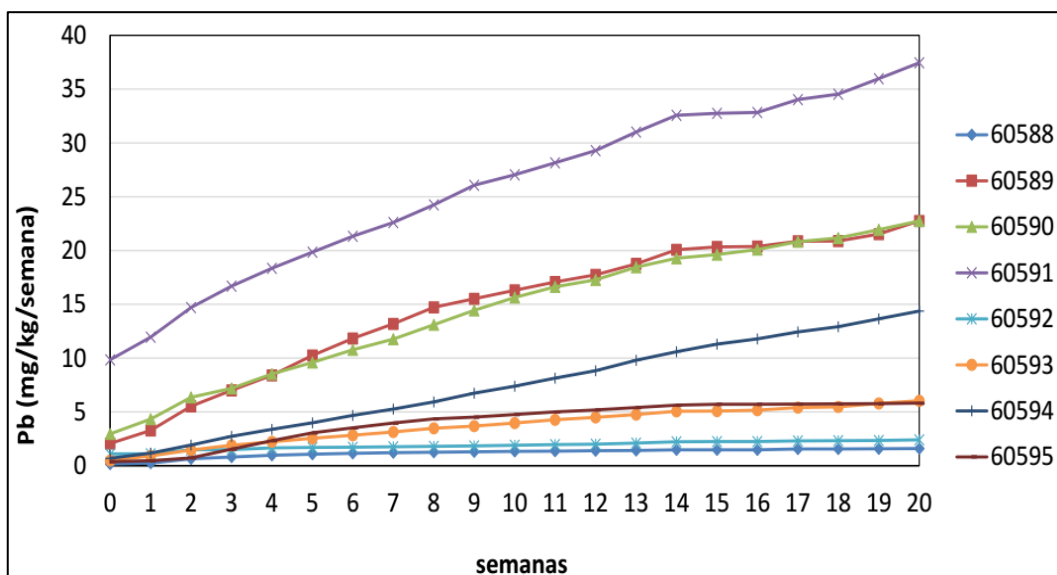
Fuente: MYSRL.

El Fe (Gráfico 3.2.2.3-33, *Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*) presenta una alta tasa de liberación para la muestra 60594 y el comportamiento en todas las muestras correlaciona con el gráfico de sulfatos, lo que indica que se encuentra asociado a sulfuros, específicamente pirita.

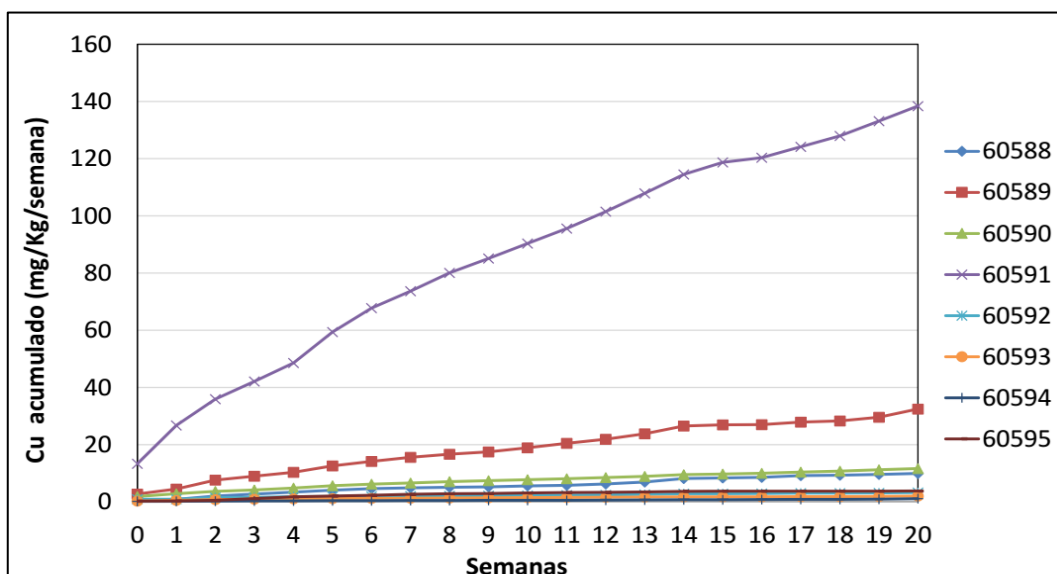
**Gráfico 3.2.2.3-33 Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

Los metales Pb y Cu correlacionan entre sí en las muestras (Gráficos 3.2.2.3-34, *Plomo Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*, y 3.2.2.3-35, *Cobre Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo*), presentando una mayor tasa de disolución en la muestra 60591 hasta la semana 14, luego presenta una disminución sin embargo no se observa agotamiento durante el tiempo del ensayo.

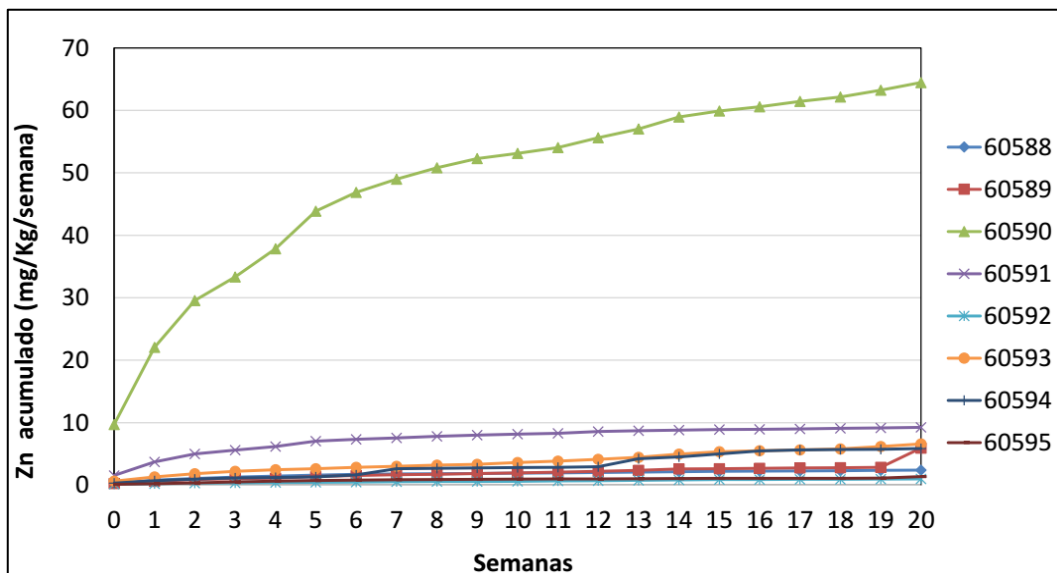
**Gráfico 3.2.2.3-34 Plomo Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-35 Cobre Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

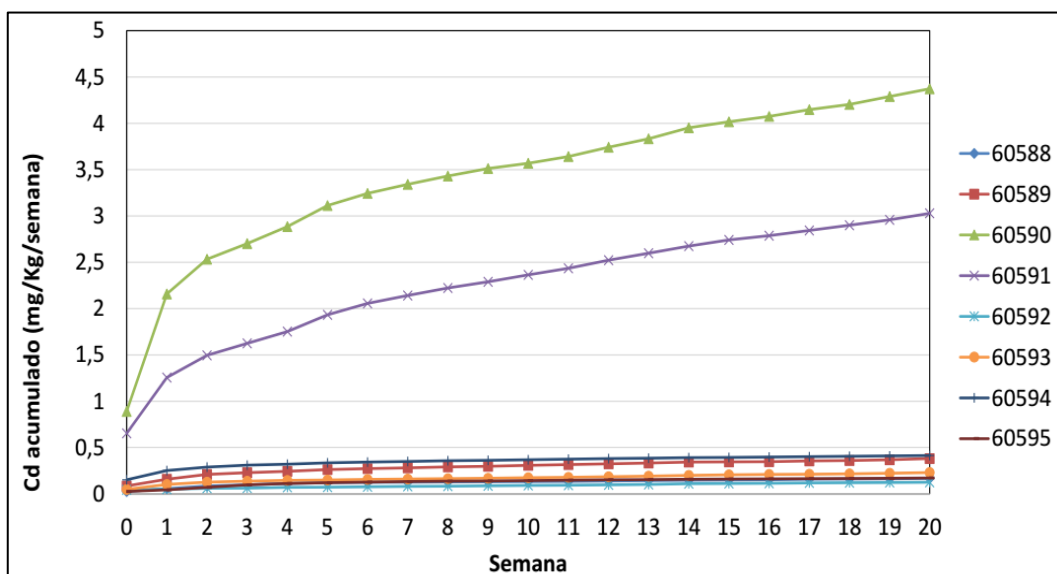
Fuente: MYSRL.

Los metales Zn y Cd presentan una alta tasa de disolución en la muestra 6590 (Gráficos 3.2.2.3-36, Zinc Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo, y 3.2.2.3-37, Cadmio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo), aproximadamente hasta la semana cinco. Estos cuatro metales parecen estar asociados a fases sulfuros mas no correlacionan con el Fe lo que indica que se encuentran como fases aisladas y diferentes a la pirita, en estas muestras.

**Gráfico 3.2.2.3-36 Zinc Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-37 Cadmio Acumulado en la Prueba HCT – Chaquicocha Subterráneo**

Fuente: MYSRL.

**Plataformas de Lixiviación Carachugo (Ripios)**Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética

En el caso de los ripios localizados en la plataforma de lixiviación Carachugo existente, se analizaron un total de 20 muestras con el fin de evaluar la viabilidad de emplear dicho material como relleno en depósitos de desmonte o relleno en tajos.

Los valores mínimos, máximos y promedio se muestran en la Tabla 3.2.2.3-35, *Resumen de resultados de SPLP – Plataforma de Lixiviación Carachugo (Ripios)*. Dado que el material a manejar de la plataforma de lixiviación Carachugo corresponde a ripios, resulta, en este caso, de relevancia, evaluar las concentraciones de cianuro total. En este caso en particular, las concentraciones de dicho parámetro estuvieron por debajo del LMP correspondiente. La concentración promedio de cianuro fue equivalente a 0.053 mg/L, mientras la máxima fue igual a 0.11 mg/L, valores mucho menores a 1 mg/L (LMP).

En cuanto al pH, los valores variaron entre 3.7 y 11.3, los cuales se interpretan como muy ácido y muy alcalino, respectivamente.

En cuanto a las concentraciones de metales, se identificó que estas fueron variables, inclusive habiendo registrado concentraciones que estuvieron por debajo del límite de detección. Asimismo, se identificó que las concentraciones de Cd, Co, Mn, Ni, Pb y Zn se vieron negativamente correlacionadas con los valores de pH. Por otro lado, las concentraciones de As fueron mayores con valores de pH alcalinos.

**Tabla 3.2.2.3-35 Resumen de Resultados de SPLP – Plataforma de Lixiviación Carachugo (Ripios)**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados			LMP <sup>(2)</sup>
		Máximo	Mínimo	Promedio	
As	mg/L	1.47	< 0.005	0.1625	0.1
Fe	mg/L	7.45	< 0.005	0.7745	2 <sup>(3)</sup>
Pb	mg/L	0.1335	< 0.004	0.0371	0,2
Cd	mg/L	0.2035	< 0.0002	0.0295	0.05
Cr	mg/L	0.0024	< 0.002	0.0024	0.1 <sup>(4)</sup>
Cu	mg/L	10.14	< 0.01	0.5291	0.5
Mn	mg/L	3.49	< 0.002	0.631	--
Mo	mg/L	0.1336	< 0.001	0.040	--
Co	mg/L	0.3411	< 0.005	0.0658	--

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados			LMP <sup>(2)</sup>
		Máximo	Mínimo	Promedio	
V	mg/L	0.0086	< 0.002	0.0086	--
Zn	mg/L	3.37	< 0.02	0.2038	1.5
Cianuro total	mg/L	0.11	0.05	0.053	1
pH final	--	11.3	3.7	7.5	6 – 9
Cond. eléctrica	µS/cm	2230	30.6	406.33	--
Valor fuera del rango del LMP					
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) LMP para cromo hexavalente. <b>Fuente:</b> MYSRL. Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Inisdeo (2016).					

## Complejo Chaquicocha

### Pruebas Complementarias

Un total de 17 muestras fueron enviadas al laboratorio SGS del Perú. De estas muestras, tres presentaron resultados hasta el vigésimo ciclo (20 semanas), mientras las catorce muestras restantes presentaron resultados hasta el décimo ciclo (10 semanas).

Las muestras con ciclos completados representan al mineral óxido de pilas de lixiviación, óxido de proceso Gold Mill y material de desmonte. Durante el ciclo de prueba, el pH se mantuvo relativamente constante. La muestra de desmonte fue la más ácida, seguida por la muestra de óxido del proceso de lixiviación y la muestra de óxido del proceso Gold Mill.

La concentración de metales, con ciertas excepciones, mostró una tendencia a disminuir hasta llegar al mínimo nivel detectable por los equipos. Sin embargo, en la muestra de óxido Gold Mill se observó que las concentraciones de arsénico y plomo aumentaron (probablemente debido al p80 de la muestra, el cual es igual a 150 µm). La conductividad de la solución tuvo una relación directa con la concentración de sulfatos. Finalmente, los niveles de mercurio se mantuvieron en todas las muestras por debajo del límite de detección.

Adicionalmente a los ensayos HCT, se realizaron pruebas complementarias a los materiales evaluados, cuyos resultados se resumen en la Tabla 3.2.2.3-36, *Resumen de Resultados de Ensayos Complementarios – Complejo Chaquicocha*. En este cuadro se aprecia que hay una relación importante entre el contenido de azufre como sulfuro y el potencial de generar acidez, teniendo las muestras de desmonte no generadoras de acidez contenidos de sulfuro < 0.1 wt% S. Asimismo, en general se observa que la clasificación NCV es coincidente con la clasificación ABA/NAG pH.

Tabla 3.2.2.3-36 Resumen de Resultados de Ensayos Complementarios – Complejo Chaquicocha

Taladro	NCV	Alteración	Material	Muestra	pH pasta	Sulfuro (wt% S)	kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t (pH 4,5)	kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t (pH 7)	NAG pH	NP/AP	Tipo de material
QUE-102	Inerte / neutral	SM	Óxido Leach	Cola CLT	8.2	0.05	< 0.1	0.8	4.6	5.3	No productor de ácido
QUE-096	Inerte / neutral	SM	Óxido Mill	Cola BRT	8.1	0.04	< 0.1	< 0.1	7.4	1.7	Material incierto
QUE-060											
QUE-102											
QUE-017											
QUE-060	Ligeramente ácido	SM	Desmonte	Desmonte	7.3	0.92	0.2	2.2	4.4	0.1	Productor de ácido
QUE-153											
QUE-106											
QUE-021											
QUE-168	Ligeramente ácido	SC	Desmonte	Desmonte	5.7	0.76	0.4	2.3	4.2	0.0	Productor de ácido
QUE-168	Ácido	SC	Desmonte	Desmonte	6	2.86	0.6	2.6	4.1	0.0	Productor de ácido
QUE-170	Inerte / neutral	SA	Desmonte	Desmonte	6	2.47	1.9	4	3.5	0.0	Productor de ácido
QUE-171	Ácido	SC	Desmonte	Desmonte	6	2.95	0.2	3.6	4.5	0.0	Productor de ácido
QUE-175	Inerte / neutral	SM	Desmonte	Desmonte	7.6	0.04	0.4	1.7	3.8	0.1	Material incierto
QUE-179	Inerte / neutral	SM	Desmonte	Desmonte	7.6	0.03	0.3	1.9	4.2	0.4	Material incierto
QUE-180	Ácido	SA	Desmonte	Desmonte	6.1	4.79	0.3	2	4.1	0.0	Productor de ácido
QUE-183	Ácido	SC	Desmonte	Desmonte	5.3	2.65	15.9	19.8	2.6	0.0	Productor de ácido
QUE-193	Inerte / neutral	SM	Desmonte	Desmonte	7.3	0.02	< 0.1	1.1	4.6	0.7	Material incierto
QUE-201	Inerte / neutral	SM	Desmonte	Desmonte	7.4	0.02	0.2	0.9	4.2	2.2	Material incierto
QUE-181	Inerte / neutral	SG	Óxido Leach	Cola CLT	8.1	0.03	< 0.1	< 0.1	7.1	4.5	Material incierto
QUE-166	Inerte / neutral	SM	Óxido Leach	Cola CLT	8	0.04	< 0.1	0.5	6.8	2.5	Material incierto
QUE-196	Ácido	SA	Óxido Leach	Cola CLT	7.2	4.32	< 0.1	2.7	6.3	0.0	Productor de ácido
QUE-191	Ligeramente ácido	SC	Óxido Leach	Cola CLT	7.2	2.32	< 0.1	1.9	4.8	0.1	Productor de ácido
<b>Fuente:</b> Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Insideo (2016).											

### Arenas de Molienda

El procedimiento de muestreo de estos materiales fue presentado y aprobado en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM. En dicho estudio se presentó y aprobó la caracterización geoquímica del material que conformará la presa del Depósito de Arenas de Molienda (DAM) y del material que se depositará en dicho depósito y que provendrá del tajo Yanacocha y del tajo La Quinua.

Los resultados de la caracterización geoquímica obtenidos MYSRL se presentan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

#### Valor de Carbonato Neto

#### Material que Conformar la Presa del DAM

Los resultados de las muestras analizadas del material que conforma la presa del DAM (material lixiviado del Pad La Quinua) muestran que el material se clasifica como ligeramente ácido de acuerdo con la clasificación NCV. Los resultados se muestran en la Tabla 3.2.2.3-37, *Resumen de Resultados de Muestras de Descargas del Pad La Quinua*.

**Tabla 3.2.2.3-37 Resumen de Resultados de Muestras de Descargas del Pad La Quinua**

Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
8030	LQ_PAD	LQ - PAD - Comp 72 - Zona C - Litt 7	0.2	1.42	0.062	0.02	0	-1.517	MA
8037	LQ_PAD	LQ - PAD - Comp 74 (Grupo A)	0.311	0.724	0.038	0.021	0	-0.503	LA
8093	LQ_PAD	LQ- Pad	0.083	0.585	0.082	0.021	0	-0.464	LA
8094	LQ_PAD	LQ- Pad	0.078	0.549	0.058	0.04	0	-0.58	LA
8095	LQ_PAD	LQ- Pad	0.01	0.068	0.033	0.02	0	-0.32	N
8096	LQ_PAD	LQ- Pad	0.196	1.388	0.084	0.02	0	-1.398	MA
8097	LQ_PAD	LQ- Pad	0.085	0.602	0.115	0.02	0	-0.36	LA
8180	LQ_PAD	LQ- PAD Comp 79 (05 al 11Feb)"B"	0.059	0.42	0.03	0.02	0	-0.457	LA
9631	LQ_PAD	Pad LQ - Compósito 104 D	0.13	1.51	0.096	0.02	5.45	-1.612	MA
9632	LQ_PAD	Pad LQ - Compósito 104 C	0.134	1.79	0.072	0.02	5.24	-2.078	MA
9633	LQ_PAD	Pad LQ - Compósito 105 C	0.1	0.741	0.066	0.02	5.95	0.709	LA
9810	LQ_PAD	PAD LQ	0.24	2.38	0.06	0.02	6.32	-2.785	MA
9811	LQ_PAD	PAD LQ	0.078	0.867	0.056	0.02	6.38	-0.949	LA
9817	LQ_PAD	Pad LO - Compósito 107	0.022	0.157	0.033	0.02	5.05	-0.137	LA
9836	LQ_PAD	Compósito 108 - LQ Pad	0.054	0.382	0.09	0.02	4.32	-0.192	LA
9837	LQ_PAD	LQ Pad - Compósito 108	0.152	0.57	0.087	0.02	3.9	-0.327	LA
9866	LQ_PAD	LQ Pad	0.821	0.821	0.079	0.02	3.93	0.217	N
9867	LQ_PAD	LQ Pad	0.489	0.489	0.056	0.02	4.21	0.132	N
9885	LQ_PAD	LQ Pad - Compósito 111	0.072	0.843	0.051	0.02	3.95	-0.943	LA

Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
9916	LQ_PAD	LQ - Pad - Compósito 112 - Zona C	0.627	0.68	0.039	0.02	6.58	-0.04	N
9935	LQ_PAD	LQ - Pad - Compósito 113 - Zona C	0.061	0.43	0.042	0.024	4.78	-0.44	LA
9938	LQ_PAD	LQ Pad Comp 114	0.643	0.78	0.072	0.024	7.42	-0.012	N
9939	LQ_PAD	LQ LIF 09	0.12	0.16	0.056	0.022	5.21	0.07	N
9940	LQ_PAD	LO LIF 12	0.093	0.658	0.073	0.043	7.6	-0.664	LA
9941	LQ_PAD	LPAD LQ	0.122	0.866	0.092	0.031	4.81	-0.799	LA
9963	LQ_PAD	LQ - Pad (Comp 116) - Sem 29/10 al 04/11) - Zona C	0.033	0.235	0.066	0.04	9.1	-0.181	LA
10170	LQ_PAD	Pad LQ - Compósito 114 - Sem 14 al 20 Ene	0.111	0.783	0.049	0.02	4.92	-0.815	LA
10283	LQ_PAD	Pad LQ compósito 121 semana del 1 al 9 marzo	0.082	0.709	0.02	0.02	4.9	-0.859	LA
10285	LQ_PAD	Pad YN Semana del 03 al 09 Marzo	0.047	0.335	0	0.02	4.94	-0.468	LA
10295	LQ_PAD	Pad LQ Semana del 10 al 16 Marzo	0.131	0.93	0.045	0.02	4.8	-1.002	MA
10297	LQ_PAD	Pad LQ - Sem 17 al 23 Marzo	0.182	1.129	0.071	0.02	4.41	-1.11	MA
10301	LQ_PAD	Pad LQ - Sem 24 al 30 de Marzo	0.173	1.025	0.067	0.02	4.94	-0.995	LA
10360	LQ_PAD	Descargas - Pad LQ - Semana 31-03 al 06-04	0.241	1.65	0.032	0.02	4.8	-1.886	MA
10431	LQ_PAD	Descarga LQ Pad - Sem 07 al 13 abril	0.299	2.27	0.061	0.02	4.41	-2.55	MA
10454	LQ_PAD	Descarga Pad LQ- Sem del 14/04 al 20/04	0.06	1.04	0.02	0.02	10.35	-1.343	MA
10455	LQ_PAD	Descarga PAD- LQ Sem (20104 al 27/04)	0.064	0.736	0.02	0.02	5.09	-0.921	LA
10464	LQ_PAD	Descarga Pad - LQ (Sem 28/04 al 04/05)	0.15	1.39	0.02	0.02	5.1	-1.699	MA
10785	LQ_PAD	Semana del 26-05-08 al 01-06-08	0.165	0.971	0.028	0.02	4.65	-1.075	MA
10961	LQ_PAD	Semana del 2-06 al 08-06 Descargas del PAD LQ	0.185	0.726	0.02	0.02	4.28	-0.741	LA
10984	LQ_PAD	Semana del 16 al 22 de Junio	0.055	0.873	0.02	0.02	4.54	-1.121	MA
11004	LQ_PAD	Semana del 23-06-08 al 29-06-08	0.15	1.06	0.037	0.02	6.9	-1.185	MA
11025	LQ_PAD	Semana del 30-06-08 al 06-07-08	0.06	1.11	0.02	0.02	2.58	-1.439	MA
11071	LQ_PAD	Semana del 07-07-08 al 11-07-08	0.129	0.912	0.073	0.02	3.35	-0.878	LA
11094	LQ_PAD	Semana del 14-07-08 al 20-07-08	0.305	1.23	0.075	0.02	4.98	-1.065	MA

Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
11113	LQ_PAD	Semana del 21, 22, 25 del 07 - 2008	0.12	0.849	0.103	0.02	4.66	-0.694	LA
11673	LQ_PAD	Semana del 09-09 al 05-10-08	0.118	0.832	0.036	0.02	6.07	-0.92	LA
11681	LQ_PAD	PAD LQ SEMANA DEL 06 AL 12 - 1008	0.144	1.02	0.042	0.02	4.3	-1.119	MA
11799	LQ_PAD	Semana del 13-10-08 al 19-10-08	0.08	0.875	0.052	0.02	5.2	-0.972	LA
11836	LQ_PAD	Descarga del PAD LQ	0.335	1.15	0.02	0.02	4.71	-1.117	MA
11830	LQ_PAD	Semana del 27-10-08 al 02-11-08	0.13	0.917	0.02	0.02	5.1	-1.079	MA
11852	LQ_PAD	Semana del 04-11-08 al 09-11-08	0.081	0.575	0.061	0.02	7.85	-0.526	LA
11893	LQ_PAD	PAD LQ SEMANA DEL 10 AL 16-11-08	0.139	0.991	0.02	0.02	7.3	-1.167	MA
11910	LQ_PAD	Comp. de mes de Octubre	0.109	0.979	0.026	0.02	11548	-1.032	MA
12016	LQ_PAD	PAD LQ semana del 17 AL 23-11-08	0.051	0.482	0.02	0.02	4.2	-0.59	LA
12063	LQ_PAD	PAD LQ SEMANA (26,27,28,29 Y 30/11/08)	0.037	0.255	0.02	0.02	8.8	-0.299	LA
12109	LQ_PAD	Compósito del Mes de Noviembre LQ-PAD	0.15	0.73	0.02	0.02	5.8	-0.795	LA
12112	LQ_PAD	Semana del 02-12 al 07-12-08	0.066	0.384	0.02	0.02	4.38	-0.436	LA
12165	LQ_PAD	Semana del 08-12 al 14-12-08	0.043	0.301	0.02	0.02	5.02	-0.354	LA
12268	LQ_PAD	Semana del 15-12- al 20-12-08	0.063	0.223	0.059	0.02	7.56	-0.076	N
12285	LQ_PAD	Descarga del Pad Semana (22, 25, 26, 27, 28, 12, 08)	0.155	0.668	0.053	0.02	8.62	-0.582	LA
12318	LQ_PAD	PAD LQ semana DEL 29 AL 04-01-09	0.29	1.39	0.039	0.02	5.38	-1.437	MA
12372	LQ_PAD	Semana del 05-01.09 al 11-01-09	0.196	0.716	0.02	0.02	5.58	-0.712	LA
12390	LQ_PAD	Semana del 12 al 18-01-09	0.114	0.807	0.027	0.02	4.99	-0.924	LA
12403	LQ_PAD	Semana del 19-01-09 al 25-01-09	0.039	0.622	0.02	0.02	4.88	-0.799	LA
12445	LQ_PAD	Semana del 26-01 al 01-02-09	0.051	0.362	0.02	0.021	5.49	-0.43	LA
12475	LQ_PAD	Semana del 02-02 al 08-02-09	0.05	0.221	0.02	0.02	6.3	-0.234	LA
12482	LQ_PAD	Compósito enero LQ PAD	0.127	0.766	0.02	0.02	5.26	-0.875	LA
12490	LQ_PAD	Semana del 90-02-09 - 22/02/09	0.358	0.358	0.08	0.02	7.28	0.22	N
12527	LQ_PAD	LQ PAD Semana: 16/02/09 - 22/02/09	0.055	0.289	0.027	0.02	5.84	-0.295	LA
12547	LQ_PAD	DM Semana del 23 al 11-03-09	0.057	0.536	0.026	0.02	4.07	-0.634	LA



Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
12634	LQ_PAD	Comp. mes febrero - LQ PAD	0.037	0.373	0.02	0.02	5.15	-0.46	LA
12635	LQ_PAD	LQ PAD Semana 02-03 al 09-03-09	0.108	0.999	0.02	0.02	5.14	-2.221	MA
12651	LQ_PAD	LQ semana del 09 al 15-03-09	0.117	0.831	0.055	0.02	4.17	-0.894	LA
12694	LQ_PAD	LQ semana del 16 al 22-03-2009	0.097	0.683	0.075	0.02	4.6	-0.602	LA
12721	LQ_PAD	LQ_PAD SEMANA: 23-03-09 AL 29-03-09	0.097	0.799	0.036	0.02	4.63	-0.903	LA
12776	LQ_PAD	LQ Semana del 30-03 al 05-04-09	0.07	0.512	0.032	0.02	4.3	-0.562	LA
12926	LQ_PAD	Descarga Pad LQ semana 06 al 12-04-09	0.062	0.44	0.039	0.02	4.37	-0.448	LA
12973	LQ_PAD	Descarga PAD LQ Semana 13 al 19-04-09	0.175	0.612	0.054	0.02	4.19	-0.474	LA
12975	LQ_PAD	Comp. mes marzo LQ PAD	0.126	0.695	0.039	0.02	4.79	-0.71	LA
12981	LQ_PAD	LQ Semana 20-04-09 al 26-04-09	0.181	1.1	0.075	0.02	4.61	-1.057	MA
12998	LQ_PAD	Semana del 27/04/09 al 03/05/09 descarga PAD LQ	0.073	0.685	0.026	0.02	4	-0.816	LA
13051	LQ_PAD	Descarga LQ Pad semana del 04 al 10-05-09	0.087	0.613	0.034	0.02	3.85	-0.67	LA
13072	LQ_PAD	Semana del 12-05 al 17-05-09 LQ-PAD	0.08	1.61	0.185	0.02	4.08	-1.491	MA
13074	LQ_PAD	Compósito Mes Abril LQ PAD	0.181	0.811	0.137	0.02	4.42	-0.434	LA
13111	LQ_PAD	Semana del 18-05 año 24/05/09 LQ-PAD	0.145	0.711	0.029	0.02	4.05	-0.742	LA
13167	LQ_PAD	Descarga Pad La Quinua semana 25 al 31 de mayo	0.1	1.05	0.028	0.02	3.7	-1.272	MA
13168	LQ_PAD	Compósito Mes Mayo LQ-PAD	0.16	1.16	0.02	0.02	4.2	-1.37	MA
13263	LQ_PAD	Semana del 01 al 07-06-09 Pad LQ descarga del Pad	0.035	0.708	0.051	0.02	3.93	-0.808	LA
13307	LQ_PAD	Descarga LQ PAD semana del 08 AL 14-06-09	0.316	1.43	0.036	0.02	4.2	-1.467	MA
13490	LQ_PAD	Comp. Junio LQ-PAD (Descargas)	0.092	0.956	0.041	0.02	4.65	-1.107	MA
13643	LQ_PAD	Descarga del Pad LQ semana del 06-07 al 12-07-09; 2"	0.177	0.938	0.071	0.02	3.7	-0.855	LA
13783	LQ_PAD	Descarga PAD LQ semana del 13 AL 19-07-09; - 2"	0.272	1.627	0.074	0.02	4.37	-1.658	MA
13840	LQ_PAD	Descarga Pad LQ semana del 20 al 26-07-09	0.218	1.956	0.044	0.02	3.4	-2.293	MA

Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
13850	LQ_PAD	Compósito julio LQ PAD	0.229	1.305	0.053	0.02	4.2	-1.354	MA
13852	LQ_PAD	Semana del 27-07 AL 02-08-09 DESCARGA LQ PAD	0.104	0.67	0.032	0.029	4.7	-0.764	LA
13905	LQ_PAD	Descarga Pad LQ semana del 03-09-08 al 09-08-09	0.332	1.03	0.097	0.02	2.78	-0.674	LA
14077	LQ_PAD	Semana del 10 al 16-08-09 Descarga semanal PAD LQ	0.073	1.878	0.115	0.02	4.36	-2.124	MA
14301	LQ_PAD	LQ descarga semana del 17 al 23-08-09	0.251	1.418	0.049	0.02	4.01	-1.492	MA
14555	LQ_PAD	Descarga Pad LQ semana del 24 al 30-08-09	0.136	0.919	0.049	0.02	3.85	-0.966	LA
14566	LQ_PAD	Comp.- agosto La Quinua-PAD	0.382	1.362	0.067	0.02	4.09	-1.17	MA
14623	LQ_PAD	Descarga Pad LQ semana del 31-08 al 06-09-09	0.111	0.786	0.083	0.02	4.4	-0.693	LA
14637	LQ_PAD	Semana del 07-09 al 13-09-09 descarga PAD LQ	0.158	1.346	0.076	0.02	4.12	-1.422	MA
14661	LQ_PAD	Semana 14-09 al 20-09-09 LQ PAD	0.158	0.958	0.122	0.02	3.78	-0.722	LA
14678	LQ_PAD	Semana 21-09 al 27-09-09 LQ PAD	0.388	2.05	0.136	0.02	4.65	-1.851	MA
14696	LQ_PAD	Compósito mes de Septiembre LQ PAD	0.123	1.195	0.067	0.02	4.51	-1.296	MA
14705	LQ_PAD	Semana 28-09 al 04-10-09 LQ PAD (Descargas)	0.071	1.744	0.084	0.02	3.72	-2.057	MA
14770	LQ_PAD	Semana del 05-10 al 11-10-09 LQ-PAD	0.211	1.32	0.211	0.02	4.73	-0.818	LA
14796	LQ_PAD	Semana del 12-10 al 18-10-09 LQ PAD	0.767	2.186	0.032	0.02	4.45	-1.9	MA
14802	LQ_PAD	Descarga PAD LQ semana 19/10 al 25/10/2009	0.31	1.557	0.103	0.02	5.1	-1.404	MA
14934	LQ_PAD	Semana 26-10 al 01-11-09 LQ PAD	0.504	1.43	0.085	0.02	4.33	-1.03	MA
14948	LQ_PAD	Descarga del PAD LQ semana del 02-11 AL 08-11-09	0.218	0.762	0.05	0.02	4.33	-0.635	LA
14954	LQ_PAD	Compósito- Octubre LQ-PAD (Descargas)	0.174	1.796	0.054	0.02	4.37	-2.097	MA
15471	LQ_PAD	Semana 09-11 al 15-11-09 LQ PAD	0.136	0.705	0.038	0.02	6.83	-0.713	LA
15480	LQ_PAD	LQ- 3576-129-165	0.317	1.551	0.034	0.02	5.6	-1.639	MA
15482	LQ_PAD	Semana 16-11 al 22-11-09 LQ PAD	0.12	1.279	0.073	0.02	4.03	-1.393	MA

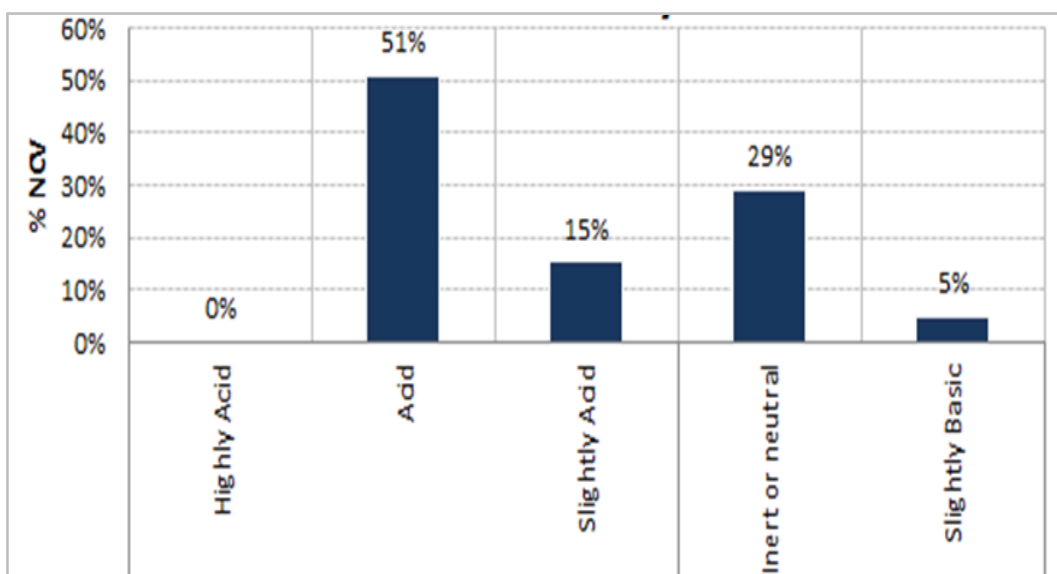
Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
15637	LQ_PAD	Descargas del PAD La Quinua (Semana del 23 al 29-11-09 )	0.113	0.8	0.131	0.02	4.63	-0.534	LA
15691	LQ_PAD	Comp. Mes- Noviembre LQ.PAD	0.18	0.956	0.081	0.02	4.62	-0.839	LA
15838	LQ_PAD	Semana 30-11 al 06-12-09 LQ PAD	0.091	0.644	0.372	0.02	5.54	-0.534	N
15855	LQ_PAD	Semana 07-12 al 13-12-09 LQ PAD	0.13	0.922	0.044	0.02	4.63	-0.997	LA
15871	LQ_PAD	Semana 14-12 al 20-12-09 LQ-PAD	0.055	0.897	0.076	0.02	4.12	-0.948	LA
15902	LQ_PAD	Semana 28-12-09 al 03-01-2010 PAD LQ	0.099	0.701	0.132	0.02	4.48	-0.414	LA
15922	LQ_PAD	Semana 28-12-09 al 03-01-2010 PAD LQ	0.347	1.485	0.092	0.02	0.48	-1.295	MA
21685	LQ_PAD	Compósito descarga PAD LQ (Septiembre 2010)	0.279	1.106	0.104	0.02	7.64	-0.825	LA
21686	LQ_PAD	Compósito Descarga PAD LQ (Octubre 2010)	0.053	0.538	0.088	0.02	6.27	-0.415	LA
21687	LQ_PAD	Compósito descarga PAD LQ (Noviembre 2010)	0.222	0.735	0.06	0.02	6.37	-0.556	LA
21703	LQ_PAD	Compósito Descarga PAD – Junio	0.215	1.083	0.02	0.02	4.56	-1.189	MA
24127	LQ_PAD	Compósito del mes de abril (Descarga al PAD LQ)	0.11	0.357	0.057	0.05	5.83	-0.113	LA
28026	LQ_PAD	Comp. Junio. LQ	0.118	0.473	0.03	0.02	5.56	-0.45	LA
28027	LQ_PAD	Comp. Julio. LQ	0.071	0.501	0.028	0.02	6.33	-0.56	LA
28028	LQ_PAD	Comp. Septiembre. LQ	0.041	0.464	0.02	0.02	3.8	-0.58	LA
28029	LQ_PAD	Comp. Octubre. LQ	0.067	0.472	0.02	0.02	4.64	-0.555	LA
28030	LQ_PAD	Comp. Noviembre. LQ	0.173	0.424	0.02	0.02	4.57	-0.344	LA
28031	LQ_PAD	Comp. Agosto. Carachugo	0.019	0.134	0.02	0.02	5.51	-0.158	LA
28032	LQ_PAD	Comp. Septiembre. Carachugo	0.021	0.151	0.02	0.02	5.74	-0.178	LA
28033	LQ_PAD	Comp. Agosto. MQMQ	0.05	0.357	0.02	0.02	5.43	-0.42	LA
28034	LQ_PAD	Comp. Septiembre. MQMQ	0.023	0.16	0.02	0.02	5.06	-0.188	LA
28261	LQ_PAD	Compósito diciembre - LQ 2011	0.023	0.161	0.02	0.02	5.58	-0.189	LA
29167	LQ_PAD	Comp.Descarga - PAD-La Quinua- Febrero	0.284	0.531	0.02	0.02	4.48	-0.338	LA
30040	LQ_PAD	Compósito descarga al	0.093	0.284	0.021	0.02	5.6	-0.258	LA

Sample Code	Sub Project	Sample Name	S Sulfur %	S Total %	C Total %	C Residual %	pH Natural	NCV	Clasificación NCV
		PAD- L.Q - ABRL-2012							
30072	LQ_PAD	Celda 192 LIFT 4.5 24/05/2012	0.036	0.256	0.02	0.02	10.48	-0.301	LA
30143	LQ_PAD	Comp mayo PAD L.Q	0.148	0.471	0.028	0.02	4.41	-0.413	LA
30732	LQ_PAD	Corm. Junio 2012	0.047	0.263	0.06	0.02	4.37	-0.142	LA
30909	LQ_PAD	Comps PAD La Quinua	0.026	0.185	0.16	0.02	7.53	0.307	N
31154	LQ_PAD	Comp-PAD La Quinua	0.047	0.333	0.13	0.02	6.04	0.023	N
32179	LQ_PAD	Compósito PAD La Quinua	0.04	0.769	0.05	0.02	4.92	-0.907	LA
32803	LQ_PAD	Desg. Pad_noviembre	0.036	0.254	0.1	0.02	7.41	-0.013	N
34096	LQ_PAD	COMP_ DES_ PAD Diciembre	0.108	0.487	0.07	0.02	6.17	-0.347	LA
34300	LQ_PAD	LQ-COMP-ENERO	0.053	0.566	0.06	0.02	5.38	-0.552	LA
Fuente: MYSRL.									

#### Material a Depositar en el DAM – Tajo Yanacocha

El Gráfico 3.2.2.3-38, *Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo Yanacocha*, presenta el histograma de clasificación NCV para el material proveniente del Tajo Yanacocha. El mineral tiene un comportamiento ácido, por lo tanto, puede formar solución ácida en contacto con agua de proveniente de precipitación, si la acidificación es agresiva podría producir una disolución de algunos metales presentes. Sin embargo, si el material es mezclado con suficiente cal y adicionalmente luego es regado con solución alcalina, el pH de la solución drenada podría volverse básica permitiendo la disolución del oro. El histograma muestra que el 51% de las muestras son clasificadas como ácidas, 15% ligeramente ácidas, 29% inerte y solo el 5% ligeramente básica.

**Gráfico 3.2.2.3-38 Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo Yanacocha**



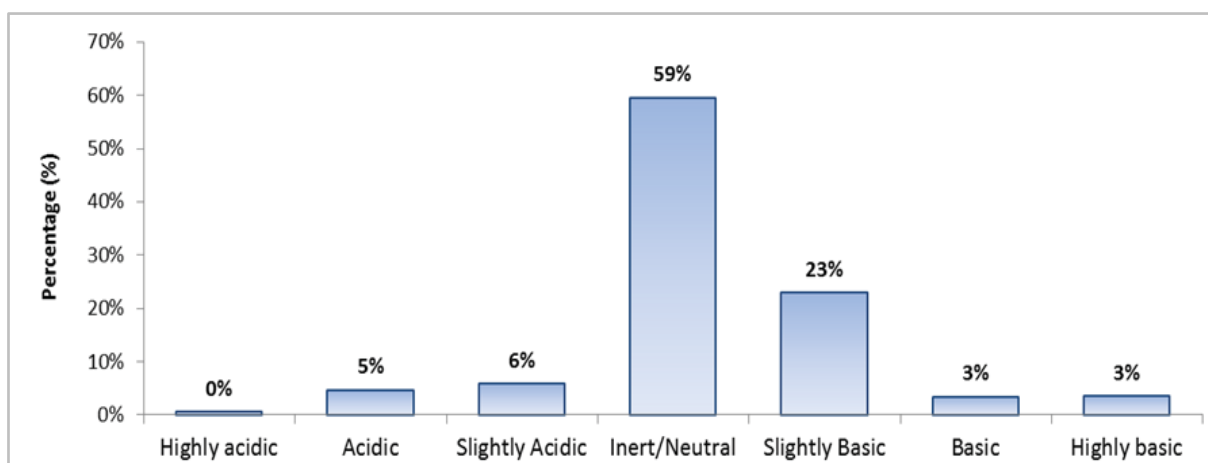
Fuente: MYSRL.

### Material a Depositar en el DAM – Tajo La Quinua

De acuerdo con la clasificación NCV para el caso del material proveniente del Tajo La Quinua, el 82% es material NPAG (inerte/neutral/ligeramente básico) y el 11% es material PAG (ácido/ligeramente ácido), ver Gráfico 3.2.2.3-39, *Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo La Quinua*.

Se observa que en general, el mineral es inerte o neutral con una ligera tendencia a la acidez. El agua de lluvia podría disolver algunos metales, pero esto podría evitarse controlando la cantidad de cal y manteniendo el pH básico en la solución de irrigación. Los resultados completos de la prueba NCV y la ubicación de taladros se encuentran en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

**Gráfico 3.2.2.3-39 Histograma NCV para las Muestras de Mineral Provenientes del Tajo La Quinua**



Fuente: MYSRL.

### Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética

### Material a Depositar en el DAM – Tajo Yanacocha

Con el propósito de evaluar la solución de drenaje proveniente del DAM, MYSRL seleccionó muestras de mineral Deep Transicional (DT) fresco y de Stocks para desarrollar pruebas de SPLP y celdas de humedad (HCT). En la Tabla 3.2.2.3-38, *Muestras de Mineral DT Stock para Pruebas SPLP y HCT*, se muestra los compósitos formados para elaborar las respectivas pruebas.

**Tabla 3.2.2.3-38 Muestras de Mineral DT Stock para Pruebas SPLP y HCT**

Met. Lab. Code	Sample Code	BRT's CN	Mesh Size	SPLP	HCT
		g/m3	M		
34707	Comp. Master B- Stock Kathia	250	200	X	X
34707	Comp. Master B- Stock Kathia	1,000	200	X	
34708	Comp. Master B- Stock Huamanchumo	1,750	200	X	X
34708	Comp. Master B- Stock Huamanchumo	2,500	200	X	
34709	Comp. Master C- Stock Kathia	3,250	200	X	X
34709	Comp. Master C- Stock Kathia	4,000	200	X	
34710	Comp. Master C- Stock Huamanchumo	4,750	200	X	X
34710	Comp. Master C- Stock Huamanchumo	5,500	200	X	
Fuente: MYSRL					

Los resultados indican que para las muestras de DT Stocks (8 muestras), se registraron valores de pH ácidos en todos los casos. Respecto a la conductividad eléctrica, se registraron valores altos que variaron entre 3,840 y 7,700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual denota una alta concentración de especies disueltas. En cuanto a las

concentraciones de metales, se identificó que estas fueron variables, identificándose concentraciones altas de As, Cr, Fe, Pb y Cu y Zn que superan el ECA Categoría 3, lo cual guarda relación con los valores de conductividad registrados.

Los resultados indican que para las muestras de DT Fresco (20 muestras), se registraron valores de pH ácidos principalmente (entre 2.56 y 3.49), con excepción de 4 muestras que registraron valores neutros. Respecto a la conductividad eléctrica, se registraron valores ligeramente altos en todas las muestras, los cuales variaron entre 1,130 y 2,350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual denota también una alta concentración de especies disueltas. En cuanto a las concentraciones de metales, se identificó que estas fueron variables, identificándose concentraciones altas de As, Cr, Fe, Pb y Cu y Zn que superan el ECA Categoría 3, lo cual guarda relación con los valores de conductividad registrados. El detalle de los resultados de los análisis SPLP se adjunta en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

#### *Material a Depositar en el DAM – Tajo La Quinua*

Se realizaron pruebas SPLP en colas de botella (rechazos) de mineral de alta ley destinado a la planta Gold Mill, con la finalidad de observar el potencial de disolución de metales en el DAM. Los 04 compósitos se también se seleccionaron en base a las alteraciones predominantes que son SMV y SG (ver Tabla 3.2.2.3-39 *Muestras a partir de las cuales se prepararon los Compósitos para SPLP*). Asimismo, se realizaron pruebas SPLP en mineral no lixiviado para observar el caso más extremo de lixiviación de metales en el mineral (ver Tabla 3.2.2.3.40, *Ubicación de Taladros de Muestras SPLP y HCT*).

**Tabla 3.2.2.3-39 Muestras a partir de las cuales se prepararon los Compósitos para SPLP**

Composites	Hole_ID	Hole	From (m)	To (m)	Alteration	NCV Class	AuFA g/t
1	DS-1254841	COR-004	350	358	SM	Inert/Neutral	4.411
		COR-004	360	374	SMV		3.636
2	DS-1254843	TO-026	232	236.6	SMV	Inert/Neutral	1.961
		TO-026	253.55	260	SMV		1.882
		TO-026	266	270	SM		1.646
		TO-026	270	282.4	SM		3.278
3	DS-1254844	TO-058	278	285.25	SG2	Inert/Neutral	1.803
4	DS-1254845	TO-104	201.35	210	SMG	Inert/Neutral	2.555
		TO-104	208.25	214	SMG		3.054
Fuente: MYSRL.							



Tabla 3.2.2.3-40 Ubicación de Taladros de Muestras SPLP y HCT

Sample	Hcle_ID	From	To	Easting	Northing	Alteration	Elevation	TO	Alteration	Lithology	Type	NCV Class	Hole_ID for SPLP	Hole_ID for HCT
Ore	COR-141	250	252	11762.0	26000.7	SM	3,586.7	360	SM	BXH	Oxides	Inert	DS-1238917	DS-1238919
Ore	COR-069	280	282	11823.2	25250.8	SMV	3,515.1	401.8	SMV	ULT	Oxides	Inert	DS-1238918	
Ore	COR-074	320	322	11559.8	25760.0	SM	3,564.7	390	SM	BXH	Oxides	Inert	DS-1238919	
Ore	COR-081	264	266	11789.7	25953.9	SMG	3,586.2	350.1	SMG	BXH	Oxides	Inert	DS-1238920	
Fuente: MYSRL.														

Los resultados de las muestras de rechazos muestran valores de pH neutros a ligeramente alcalinos. Los registros de elementos metálicos analizados en la solución SPLP se mantuvieron mayormente por debajo de los límites de detección de la metodología aplicada y/o cumple con el ECA de la Categoría 3, con la excepción puntual del arsénico para la muestra de la alteración SG2 (ver Tabla 3.2.2.3-41, *Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinua - Rechazos*).

Por otro lado, para el caso de la muestra de mineral, se obtuvo un valor de pH ácido (4.3); sin embargo, las concentraciones de elementos metálicos analizados en la solución SPLP se mantuvieron mayormente por debajo de los límites de detección de la metodología aplicada y/o cumple con el ECA de la Categoría 3, con excepción del cadmio, cobre y manganeso (ver Tabla 3.2.2.3-42, *Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinua – Mineral no Lixiviado*).

**Tabla 3.2.2.3-41 Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinua (Rechazos)**

Type Hole_ID NCV Classification Alteration Analito Unidades STD or Goal	BRT tail			
	DS-1254841 Inert/Neutral SM-SMV	DS-1254844 Inert/Neutral SG2	DS-1254845 Inert/Neutral SMG-SMV	DS-1254843 Inert/Neutral SM-SMV-SMG
<u>Physicochemical parameters</u>				
Alc Total mg CaCo3/L	15	9	29	26
CE uS/cm	55	44	70	66
pH 6-9	8	6.62	8.82	8.57
TDS mg/L 1000	40	30	48	42
<u>Inorganic parameters</u>				
<u>Anions</u>				
Br mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cl mg/L 100-700	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
F mg/L 1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
N-NO2 mg/L 0.06	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
N-NO3 mg/L 10	0.22	0.23	0.23	0.23
SO4 mg/L 300	7.6	8.1	4	4.4
<u>Phosphorus</u>				
P React D mg/L	<0.01	0.03	0.03	0.01
<u>Metals</u>				
Hg mg/L 0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
<u>Dissolved metals</u>				
Ag mg/L 0.05	<0.000050	0.000109	<0.000050	0.000083
Al mg/L 5	0.0284	0.0127	0.0118	<0.0050
As mg/L 0.05	0.0143	0.078	0.00649	0.014
B mg/L 0.5-6	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Ba mg/L 0.7	0.538	0.663	0.45	0.545
Be mg/L 0.1	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
Bi mg/L	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
Ca mg/L 200	6.87	5.16	9.01	8.27
Cd mg/L 0.005	<0.00025	<0.00025	<0.00025	<0.00025
Co mg/L 0.05	<0.00050	0.00103	<0.00050	<0.00050
Cr mg/L 0.1	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
Cu mg/L 0.2	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
Fe mg/L 1	<0.030	<0.030	<0.030	<0.030
K mg/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Li mg/L 2.5	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050

Type Hole_ID NCV Classification Alteration			BRT tail			
			DS-1254841 Inert/Neutral SM-SMV	DS-1254844 Inert/Neutral SG2	DS-1254845 Inert/Neutral SMG-SMV	DS-1254843 Inert/Neutral SM-SMV-SMG
Analito	Unidades	STD or Goal				
Mg	mg/L	150	0.2	0.22	0.41	0.24
Mn	mg/L	0.2	0.00215	0.00817	0.00108	0.00183
Mo	mg/L		0.00614	0.00237	0.00221	0.00246
Na	mg/L	200	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Ni	mg/L	0.2	<0.0025	<0.0025	<0.0025	<0.0025
P	mg/L		<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Pb	mg/L	0.05	<0.00025	0.00044	0.00041	0.00041
Sb	mg/L	0.006	0.00738	0.025	0.0011	0.0172
Se	mg/L	0.05	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
Si	mg/L		5.15	6.61	11.3	12.3
Sn	mg/L		<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050
Sr	mg/L		0.0196	0.202	0.0422	0.021
Ti	mg/L		<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Tl	mg/L		0.00052	<0.00050	<0.00050	<0.00050
U	mg/L		<0.000050	0.000164	0.000056	<0.000050
V	mg/L	0.1	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
Zn	mg/L	2	<0.0050	0.0143	<0.0050	<0.0050
Fuente: MYSRL						

**Tabla 3.2.2.3-42 Resumen de Resultados de SPLP – Mineral Proveniente de Tajo La Quinua (Mineral no Lixiviado)**

Type Hole_ID NCV Classification Alteration Analito      Unidades    STD or Goal			BRT tail	
			ORE DS-1238920 Inert/Neutral SMG	ORE DS-1254845 Inert/Neutral SMG-SMV
<u>Physicochemical parameters</u>				
Alc Total	mg CaCo3/L		<1	29
CE	uS/cm		64	70
pH		6-9	4.3	8.82
TDS	mg/L	1000	36	48
<u>Inorganic parameters</u>				
<u>Anions</u>				
Br	mg/L		<0.01	<0.01
Cl	mg/L	100-700	<0.2	<0.2
F	mg/L	1	<0.02	<0.02
N-NO2	mg/L	0.06	<0.001	<0.001
N-NO3	mg/L	10	0.077	0.23
SO4	mg/L	300	17	4
<u>Phosphorus</u>				
P React D	mg/L		<0.01	0.03
<u>Metals</u>				
Hg	mg/L	0.001	<0.001	<0.001
<u>Dissolved metals</u>				
Ag	mg/L	0.05	<0.00005	<0.000050

Type Hole_ID NCV Classification Alteration Analito    Unidades    STD or Goal	BRT tail	
	ORE DS-1238920 Inert/Neutral SMG	ORE DS-1254845 Inert/Neutral SMG-SMV
Al	mg/L	5
As	mg/L	0.05
B	mg/L	0.5-6
Ba	mg/L	0.7
Be	mg/L	0.1
Bi	mg/L	
Ca	mg/L	200
Cd	mg/L	0.005
Co	mg/L	0.05
Cr	mg/L	0.1
Cu	mg/L	0.2
Fe	mg/L	1
K	mg/L	
Li	mg/L	2.5
Mg	mg/L	150
Mn	mg/L	0.2
Mo	mg/L	
Na	mg/L	200
Ni	mg/L	0.2
P	mg/L	
Pb	mg/L	0.05
Sb	mg/L	0.006
Se	mg/L	0.05
Si	mg/L	
Sn	mg/L	
Sr	mg/L	
Ti	mg/L	
Tl	mg/L	
U	mg/L	
V	mg/L	0.1
Zn	mg/L	2
<b>Fuente:</b> MYSRL.		

### Pruebas de Celda de Humedad

#### *Material a Depositar en el DAM – Tajo Yanacocha*

Este material corresponde al residuo DAM que será producido por el procesamiento del mineral proveniente del Tajo Yanacocha, específicamente Yanacocha Sur Layback. MYSRL ha desarrollado pruebas de Celdas de humedad para mineral deep transitional (DT) fresco y Stocks proveniente del tajo Yanacocha. Cuatro compósitos fueron preparados para mineral DT Stocks. Asimismo, se MYSRL preparó compósitos para mineral DT fresco.

Los resultados de las pruebas fueron adjuntados en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM y se adjuntan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Los resultados mostraron que los valores de pH se redujeron de manera constante hasta un valor de aproximadamente 3 unidades, a excepción de las muestras Compósito C, la cual un incremento en los valores de pH (hasta aproximadamente 8), para luego reducirse ligeramente y estabilizarse en un valor neutral.

Respecto a las concentraciones de sulfato, todas las muestras compósito mostraron una tendencia constante de incremento (3,000 a 4,000 mg/L), siendo la más notoria la muestra Compósito B, la cual alcanzó un valor de aproximadamente 8,000 mg/L.

Respecto a la concentración de metales, las tendencias fueron variables dependientes del metal analizado. Para el caso del arsénico, las concentraciones se mantuvieron estables a lo largo del periodo de análisis teniendo solo ligeras variaciones. Sin embargo, para el caso de otros metales, las concentraciones se elevan de manera notoria en diferentes semanas: cadmio (semana 6), calcio (semana 2), cobalto (semana 4), cromo (semana 9 solo para la muestra Compósito C Huamanchumo y semana 10 solo para la muestra Compósito B Kathia), cobre (semana 6 solo para la muestra Compósito C Huamanchumo y semana 11 solo para la muestra Compósito B Kathia), hierro (semana 6 solo para la muestra Compósito C Huamanchumo y semana 11 solo para la muestra Compósito B Kathia) y plomo (semana 6 solo para la muestra Compósito B Huamanchumo y semana 4 solo para la muestra Compósito C Huamanchumo).

#### *Material a Depositar en el DAM – Tajo La Quinua*

Este material corresponde al residuo DAM que será producido por el procesamiento del mineral proveniente del Tajo La Quinua, específicamente Tapado Oeste Layback. En base a los resultados de la prueba SPLP, MYSLR decidió realizar la prueba de celda de humedad (HCT) al mineral remanente de la prueba SPLP de la muestra DS-1238919. Los resultados SPLP de las pruebas hasta la semana 15 fueron adjuntados en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobada mediante RD 586-2014-MEM/DGAAM y se adjuntan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Los resultados muestran que el pH se incrementó de manera constante llegando a ser alcalino. Respecto a la concentración de metales, se mostró una tendencia a disminuir por debajo de los estándares de referencia. La conductividad de la solución tuvo una relación directa con la concentración de sulfatos, estabilizándose éstas alrededor de la semana 12.

#### **Mineral y Desmonte Tajo Yanacocha Etapa 2 (Verde)**

##### Valor de Carbonato Neto (NCV)

En la Tabla 3.2.2.3-43, *Resultados del Ensayo NCV para Yanacocha Verde*, se pueden observar los resultados del ensayo NCV detallado por compósito, de ella se concluye que 18 de los 20 compósitos son generadores de acidez. El desmonte proveniente del tajo Yanacocha Verde muestra alta tendencia a generar ácido según el ensayo NCV. Asimismo; en la Tabla 3.2.2.3-44, *Proporción Porcentual de los Tipos de Muestras según el Valor de NCV para Yanacocha Verde*, se puede observar que un 75% de los compósitos son entre "Altamente" y "Moderadamente" ácidos.

**Tabla 3.2.2.3-43 Resultados del Ensayo NCV para Yanacocha Verde**

Código Geología	Código LIMS	C Total	C Res %	S Total %	S Sulfuro %	Clasificación de acuerdo con NCV (%)			
						ANP	AGP	NCV	Clasificación
1	50229R_HA	0.02	0.02	0.167	0.036	0.07	-0.05	0.02	Neutral
2	50230R_HA	0.152	0.02	2.790	2.414	0.07	-3.31	-3.23	Moderadamente ácido
3	50231R_HA	0.020	0.020	4.215	3.834	0.07	-5.25	-5.18	Altamente ácido
4	50232R_HA	0.020	0.020	7.219	6.927	0.07	-9.49	-9.42	Altamente ácido
5	50233R_HA	0.020	0.020	4.633	4.203	0.07	-5.76	-5.68	Altamente ácido
6	50234R_HA	0.020	0.020	6.996	6.736	0.07	-9.23	-9.15	Altamente ácido
7	50235R_HA	0.020	0.020	6.894	5.177	0.07	-7.09	-7.02	Altamente ácido
8	50236R_HA	0.020	0.020	0.104	0.046	0.07	-0.06	0.01	Neutral

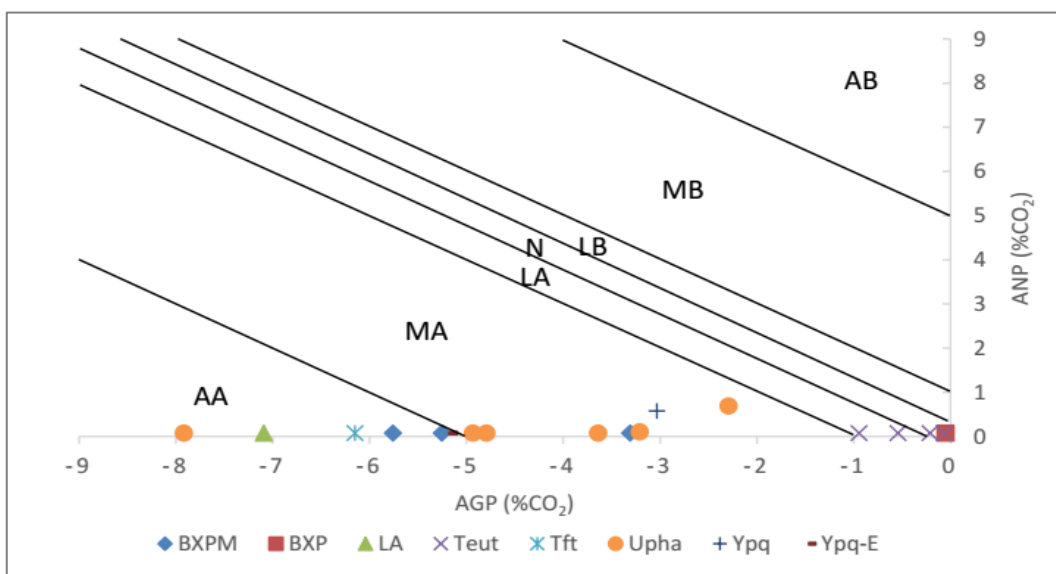
Código Geología	Código LIMS	C <sub>Total</sub>	C <sub>Res</sub> %	S <sub>Total</sub> %	S <sub>Sulfuro</sub> %	Clasificación de acuerdo con NCV (%)			
						ANP	AGP	NCV	Clasificación
9	50237R_HA	0.020	0.020	0.223	0.153	0.07	-0.21	-0.14	Ligeramente ácido
10	50238R_HA	0.020	0.020	0.469	0.396	0.07	-0.54	-0.47	Ligeramente ácido
11	50239R_HA	0.020	0.020	0.909	0.689	0.07	-0.94	-0.87	Ligeramente ácido
12	50240R_HA	0.022	0.020	6.997	4.490	0.07	-6.15	-6.08	Altamente ácido
13	50241R_HA	0.272	0.029	2.754	2.342	0.11	-3.21	-3.10	Moderadamente ácido
14	50242R_HA	0.245	0.187	1.948	1.672	0.69	-2.29	-1.60	Moderadamente ácido
15	50243R_HA	0.020	0.020	3.187	2.658	0.07	-3.64	-3.57	Moderadamente ácido
16	50244R_HA	0.020	0.020	4.386	3.498	0.07	-4.79	-4.72	Moderadamente ácido
17	50245R_HA	0.023	0.020	7.627	5.779	0.07	-7.92	-7.84	Altamente ácido
18	50246R_HA	0.020	0.020	3.744	3.601	0.07	-4.93	-4.86	Moderadamente ácido
19	50247R_HA	0.317	0.158	2.332	2.213	0.58	-3.03	-2.45	Moderadamente ácido
20	50248R_HA	0.020	0.020	3.950	3.781	0.07	-5.18	-5.11	Altamente ácido
Fuente: MYSRL.									

**Tabla 3.2.2.3-44 Proporción Porcentual de los Tipos de Muestras según el Valor de NCV para Yanacocha Verde**

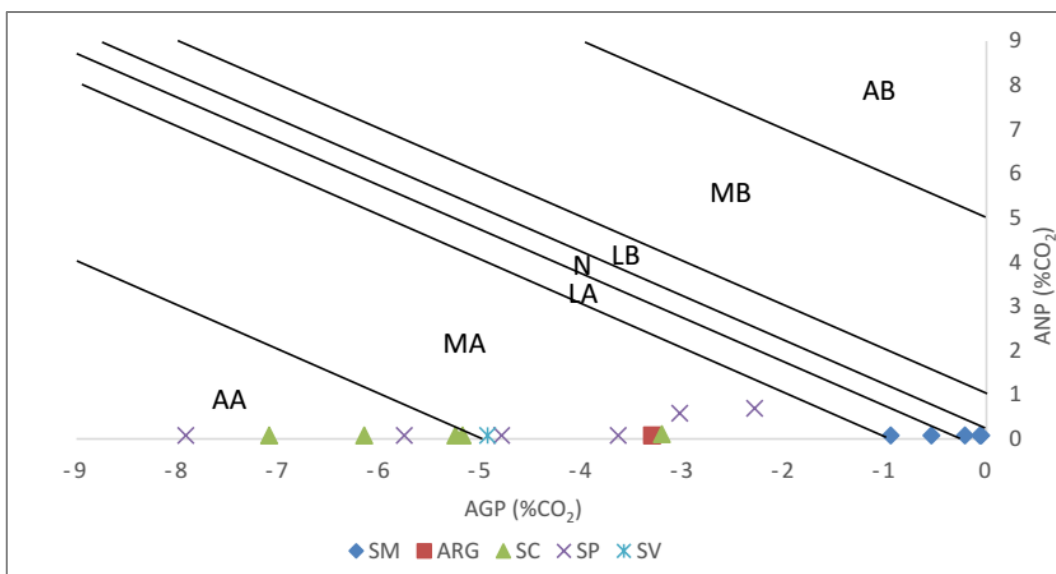
Tipo de material	Componente	Altamente Ácido	Moderadamente Ácido	Ligeramente Ácido	Neutral	Ligeramente Básico	Moderadamente Básico	Altamente Básico	Total
Desmonte de tajo	Yanacocha verde	40%	35%	15%	10%	0%	0%	0%	100%
Fuente: MYSRL.									

El gráfico AGP vs. ANP (Gráfico 3.2.2.3-40, AGP vs. ANP. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-41, AGP vs. ANP. A. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde) también indica que la mayoría de los compósitos son generadores ácidos, obteniéndose que 8 de los mismos se ubican en el área demarcada como altamente ácido, 7 en el de moderadamente ácido, 3 en el de ligeramente ácido y 2 en el de neutral). Se realizaron dos gráficos de AGP vs. ANP, el del Gráfico 3.2.2.3-40 se realizó tomando en cuenta la litología y el del Gráfico 3.2.2.3-41 se realizó respecto a la alteración presente en las muestras. De estos gráficos se puede observar como las muestras con litología Teut y BXP muestran una similar tendencia (están agrupadas), por otro lado, ambas muestras tienen alteración de sílice masiva, por lo que pueden tener características mineralógicas similares.



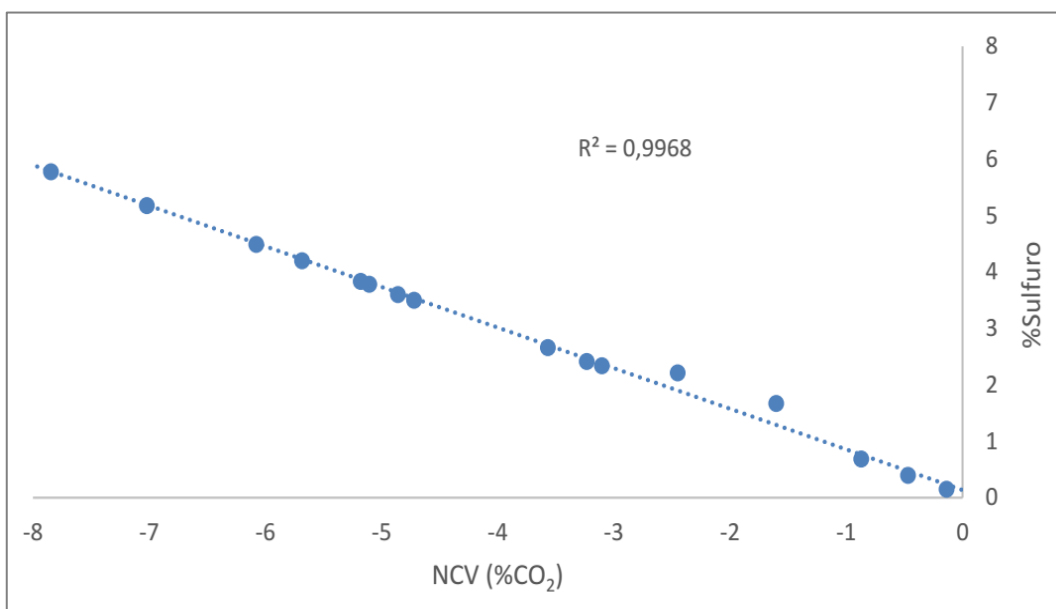
**Gráfico 3.2.2.3-40 AGP vs. ANP. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-41 AGP vs. ANP. A. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El tajo Yanacocha Verde parece contener muy baja concentración de carbonatos u otros minerales capaces de neutralizar, debido a que los valores obtenidos para el potencial de neutralización neta fueron muy bajos (Tabla 3.2.2.3-43, *Resultados del Ensayo NCV para Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-40, AGP vs. ANP. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-41, AGP vs. ANP. A. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde), por lo tanto, la generación ácida neta va a depender casi exclusivamente de la cantidad de azufre oxidable presente en la roca que pueda generar acidez. Esta afirmación la podemos confirmar con los resultados detallados del NCV mostrados en la Tabla 3.2.2.3-43 donde los compósitos que se clasificaron como neutral o ligeramente ácidos se debieron a valores negativos bajos de AGP. Del gráfico NCV vs. %Sulfuro (Gráfico 3.2.2.3-42) también se puede inferir que el azufre oxidable en la muestra es prácticamente el único responsable en la generación de acidez neta y que hay muy poca capacidad de neutralización, ya que el  $R^2$  de este gráfico es bastante cercano a 1 (0,9968) lo que indica una correlación alta entre el AGP y el %Sulfuro.

**Gráfico 3.2.2.3-42 Correlación entre NCV y %Sulfuros-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética (SPLP)**

En el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándum*, se presentan los resultados completos de este ensayo. Fueron analizados 24 metales en el lixiviado, de los cuales la Plata (Ag) y el Mercurio (Hg) se encontraban por debajo del límite de detección. Otros de los parámetros determinados fueron el pH, el contenido de sólidos totales disueltos (SDT) y la conductividad eléctrica. En la Tabla 3.2.2.3-45, *Valores Máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo SPLP-Yanacocha Verde*, son mostrados los valores máximos, mínimo y el promedio de las veinte muestras compuestas. Adicionalmente, en la Tabla 3.2.2.3-45 están incluidos como valores de referencia los valores de Límites máximos permisibles (LMP) los valores de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para (ECA) agua. Para visualizar mejor los resultados se representaron de forma gráfica todas las muestras analizadas según su litología, versus cada parámetro evaluado.


**Tabla 3.2.2.3-45 Valores Máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo SPLP-Yanacocha Verde**


Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.045	< 0.003	0.0077	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	16.578	< 0.3	3.1822	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	15.167	< 0.002	0.8679	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.142	< 0.002	0.014	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	0.035	< 0.002	0.0046	-	-	-
Cu	mg/L	6.657	< 0.002	1.2925	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	27.811	0.047	2.5228	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.007	< 0.003	0.00445	--	-	-
Co	mg/L	0.509	< 0.002	0.08265	--	0.05	1
V	mg/L	0.002	< 0.002	0.002	--	-	-
Zn	mg/L	5.223	0.012	0.76795	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.015	< 0.002	0.0028	-	-	-


Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Al	mg/L	13.211	0.005	2.34955	-	5	5
Ba	mg/L	0.118	0.009	0.04795	-	0.7	-
Be	mg/L	3.852	< 0.002	0.1945	-	-	0.1
Ca	mg/L	35.211	0.573	8.26165	-	200	-
Mg	mg/L	2.548	< 0.2	0.6268	-	150	150
Ni	mg/L	0.26	< 0.002	0.06905	-	0.2	0.2
K	mg/L	11.689	0.257	3.9459	-	-	-
Se	mg/L	0.013	< 0.005	0.0079	-	0.05	0.05
Ag	mg/L	0.002	< 0.002	0.002	-	0.05	0.05
Na	mg/L	3.159	0.32	1.31625	-	200	-
Tl	mg/L	0.014	< 0.002	0.00335	-	-	-
Hg	mg/L	0.0005	< 0.0005	0.0005	0.002	0.001	0.001
pH final	--	7.63	3.5	4.85	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
SDT	mg/L	172	20	83.75	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	320	28.31	149.5305	--	2000	5000

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.

 excede el LMP o el ECA por <10

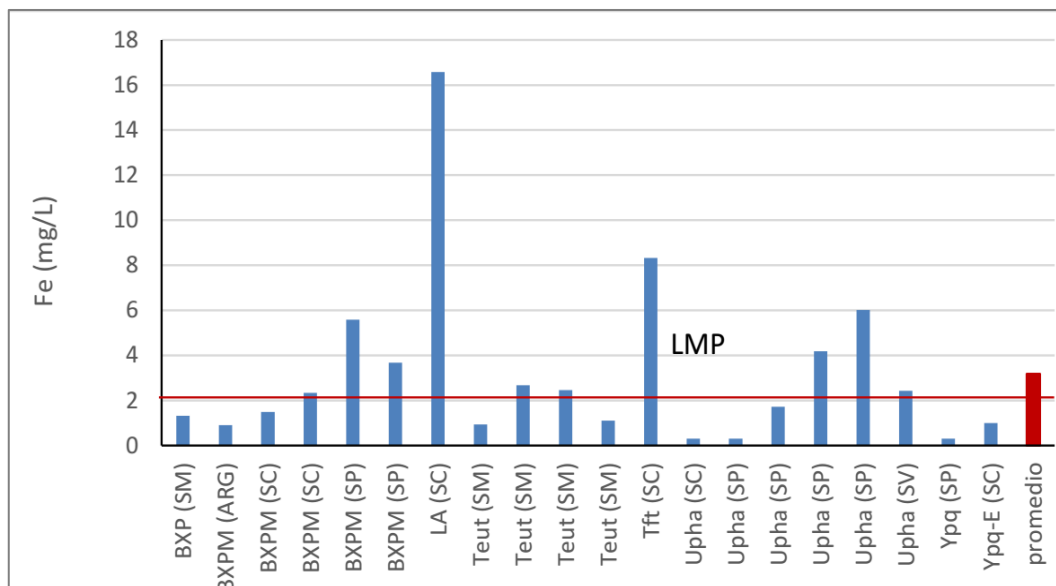
 excede el LMP o el EAC por >10

 excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**  
MYSRL.

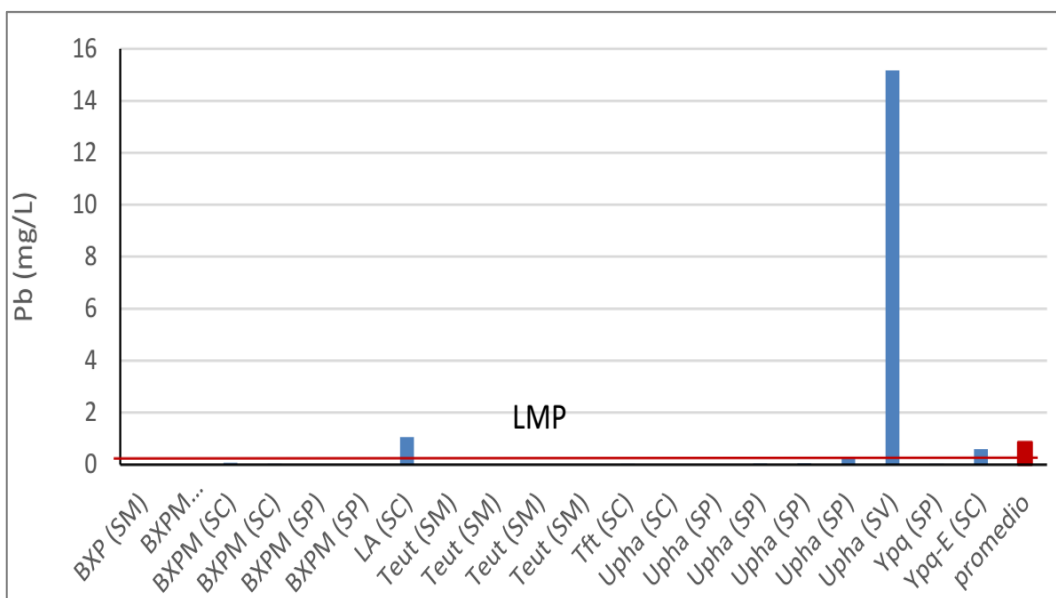
El lixiviado de los metales Hierro (Fe), Plomo (Pb) y Cobre (Cu) (Gráfico 3.2.2.3-43, Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-44, Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-45, Comparación de los Valores de Cu del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde) se encuentran por encima del LMP y los promedios para Manganeseo (Mn) y Berilio (Be) (Gráfico 3.2.2.3-46, Comparación de los Valores de Mn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-47, Comparación de los Valores de Be del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde) se encuentran por encima del ECA. Para estos dos últimos metales no hay valores de LMP establecidos por lo que se tomaron como referencia los ECA. Según se observa el orden de excedencia a estos valores es el siguiente: el manganeso con una excedencia mayor a diez veces, luego el Plomo, el Hierro y el Berilio con un valor promedio menor a 10 veces por encima de los valores de referencia. La litología está condicionando esta lixiviación a corto plazo ya que para distintos metales solo ciertas litologías exceden los valores de referencia.

**Gráfico 3.2.2.3-43 Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



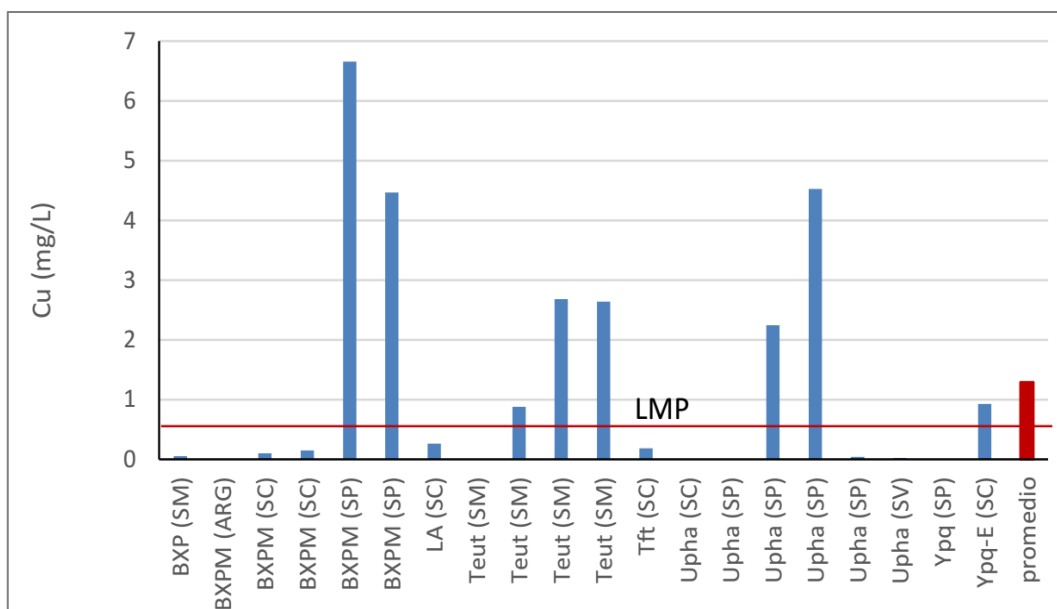
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-44 Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



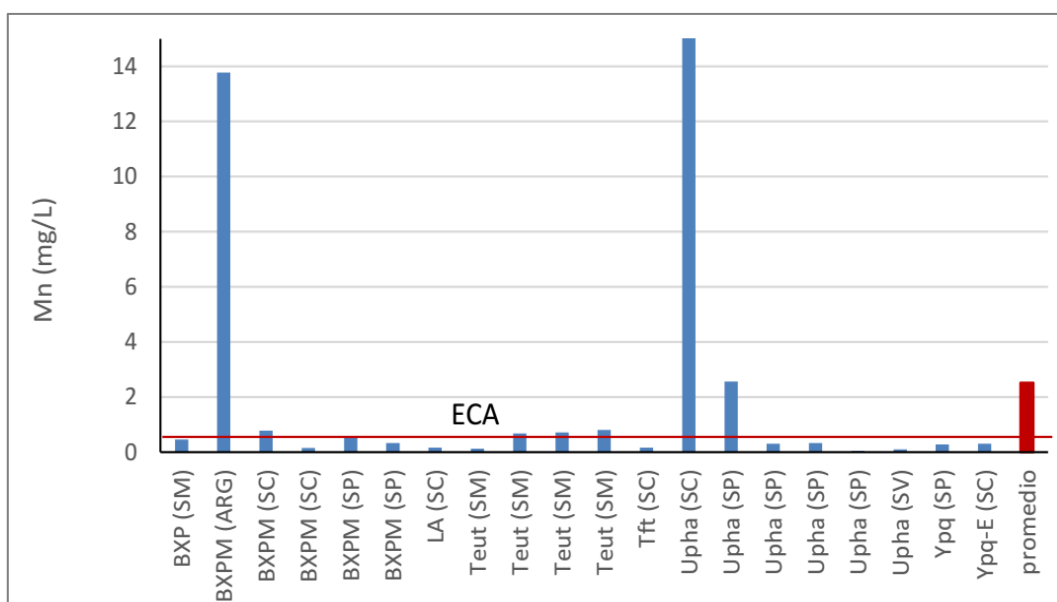
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-45 Comparación de los Valores de Cu del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



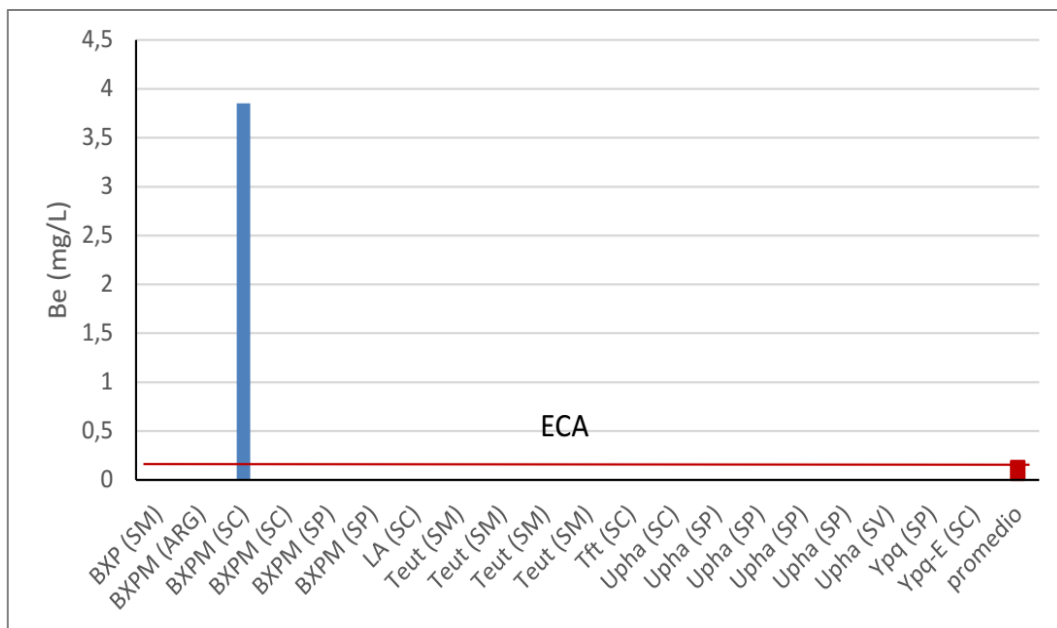
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-46 Comparación de los Valores de Mn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-47 Comparación de los Valores de Be del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

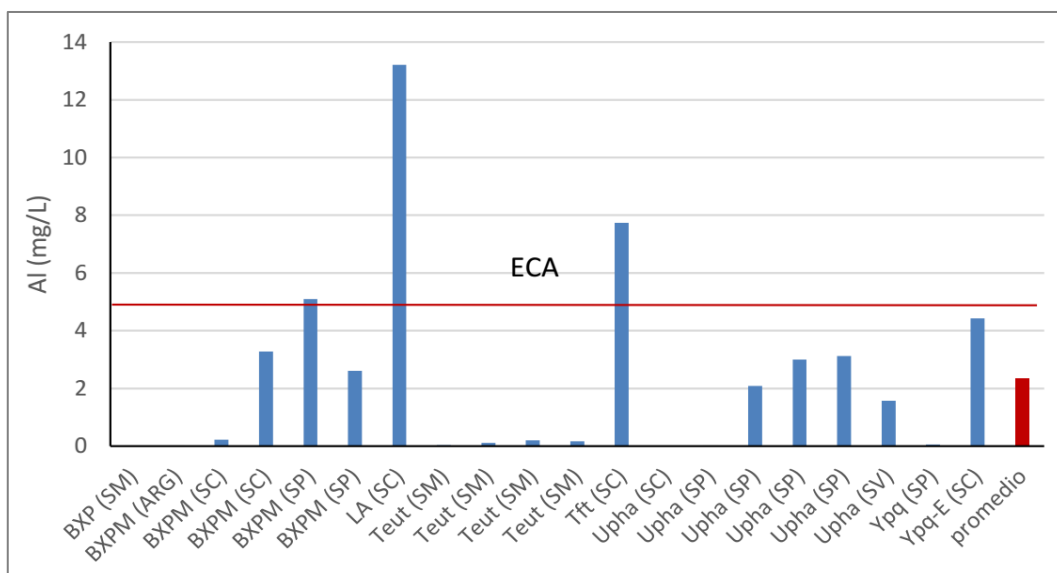
Para entender mejor esta relación se realizó una matriz de correlación entre todas las muestras para evaluar las asociaciones mineralógicas presentes y su vulnerabilidad frente a las condiciones ácidas y oxidantes del medio en el ensayo de lixiviación SPLP.

Esta correlación se muestra en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*. Las correlaciones fueron consideradas buenas, con valores mayores a 0,75 y menores a -0,75. Se observó una correlación altamente positiva de Fe con Al y Cr, lo cual se confirma en los gráficos para estos elementos (Gráfico 3.2.2.3-43, *Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-48, *Comparación de los Valores de Al del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-49, *Comparación de los Valores de Cr del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde*), en donde los valores más altos de estos tres metales se presentan para las litologías (alteración), LA (SC) y Tft (SC). Estas litologías y sus alteraciones están relacionadas con la presencia de hornblenda y plagioclasa mayoritariamente.

Al correlacionar el Fe y el Al en este tipo de litología se infiere que la alteración y lixiviación de minerales tipo hornblenda es altamente favorecida en el ensayo de SPLP. Por otra parte, el Fe presenta también valores altos de concentración en el lixiviado de la litología Upha (SP) correlacionando positivamente con el contenido de azufre sulfúrico (SS) presente en el material sólido de estas muestras, como puede observarse en la Gráfico 3.2.2.3-50, *Correlación entre el Fe y el Azufre Sulfúrico (SS) de las Muestras de Litología Upha para el Ensayo SPLP-Yanacocha Verde*. Esto permite asociarlo a la lixiviación de pirita.

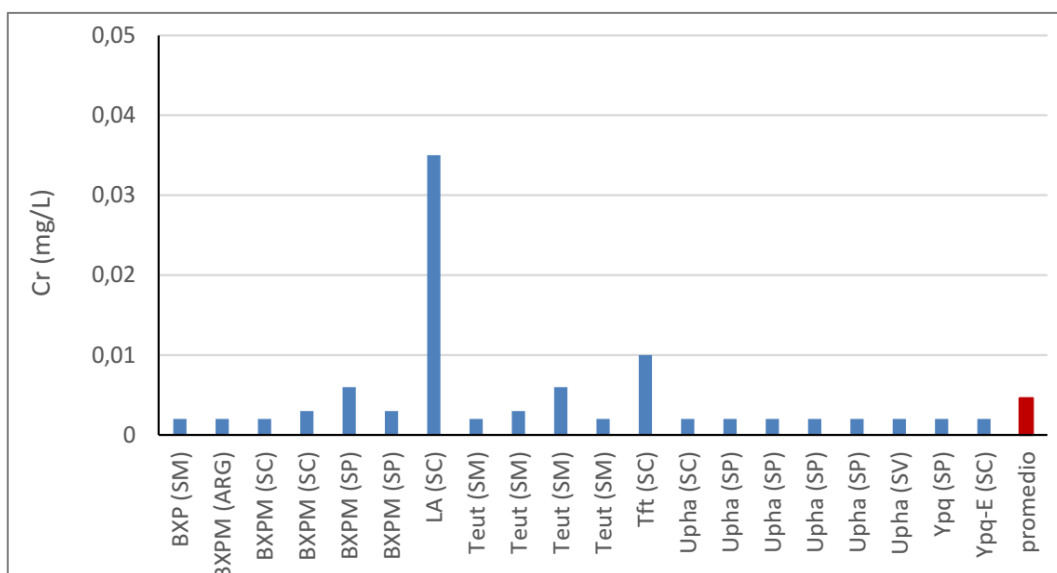


**Gráfico 3.2.2.3-48 Comparación de los Valores de Al del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



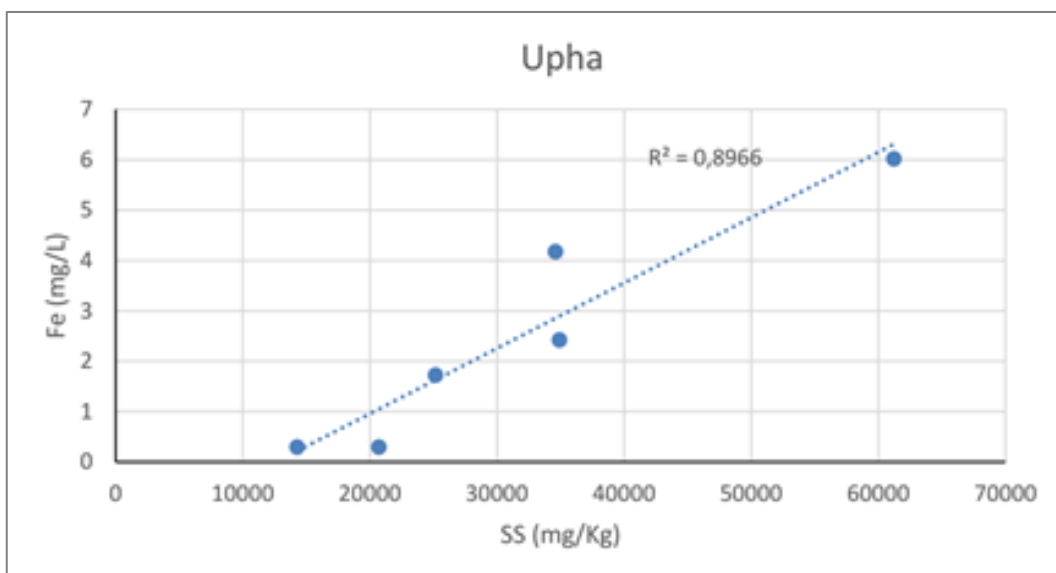
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-49 Comparación de los Valores de Cr del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

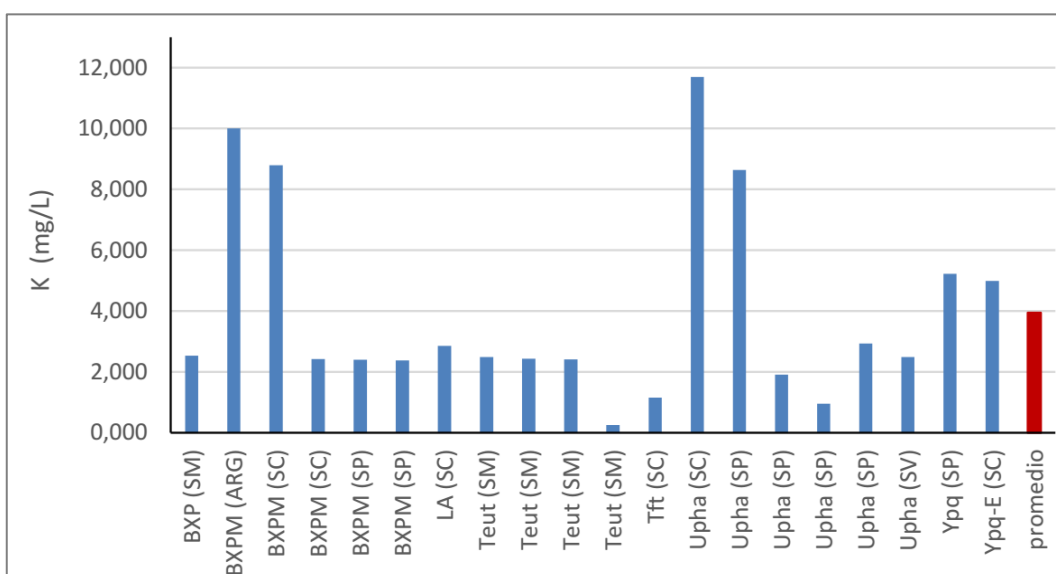
**Gráfico 3.2.2.3-50 Correlación entre el Fe y el Azufre Sulfúrico (SS) de las Muestras de Litología Upha para el Ensayo SPLP-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

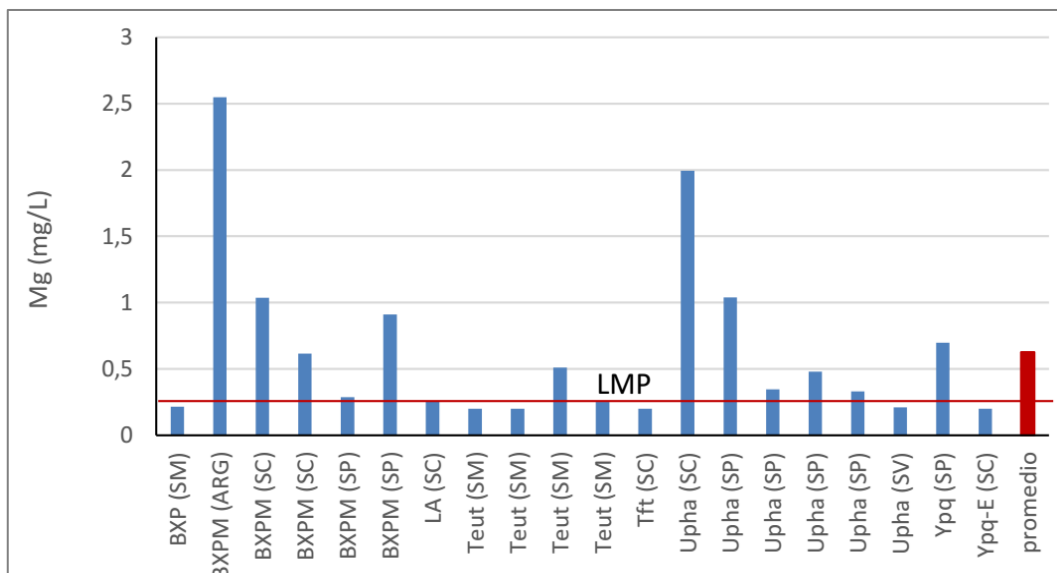
También se observa una alta correlación de Mn con K y Mg (Gráfico 3.2.2.3-46, Comparación de los Valores de Mn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-51, Comparación de los Valores de K del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-52, Comparación de los Valores de Mg del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde) el gráfico para Mn muestra una mayor lixiviación en las litologías BXPM (ARG) y Upha (SC) las cuales están relacionadas a minerales filosilicatos como illita, montmorillonita y esmectita. El medio ácido del ensayo favorece la sustitución de los iones que se encuentran en los sitios intercambiables de estas arcillas por protones, colocando en solución metales como K y Mn.

**Gráfico 3.2.2.3-51 Comparación de los Valores de K del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

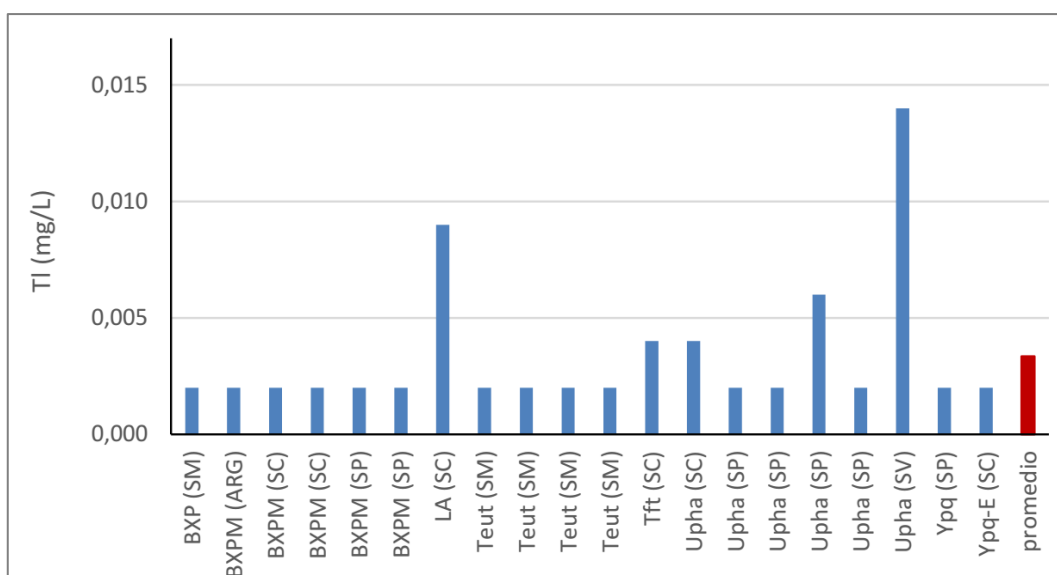
**Gráfico 3.2.2.3-52 Comparación de los Valores de Mg del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

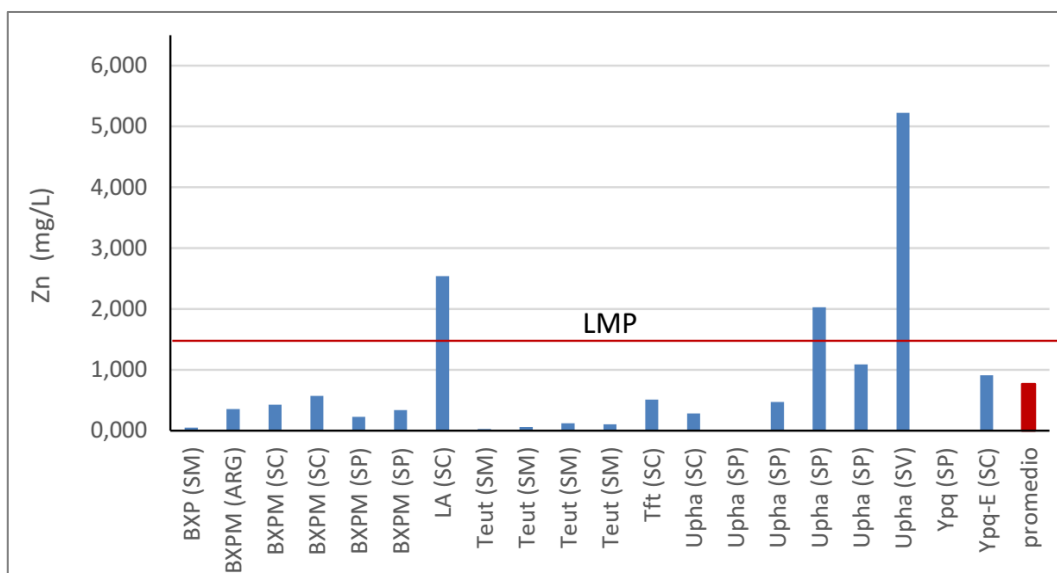
El metal Pb correlaciona con TI, Zn, Cd, Co (Gráfico 3.2.2.3-44, Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-53, Comparación de los Valores de TI del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-54, Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-55, Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-56, Comparación de los Valores de Mo del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde), presentando mayor lixiviación en las litologías LA (SC) y Upha (SV), caracterizadas por la cristalización y acumulación de metales pesados. La alta concentración en el lixiviado permite inferir que se encuentran en una fase capaz de ser alterada a pH ácido. En el gráfico de pH (Gráfico 3.2.2.3-57, Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP por litología-Yanacocha Verde) se observa que estas litologías son las que presentan el pH más ácido de la prueba.

**Gráfico 3.2.2.3-53 Comparación de los Valores de TI del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



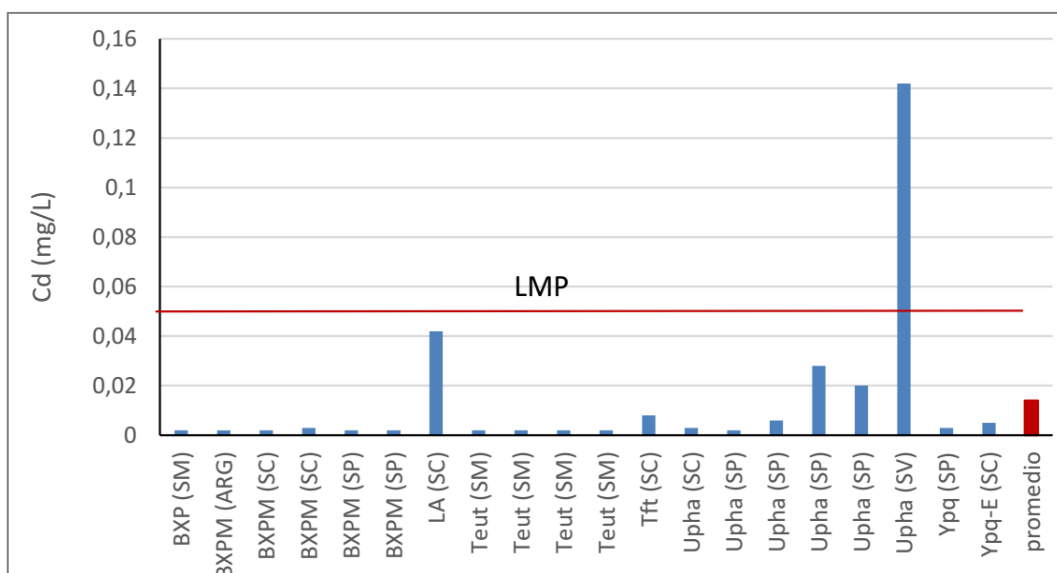
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-54 Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



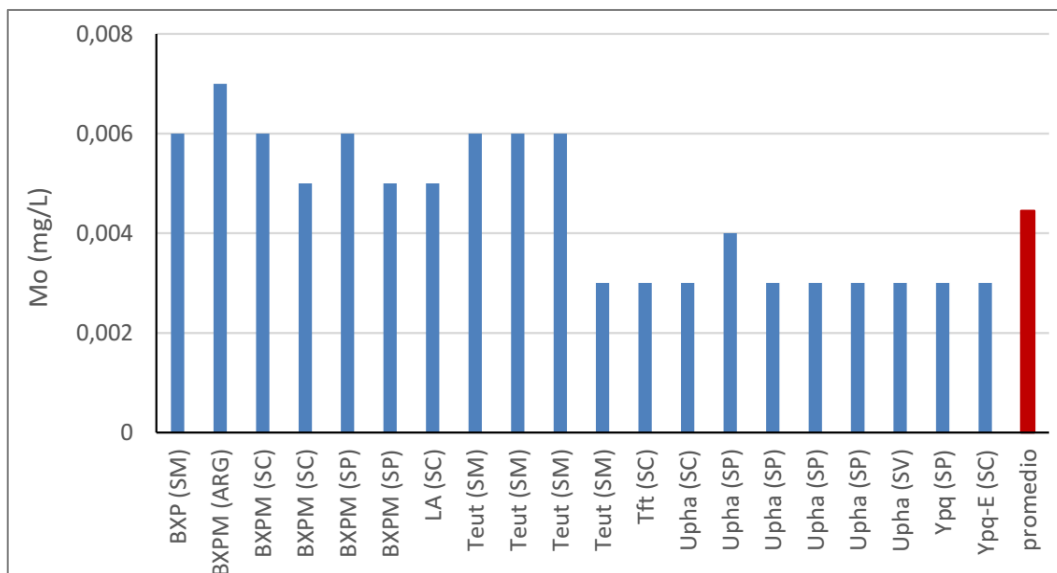
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-55 Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



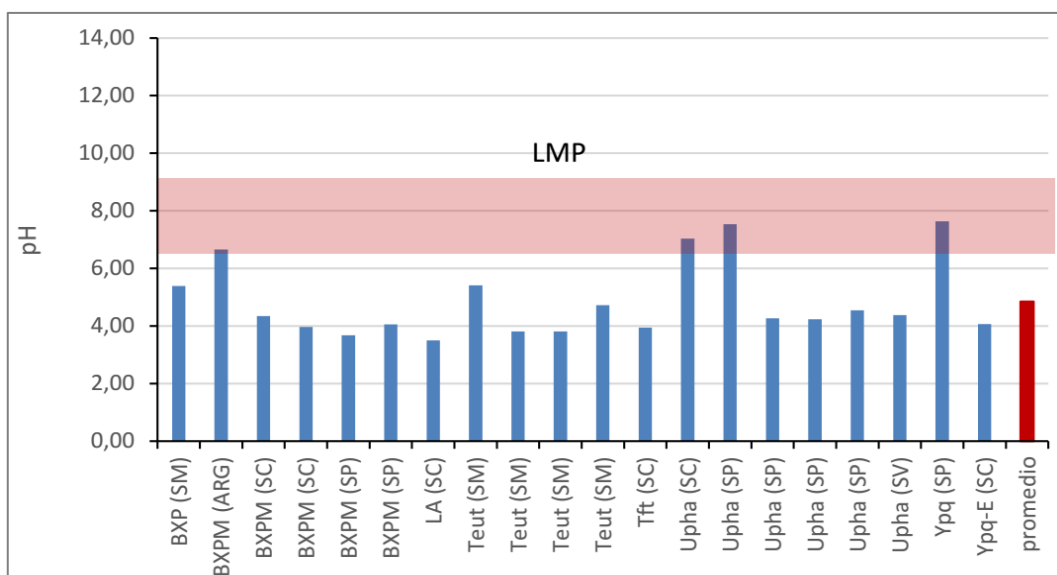
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-56 Comparación de los Valores de Mo del Lixiviado de SPLP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-57 Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP por litología-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

Para el Cu se realizó una matriz de correlación adicional (Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*) solo para las litologías BXPM (SP) y Teut (SM), en las cuales el lixiviado presentó mayores valores de concentración. Se observa una alta correlación con Fe, Ni, Cr, As y Al, lo cual permite inferir que está presente en fases minerales características de las tobas y brechas volcánicas de minerales pesados y susceptibles a lixiviación en pH ácido. El Be presenta solo una muestra de litología BXPM (SP) con un valor extremadamente alto.

Por otra parte, otros metales como Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Zinc (Zn), Aluminio (Al) y Níquel (Ni), aunque el promedio de sus concentraciones no excede a los valores de referencia, presentan valores máximos que si lo hacen. Las litologías donde se presentan estos máximos son LA (SC) y Uphu (SV).

Este resultado, en general, indica que varios metales deben ser considerados. Aunque estos ensayos no son completamente extrapolables al ambiente real de la explotación minera, ya que otros factores como las diferencias en los tamaños de grano, las diferencias en el contacto agua-roca según el sitio y el clima pueden influir, son un método para estimar la lixiviación de un metal en un sitio del cual se posee poca información. Por lo que metales como Pb, Fe, Mn y Cu pueden ser potencialmente lixiviados en altas concentraciones durante las actividades de mina.

#### Generación Ácida Neta (NAG)

El ensayo NAG permite confirmar los resultados sobre generación ácida neta obtenidos por la prueba NCV. Los resultados del ensayo NAG indicaron que todos los compósitos son potenciales generadores de acidez, los valores de pH de la prueba NAG y su comparación con el ensayo NCV pueden ser apreciadas en la Tabla 3.2.2.3-46, *Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y NAG-Yanacocha Verde*. A diferencia de la prueba NCV, en la prueba NAG todos los compósitos resultaron ser generadores de acidez, este hecho puede ser debido a la poca presencia de carbonatos u otros minerales capaces de neutralizar la acidez. Los resultados de las pruebas NAG se presentan de forma completa en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

**Tabla 3.2.2.3-46 Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y NAG-Yanacocha Verde**

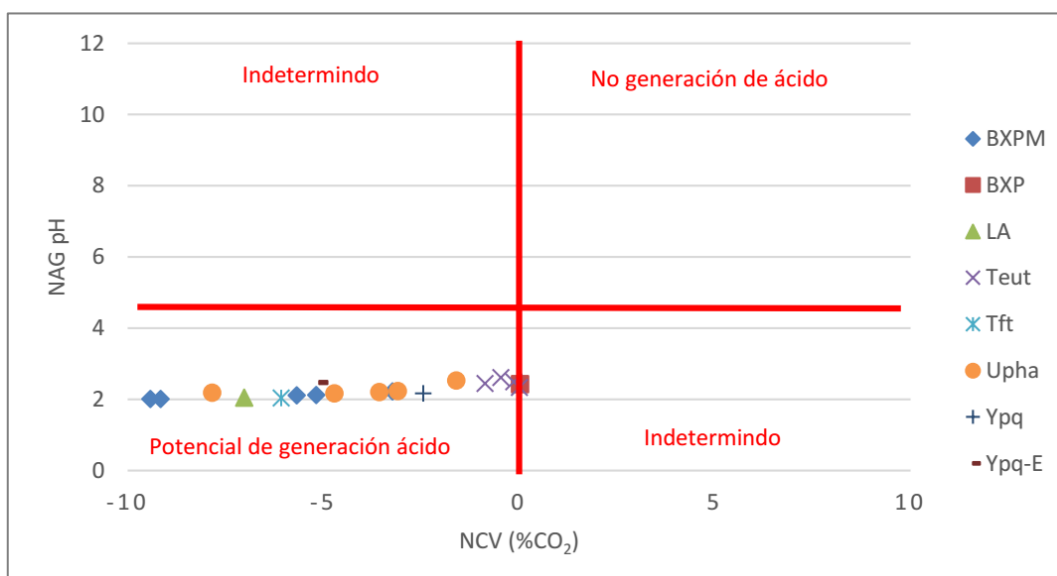
Comp.	Muestra	NCV (%CO <sub>2</sub> )	Clasificación NCV	pH NAG	Clasificación NAG
1	50229	0.02	Neutral	2.43	Generadora de acidez
2	50230	-3.23	Moderadamente ácido	2.22	Generadora de acidez
3	50231	-5.18	Altamente ácido	2.12	Generadora de acidez
4	50232	-9.42	Altamente ácido	2.01	Generadora de acidez
5	50233	-5.68	Altamente ácido	2.11	Generadora de acidez
6	50234	-9.15	Altamente ácido	2.01	Generadora de acidez
7	50235	-7.02	Altamente ácido	2.05	Generadora de acidez
8	50236	0.01	Neutral	2.33	Generadora de acidez
9	50237	-0.14	Ligeramente ácido	2.49	Generadora de acidez
10	50238	-0.47	Ligeramente ácido	2.61	Generadora de acidez
11	50239	-0.87	Ligeramente ácido	2.44	Generadora de acidez
12	50240	-6.08	Altamente ácido	2.04	Generadora de acidez
13	50241	-3.10	Moderadamente ácido	2.23	Generadora de acidez
14	50242	-1.60	Moderadamente ácido	2.53	Generadora de acidez
15	50243	-3.57	Moderadamente ácido	2.20	Generadora de acidez
16	50244	-4.72	Moderadamente ácido	2.17	Generadora de acidez
17	50245	-7.84	Altamente ácido	2.18	Generadora de acidez
18	50246	-4.86	Moderadamente ácido	2.07	Generadora de acidez
19	50247	-2.45	Moderadamente ácido	2.17	Generadora de acidez
20	50248	-5.11	Altamente ácido	2.47	Generadora de acidez
Fuente: MYSRL.					

El gráfico NCV vs. pH NAG (Gráfico 3.2.2.3-58, NCV vs. pH NAG. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-59, NCV vs. pH NAG. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde). Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde) ratifica a todos los compósitos como potenciales generadores de acidez. Al igual que en los gráficos AGP vs. ANP, las litologías Teut y BXP muestran una tendencia similar



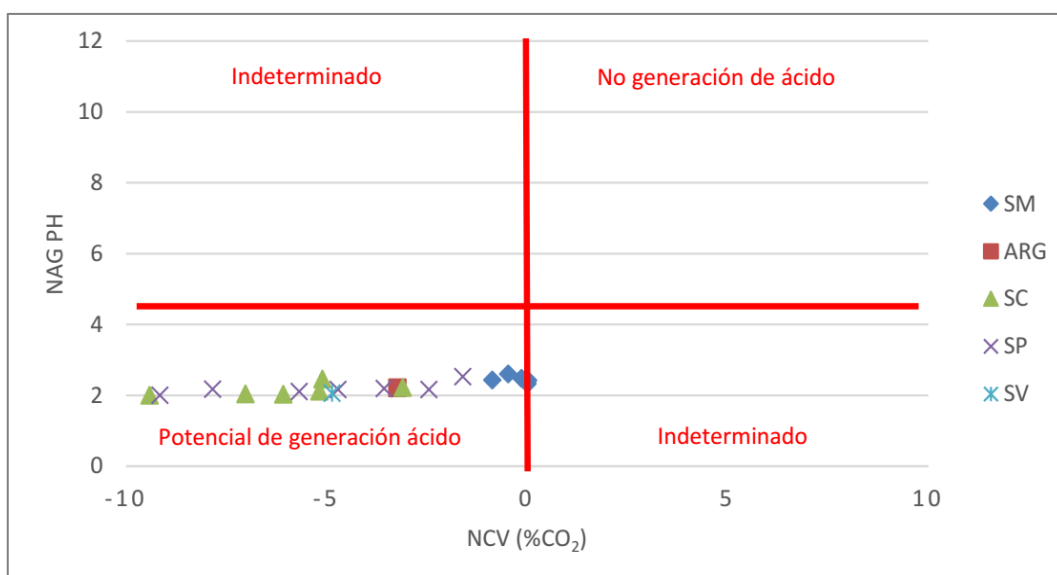
(están agrupadas). Estas litologías muestran una alteración de sílice masiva y también se agrupan en el gráfico NCV vs. pH NAG.

**Gráfico 3.2.2.3-58 NCV vs. pH NAG. Respecto a Litologías-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-59 NCV vs. pH NAG. Respecto a Alteraciones-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

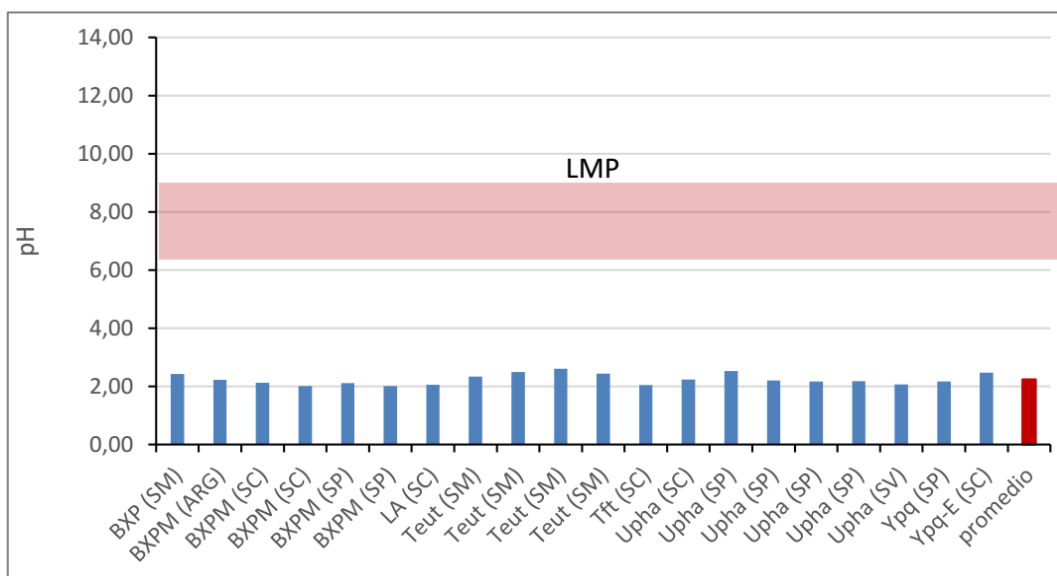
La solución lixiviada del ensayo NAG fue analizada por un ICP-MS para determinar la lixiviación de los metales en esas condiciones. En la Tabla 3.2.2.3-47, *Valores máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo NAG-Yanacocha Verde*, se puede observar los valores máximos, mínimos y promedios obtenidos para 33 metales en el lixiviado y el pH. Adicionalmente, en la Tabla 3.2.2.3-47 están incluidos como valores de referencia los valores de Límites máximos permisibles (LMP) y los valores de Estándares Nacionales de calidad ambiental para (ECA) agua. Así como en el SPLP el Mn, Fe, Pb y Cu presentan valores por encima del promedio junto con los metales, As, Zn y Al. En el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*, se puede encontrar la tabla completa de los análisis de lixiviados ICP-MS.

**Tabla 3.2.2.3-47 Valores máximos, Mínimos y Promedios para el Lixiviado del Ensayo NAG - Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	1.43	< 0.003	0.31	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	391.47	0.22	133.02	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	6.80	< 0.002	1.78	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.52	< 0.002	0.03	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	0.25	0.08	0.15	-	-	-
Cu	mg/L	5.57	0.68	2.85	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	91.45	0.17	8.23	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.77	<0.003	0.10	--	-	-
Co	mg/L	0.13	< 0.002	0.06	--	0.05	1
Zn	mg/L	23.24	< 0.005	3.58	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.04	<0.002	0.003	-	-	-
Al	mg/L	12.68	2.53	7.29	-	5	5
Ba	mg/L	1.35	0.02	0.24	-	0.7	-
Be	mg/L	0.01	< 0.002	0.00	-	-	0.1
Ca	mg/L	104.98	2.78	14.82	-	200	-
Mg	mg/L	3.01	0.56	1.00	-	150	150
Ni	mg/L	0.11	0.04	0.08	-	0.2	0.2
K	mg/L	12.45	1.31	4.32	-	-	-
Se	mg/L	0.12	< 0.005	0.03	-	0.05	0.05
Na	mg/L	22.00	18.91	20.46	-	200	-
Tl	mg/L	0.08	< 0.002	0.02	-	-	-
Hg	mg/L	1.20	< 0.0005	0.28	0.002	0.001	0.001
Li	mg/L	0.03	0.02	0.02	-	2.5	2.5
Ag	mg/L	0.20	0.01	0.09	-	0.05	0.05
B	mg/L	7.60	5.28	6.02	-	-	-
Bi	mg/L	0.06	0.01	0.03	-	-	-
Ga	mg/L	0.05	0.00	0.01	-	-	-
Nb	mg/L	0.09	0.00	0.02	-	-	-
Sn	mg/L	0.07	0.00	0.02	-	-	-
Sr	mg/L	1.18	0.03	0.13	-	-	-
Te	mg/L	0.04	0.00	0.01	-	-	-
Ti	mg/L	0.05	0.01	0.01	-	-	-
pH final	--	2.61	2.01	2.24	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM. <div> <div></div> <div>excede el LMP o el ECA por &lt;10</div> </div> <div> <div></div> <div>excede el LMP o el EAC por &gt;10</div> </div> <div> <div></div> <div>excede el LMP o el EAC por &gt; 100</div> </div> <b>Fuente:</b> MYSRL.							

Para visualizar mejor los resultados, en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*, están representadas de forma gráfica las concentraciones de estos metales versus la litología. En general, se observa que estos metales lixivian en una mayor proporción que en los ensayos de SPLP, lo que implica que las condiciones oxidantes están permitiendo la formación de un medio más ácido lo que acelera la lixiviación. Esto es corroborado en el gráfico de pH (Gráfico 3.2.2.3-60, *Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de NAG con los LMP por litología-Yanacocha Verde*), ya que para todas las litologías el pH está por debajo de 3 a diferencia del SPLP donde aún luego del ensayo, cuatro litologías tenían capacidad de neutralizar el medio.

**Gráfico 3.2.2.3-60 Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de NAG con los LMP por litología-Yanacocha Verde**

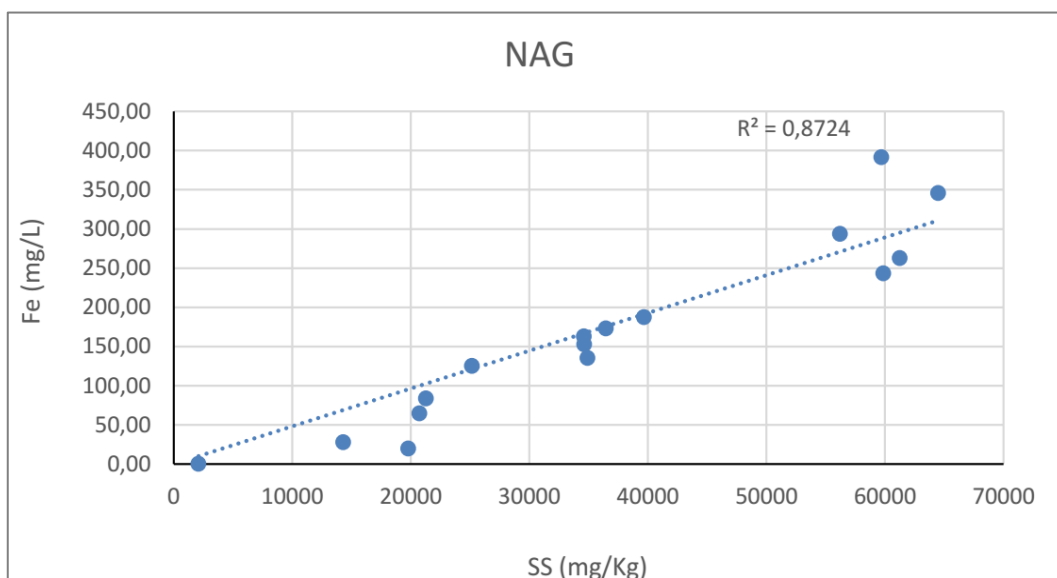


Fuente: MYSRL.

Para metales como Fe y Mn la excedencia a los valores de referencia está por encima de diez, pero por debajo de cien veces el valor de referencia, lo que permite sugerir que las fases minerales donde se encuentran se alteran apreciablemente con el medio oxidante.

Para evaluar esto se correlacionó la concentración de Fe en el lixiviado con el contenido de azufre sulfuro (SS) en el sólido (Gráfico 3.2.2.3-61, *Correlación Fe vs. SS del Ensayo NAG -Yanacocha Verde*). Una correlación alta positiva indica que los minerales de hierro lixiviados principalmente derivan de sulfuros de hierro como pirita. Adicionalmente, aquellas litologías como Teut (SM), donde las concentraciones de sulfuros son menores, presentan bajas concentraciones en el lixiviado.

El Mn por otro lado presenta el mismo comportamiento según la litología que en el ensayo de SPLP, lo que permite inferir que las fases minerales en que se encuentra son afectadas altamente por el medio ácido y las condiciones oxidantes acidifican mucho más el medio por eso aumenta su concentración significativamente en el lixiviado.

**Gráfico 3.2.2.3-61 Correlación Fe vs. SS del Ensayo NAG –Yanacocha Verde**

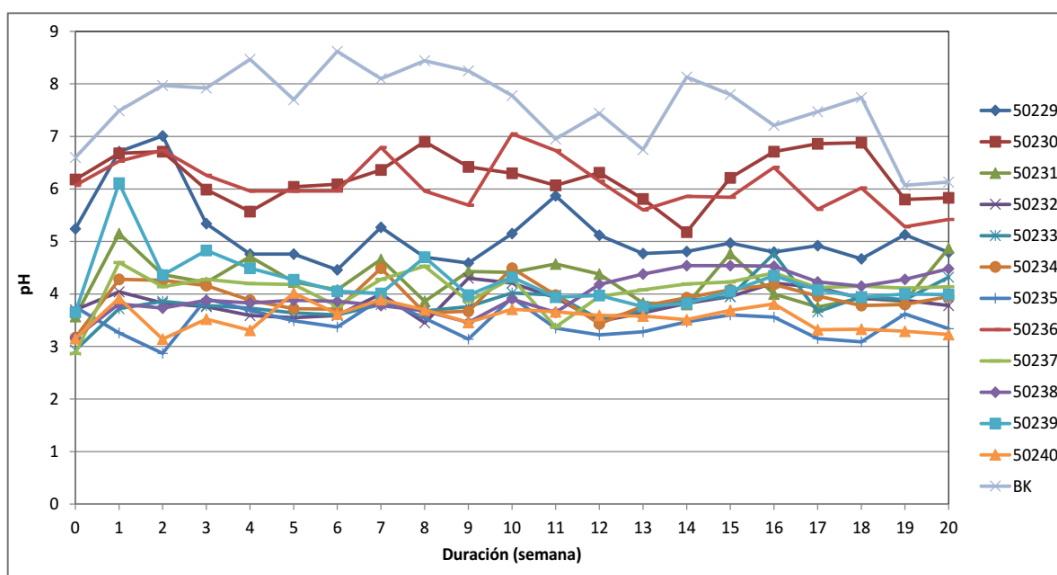
Fuente: MYSRL.

Celdas de Humedad (HCT)

Para las celdas húmedas, 12 de los compósitos fueron analizados por el Centro de Investigaciones Metalúrgicas "Don Alberto Benavides" de MYSRL y las 8 muestras restantes por el Laboratorio comercial ALS LS Perú S.A.C., los reportes de los resultados se encuentran en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

12 muestras estudiadas por el Centro de Investigaciones Metalúrgicas "Don Alberto Benavides" de MYSRL

Los parámetros que dan información sobre la cinética del proceso de lixiviación son la concentración de sulfato, la alcalinidad, la acidez, la concentración de Ca y Mg, el pH, el Eh y la conductividad. Adicionalmente, se evaluó la concentración de ciertos metales de interés ambiental. El pH muestra una constancia con respecto al tiempo, no hay cambios de pH por procesos de neutralización o mayor generación de oxidación (Gráfico 3.2.2.3-62, *Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*).

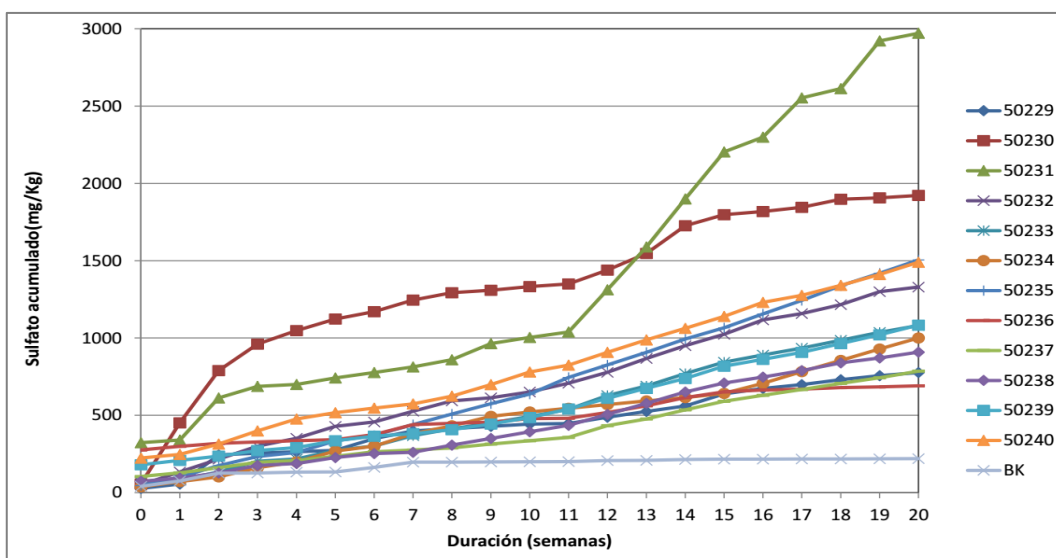
**Gráfico 3.2.2.3-62 Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El gráfico de concentración de sulfatos y otros metales se realizan de forma acumulada para evidenciar mejor los cambios en el tiempo en la liberación de las diferentes especies al medio lixiviente, y no las condiciones iniciales de cada compósito. Por ejemplo, en el caso de la muestra en el compósito 50231 que presenta altas concentraciones iniciales de sulfatos y calcio, posiblemente debido a minerales parcialmente solubles en agua como el sulfato de calcio (Gráfico 3.2.2.3-63, *Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-64, *Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*).

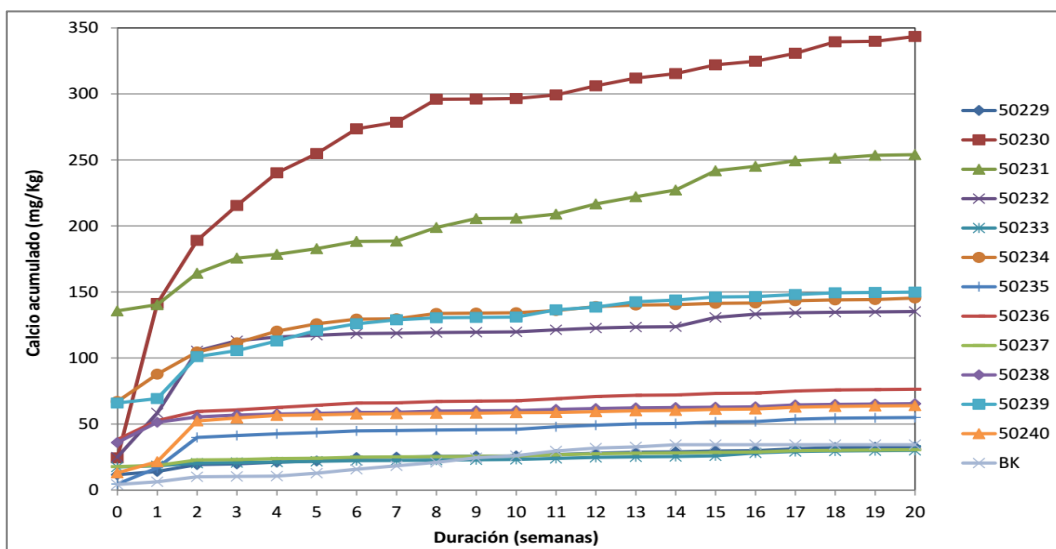
En el gráfico de sulfato acumulado en función del tiempo se observa un comportamiento lineal para la mayoría de las muestras, lo que denota una producción constante de sulfatos por oxidación de sulfuros. Ciertas muestras (50236, 50230 y 50232) evidencian disminución en la producción de sulfato desde la semana 16, por un cambio de pendiente hacia valores cercanos a cero. Esto último indica un cese en la producción de sulfato, debido al término del proceso de oxidación en estas muestras. Por otra parte, otras muestras (50231, 50234 y 50237) presentan una abrupta producción de sulfato las primeras dos semanas y luego una generación constante hasta la semana 11 donde hay un aumento el cual se mantiene lineal hasta el final del test. Este cambio de velocidad de liberación de sulfato es mayor para la muestra 50231, lo que implica que a partir de este tiempo la oxidación de sulfuros predomina en la muestra.

**Gráfico 3.2.2.3-63 Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

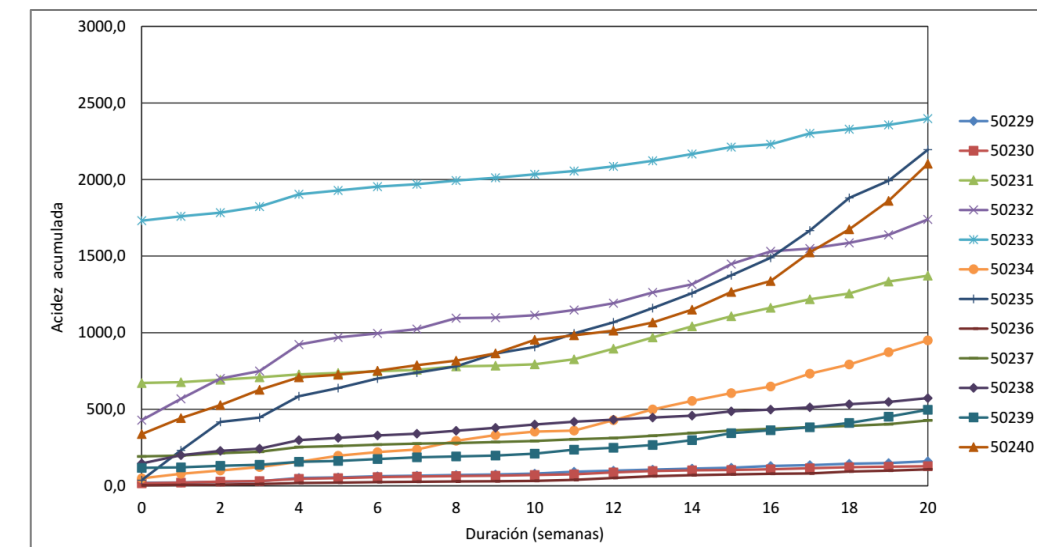
**Gráfico 3.2.2.3-64 Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

Este comportamiento se puede corroborar en el Gráfico 3.2.2.3-65, *Acidez Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*. La mayoría de las muestras presentan un comportamiento lineal de producción de acidez, aunque a valores muy bajos. Sin embargo, las muestras que presentaron una mayor producción de sulfatos (50231 y 50234), muestran a la semana 11 un aumento brusco de la velocidad de generación de acidez lo que permite corroborar la generación de acidez debida a la oxidación de sulfuros con menor neutralización a partir de esta semana. La muestra 50230 que presentó una considerable liberación de sulfatos es la que a su vez presenta menor acidez lo que permite inferir que ocurre un proceso de neutralización de los sulfuros presentes en esta muestra.

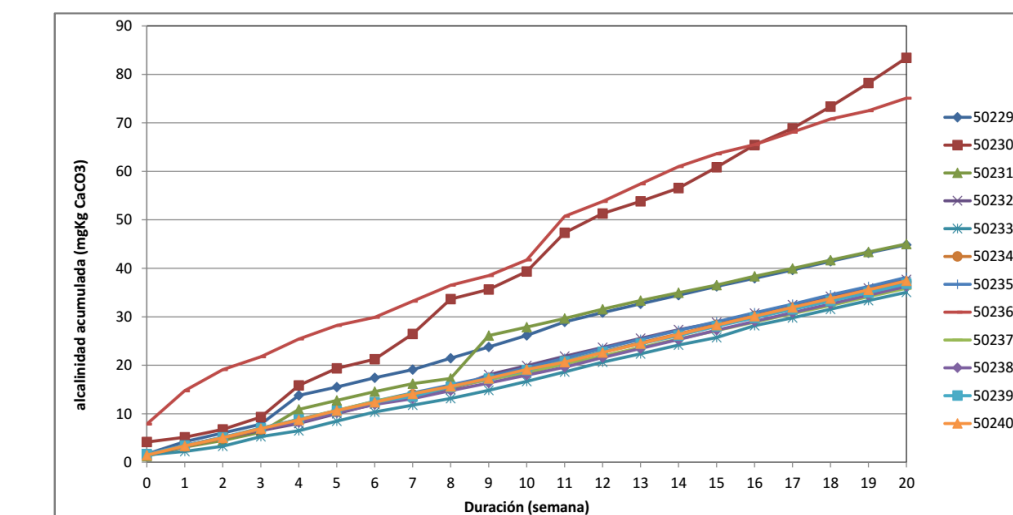
**Gráfico 3.2.2.3-65 Acidez Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

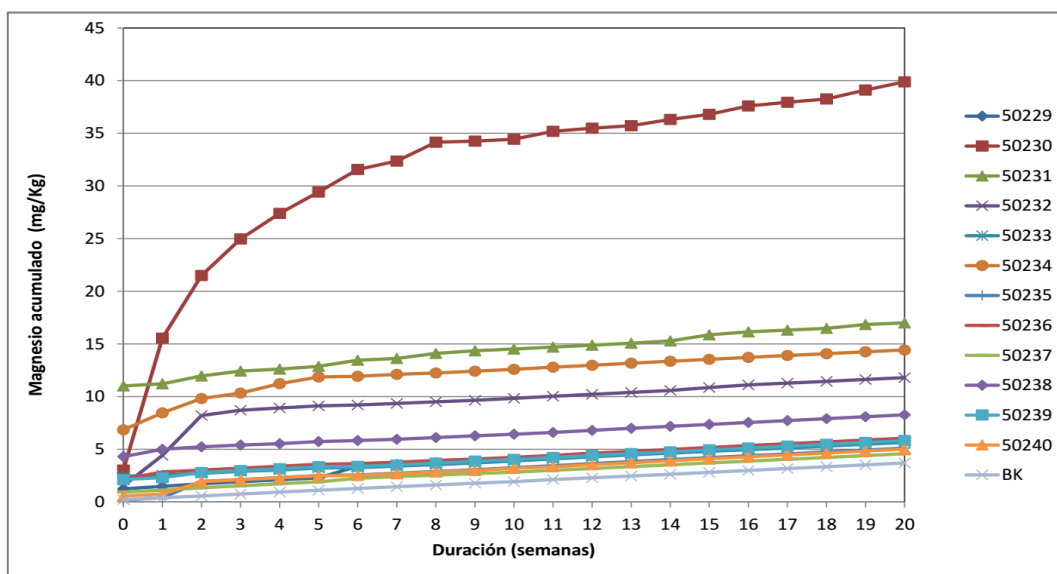
Este proceso de neutralización se evalúa mediante los gráficos de alcalinidad, Ca, Mg y Mn, de ellas se infiere que existe una liberación constante de minerales que aportan alcalinidad al medio aproximadamente hasta la semana 10, sin embargo, este valor de alcalinidad es muy bajo (Gráfico 3.2.2.3-66, *Alcalinidad Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-67, *Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-68, *Manganeso Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-69, *Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*, respectivamente).

**Gráfico 3.2.2.3-66 Alcalinidad Acumulada en la prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

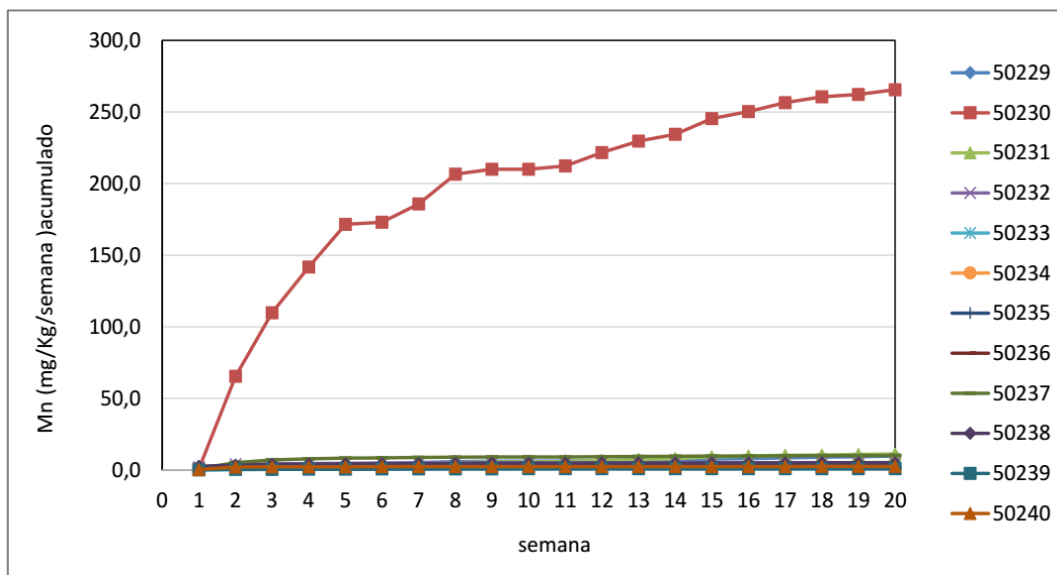


Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-67 Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-68 Manganeso Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

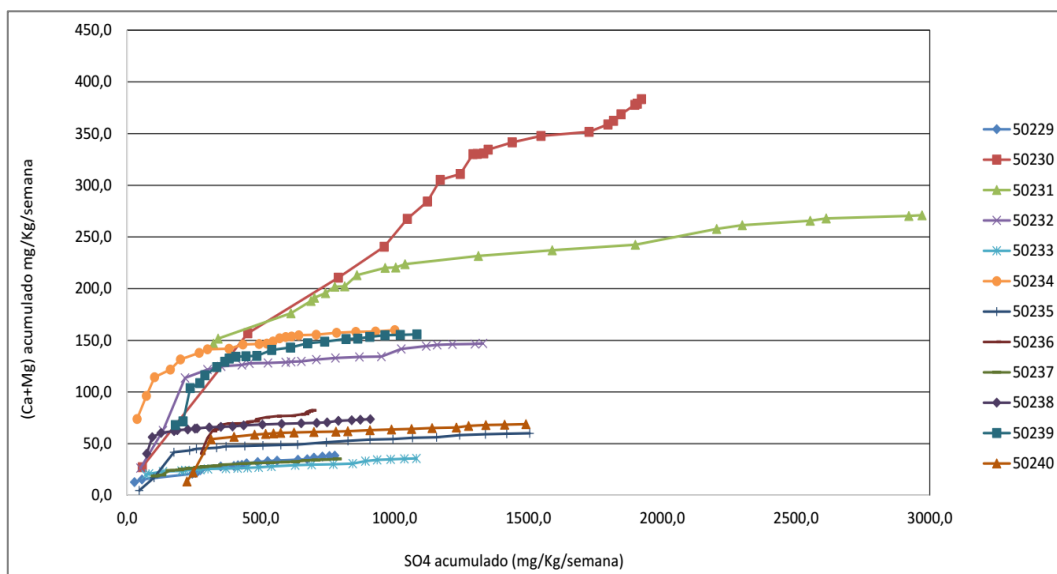
La muestra 50230 es la que presenta mayor liberación de minerales alcalinos de calcio, magnesio y manganeso hasta la segunda semana, luego esta liberación se desacelera de forma mucho más evidente desde la semana 10, lo que implica un agotamiento de esta fuente mineral y un bajo poder de alcalinización o neutralización sobre todo porque la concentración de sulfato parece no agotarse a lo largo del test.

En el gráfico  $\text{SO}_4$  vs.  $\text{Ca}+\text{Mg}$  (Gráfico 3.2.2.3-69, *Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*) se corrobora este hecho, dado que se observa que la mayoría de las muestras presentan una disolución abrupta de estos metales, sin embargo, esta velocidad disminuye a valores muy bajos lo que significa que se ha agotado este mineral y el proceso de neutralización ha cesado, ya que la concentración de sulfatos sigue aumentando mientras que la de estos metales no, o lo hace a velocidades más bajas.

La muestra 50230 no presenta este comportamiento en este gráfico, en ella se observa una velocidad de liberación de  $\text{Ca} + \text{Mg}$  lineal, lo que implica que hay un aporte constante de estos metales a la solución de lixiviación, esto implica que existe una correlación entre la liberación de sulfatos por la

oxidación de los sulfuros presentes y la liberación de Ca y Mg, al acidificarse el medio. Asimismo, se observa que la muestra 50231 posee la mayor concentración de sulfato en solución y aunque posee minerales de Ca y Mg, estos se agotan antes.

**Gráfico 3.2.2.3-69 Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

Para los compósitos restantes esta correlación entre sulfatos con Ca y Mg solo se presenta en las primeras cuatro a cinco semanas posiblemente debido a la poca cantidad de minerales potencialmente neutralizadores de acidez, tal y como se demuestra en el ensayo NCV. Los compósitos no parecen tener abundantes minerales generadores de acidez, ya que el rango de pH resultante 2.9 a 7.1 no es tan bajo si consideramos que el material posee muy bajo potencial de neutralización.

La litología que presenta mayor lixiviación de calcio, magnesio y manganeso es la BXPm, la cual presenta minerales como hornblenda y plagioclasa, ambos presentan Ca y Mg en su estructura y son altamente susceptibles a meteorización química. De esta litología la alteración ARG es la que lixivia mayor cantidad de estos iones (50230), esto se debe posiblemente a que esta alteración se caracteriza por tener minerales arcillosos, los cuales al poseer una gran área superficial son lábiles a la meteorización.

La Tabla 3.2.2.3-48, *Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*, muestra las velocidades de liberación de especies neutralizantes y generadoras de acidez en el rango lineal para las muestras estudiadas. Al comparar los valores para sulfato con los de Ca y Mg, se observa que los valores de sulfato superan a los de Mg en casi veinte órdenes de magnitud, lo que implica que, aunque las muestras generan cierta alcalinidad, esta no es suficiente para neutralizar la producción de ácido por oxidación de minerales de sulfuro. La muestra con mayor velocidad de producción de acidez es la 50231 y la de mayor producción de alcalinidad es la 50237.

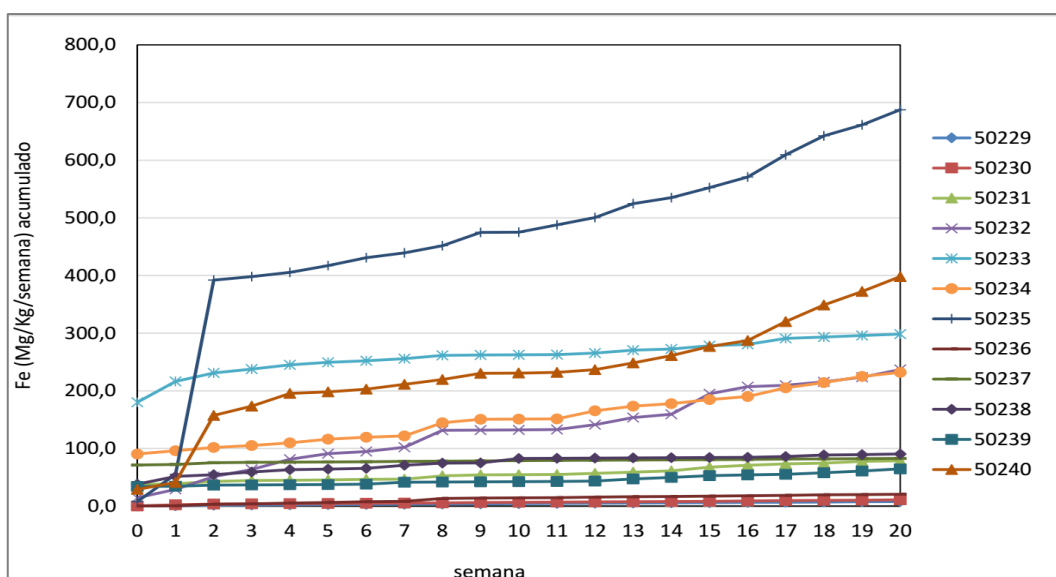
**Tabla 3.2.2.3-48 Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados											
		50229	50230	50231	50232	50233	50234	50235	50236	50237	50238	50239	50240
SO <sub>4</sub>	%	29,64	25,56	38,99	22,77	12,57	19,24	4,38	59,57	56,13	62,25	24,63	2,97
SO <sub>4</sub> liberado promedio	mg/Kg/semana	38,30	31,60	217,20	71,00	60,00	51,50	84,80	23,10	46,10	52,00	57,80	72,30
Semanas en Rango lineal de SO <sub>4</sub>	-	11-20	14-20	11-20	11-20	9-20	11-20	11-20	11-20	11-20	11-20	12-20	8-20
Ca	%	28,96	11,73	22,51	52,99	34,46	40,89	25,10	44,12	37,94	43,50	29,76	23,14
Ca liberado promedio	mg/Kg/semana	1,30	0,20	0,40	1,00	1,50	0,50	1,20	1,10	2,20	1,90	0,40	1,80
Semanas en Rango lineal de Ca	-	2-20	8-20	15-20	15-20	6-20	2-20	2-20	2-20	2-20	13-20	2-20	2-20
Mg	%	88,20	14,99	12,88	77,92	39,60	51,21	57,68	58,56	74,34	86,02	72,53	39,02
Mg liberado promedio	mg/Kg/semana	4,3	2	4,4	5,3	6,1	5,5	5,7	5,9	5,7	5,9	5,9	5,8
Semanas en Rango lineal de Mg	-	2-20	8-20	15-20	2-20	2-20	7-20	2-20	2-20	2-20	2-20	2-20	2-20

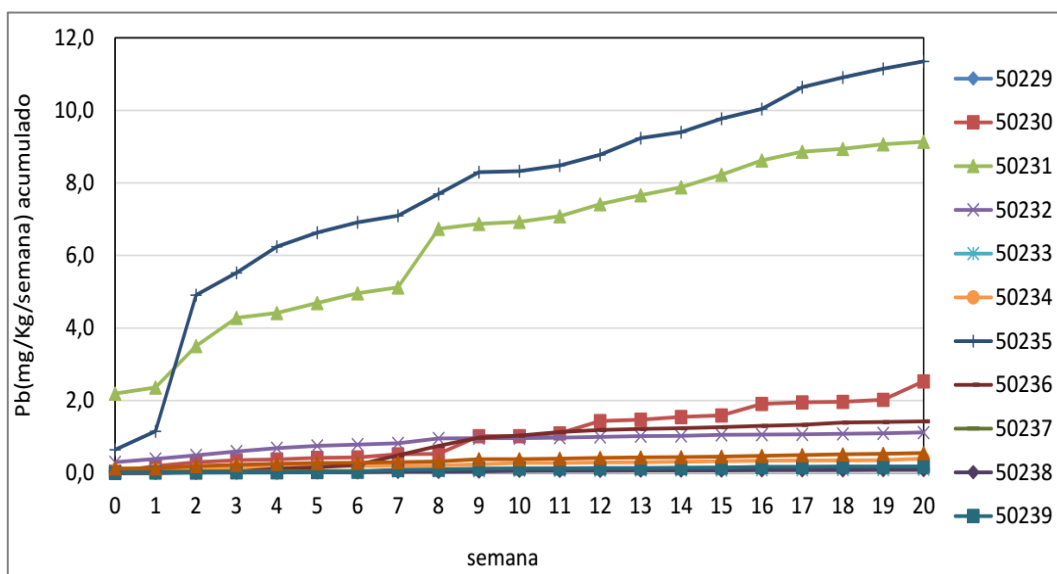
**Nota:** (1) Concentraciones de metales totales.  
Fuente: MYSRL

Por otro lado, los gráficos de concentración acumulada de los metales más relevantes ambientalmente como Fe, Pb, As, Zn y Cd muestran una abrupta velocidad de liberación hasta la semana 3 para todas las muestras, disminuyendo luego de ésta (Gráfico 3.2.2.3-70, Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-71, Plomo Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-72, Arsénico Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-73, Zinc Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-74, Cadmio Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde).

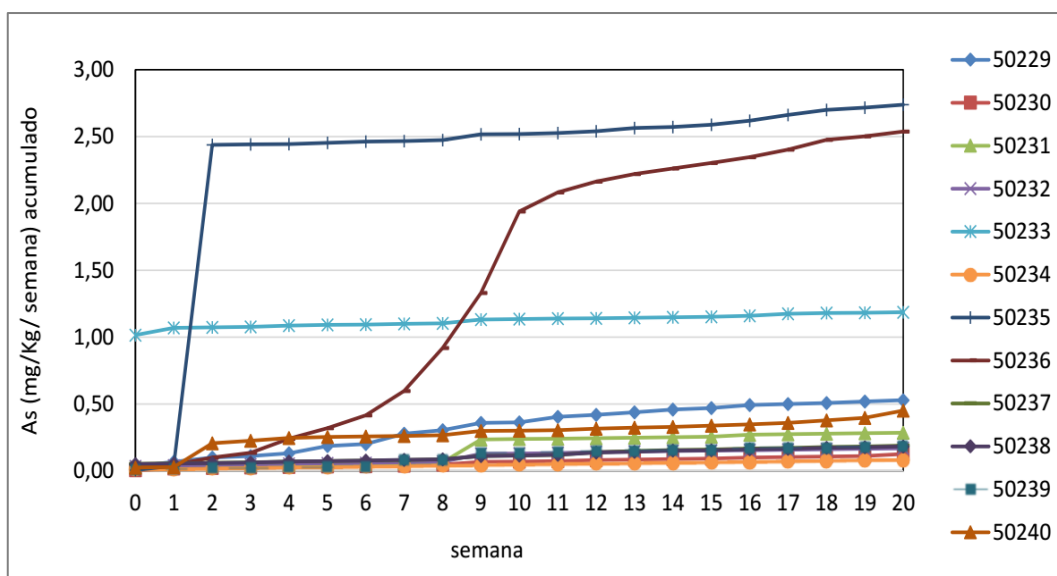
**Gráfico 3.2.2.3-70 Hierro Acumulado en la Prueba HCT – Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**



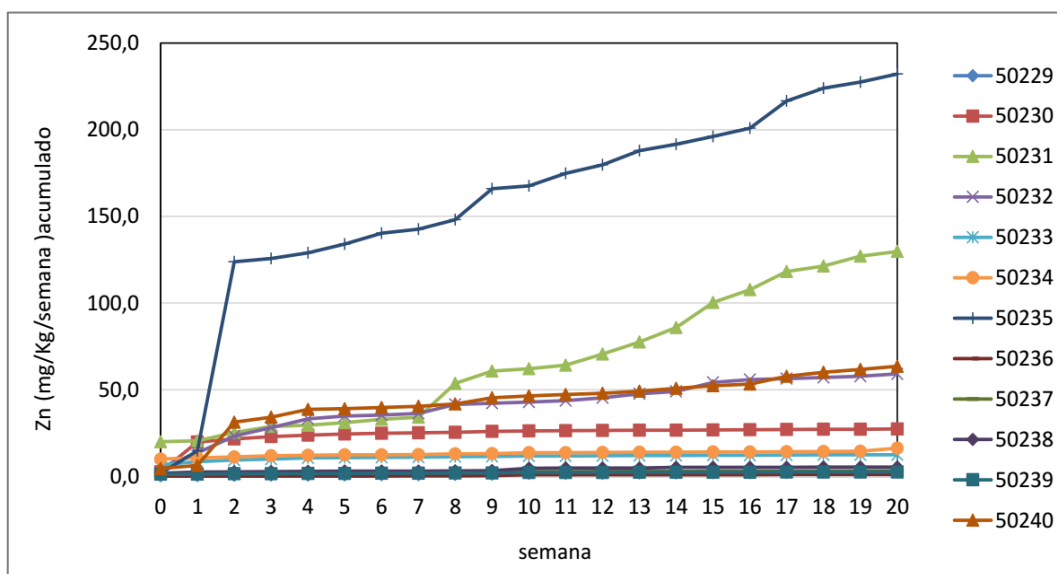
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-71 Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

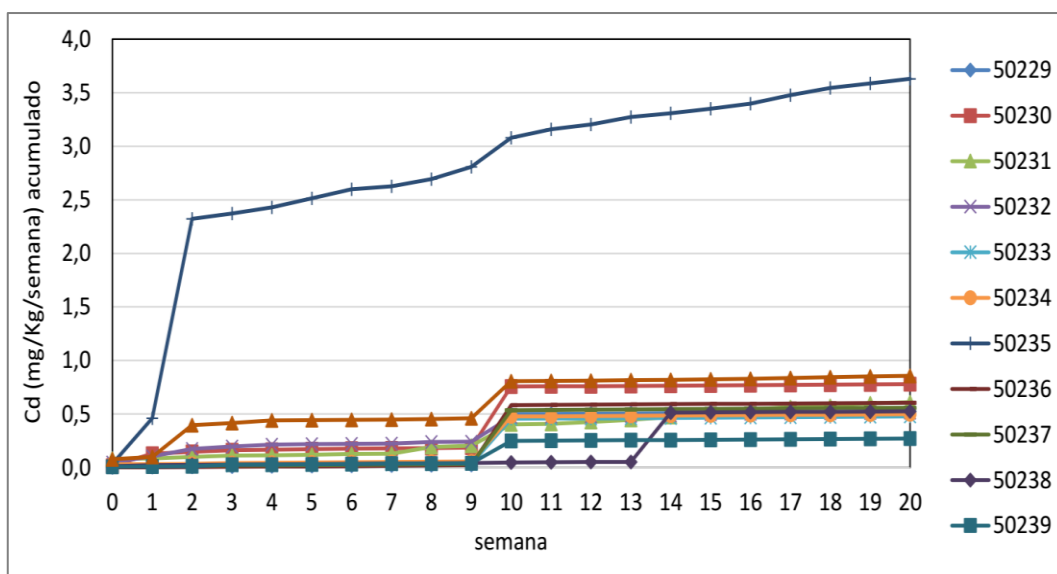
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-72 Arsénico Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

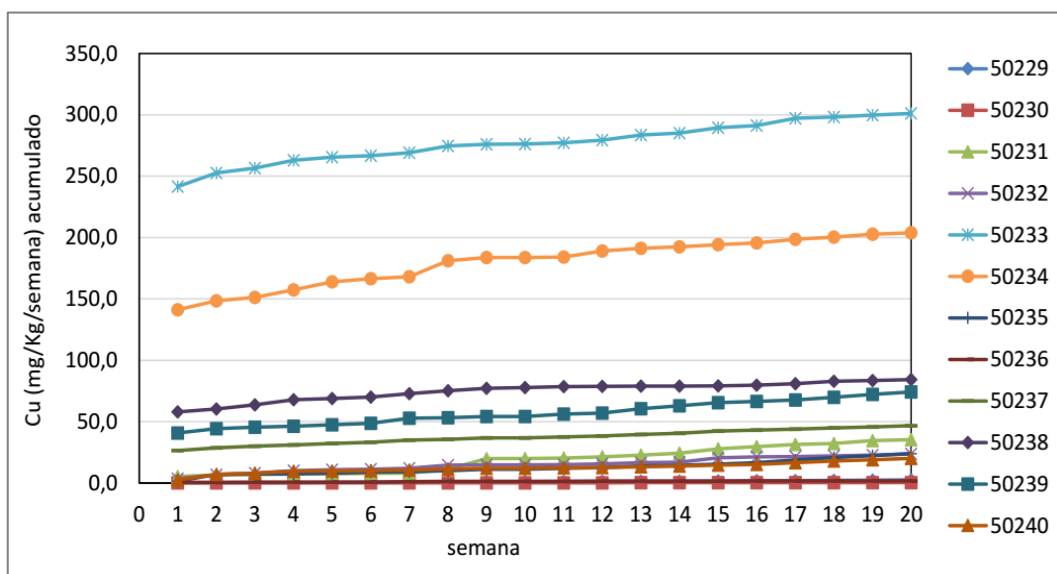
**Gráfico 3.2.2.3-73 Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-74 Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El Cu presenta una velocidad de liberación más lenta hasta la semana 8 y luego decae en mayor grado (Gráfico 3.2.2.3-75, *Cobre Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*). La muestra que libera mayor contenido de metales de interés ambiental es la 50235, la cual según los valores de pH mostrados en la Tabla 3.2.2.3-49, *Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*, es la más ácida, lo que justifica la alta tasa de disolución de metales, sobre todo a la semana 2 donde el pH presenta el menor valor (Gráfico 3.2.2.3-62, *Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde*).

**Gráfico 3.2.2.3-75 Cobre Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Tabla 3.2.2.3-49 Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados												LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		50229	50230	50231	50232	50233	50234	50235	50236	50237	50238	50239	50240		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		4.5-7	5.2-6.9	3.6-5.2	3.5-4.3	2.9-4.8	3.2-4.5	2.9-3.9	5.3-7.1	2.9-4.6	3.2-4.5	3.7-6.1	3.1-4	6 - 9		
Conductividad eléctrica	µS/cm	9-146	16-463	17-1337	62-410	50-1161	42-279	110-529	7-81	15-782	17-404	25-305	40-731	-	< 2000	-
Acidez H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	3-23	5-23	7-1041	4-588	22-2316	8-96	30-230	<2-14	5-238	13-175	3-143	17-463	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	< 2-6.2	3-10.4	< 2-11	< 2-4	< 2-3	< 2	< 2	< 2-9.2	< 2	< 2	< 2	< 2	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	4-208	11-417	14-501	26-109	24-98	23-92	28-109	3-323	11-130	14-88	21-219	24-307	-	300	500
Ca	mg/L	0.3-13	0.3-240	0.3-210	0.3-54	0.3-23	0.3-89	0.3-29	0.3-45	0.3-22	0.3-43	0.3-80	0.3-37	-	150	150
Mg	mg/L	0.2-1.5	0.2-26	0.2-17	0.1-4.3	0.3-3	0.1-9.1	0.1-1.9	0.1-2.6	0.2-1.2	0.1-5.2	0.1-4	0.1-6.3	-	200	-

Nota:

(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D.S. N° 002-2008-MINAM.

Fuente: MYSRL

Adicionalmente, en las muestras con altos potenciales de generar acidez la tasa de disolución aumenta en forma constante con el tiempo, lo que indica que no se agota el metal al término del ensayo, por lo tanto, su persistencia a largo plazo es factible. A su vez la muestra 50231 muestra mayor disolución de Zn y Pb cuyo comportamiento correlaciona en esta muestra. Los gráficos de Pb, Zn y Cd (Gráfico 3.2.2.3-71, Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-73, Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-74, Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde) muestran tendencias similares, lo que puede estar indicando que los tres pertenecen a una misma fase mineral, que en este caso sería los sulfuros.

En la Tabla 3.2.2.3-49, Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, también podemos observar los rangos de algunos parámetros ya discutidos para todos los compósitos. En la Tabla 3.2.2.3-50, Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Físicoquímicos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde y Tabla 3.2.2.3-51, Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde, se presentan los promedios, mínimos y máximos de lixiviación para todos los compósitos comparados con los LMP y ECA y en la Tabla 3.2.2.3-52, Parámetros para cada Compósito - Laboratorio MYSRL - Yanacocha Verde, se presenta la tabla detallada para cada muestra. Consiguiendo valores altos de promedio para Cu, Fe, Mn, Se y Zn (ver Tabla 3.2.2.3-51), de los cuales Mn presenta valores por encima del límite en más de 10 veces.



**Tabla 3.2.2.3-50 Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Fisicoquímicos - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		5.2	3.6	4.4	6 - 9		
Conductividad eléctrica	uS/cm	552.3	36.2	143.0	-	< 2000	-
Acidez, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	445.9	9.8	61.7	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	4.7	2.0	2.5	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	216.8	16.8	69.8	-	300	500
Ca	mg/L	73.9	0.3	10.2	-	150	150
Mg	mg/L	6.3	0.1	0.9	-	200	-

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.  
**Fuente:**  
 MYSRL.

**Tabla 3.2.2.3-51 Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	< 5 E-6	< 5 E-6	< 5 E-6	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.07	< 0.002	0.01	-	0.05	0.05
Al	mg/L	29.31	0.01	3.02	-	5	5
As	mg/L	0.31	0.004	0.04	0.1	0.05	0.1
Ba	mg/L	0.80	0.03	0.23	-	0.7	-
Be	mg/L	0.003	< 0.002	< 0.002	-	-	0.1
Ca	mg/L	73.87	0.30	6.96	-	200	-
Cd	mg/L	0.44	0.004	0.05	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.54	< 0.002	0.04	--	0.05	1
Cr	mg/L	0.20	< 0.002	0.02	-	-	-
Cu	mg/L	31.22	0.01	2.44	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	62.34	0.30	8.31	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	20.00	0.20	2.59	-	-	-
Mg	mg/L	6.32	0.11	0.66	-	150	150
Mn	mg/L	35.17	< 0.2	3.32	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.25	< 0.003	0.02	--	-	-
Na	mg/L	10.03	0.20	0.90	-	200	-
Ni	mg/L	0.34	0.002	0.04	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.47	0.01	0.10	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.14	< 0.002	0.013	-	-	-
Se	mg/L	0.78	0.01	0.07	-	0.05	0.05
Tl	mg/L	0.0343	0.0021	0.0058	-	-	-

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
V	mg/L	0.0188	< 0.002	0.0037	-	-	-
Zn	mg/L	13.03	0.25	2.16	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.1		
P (Tot)	mg/L	0.169	< 0.01	0.035	-	-	-
Sulfuros	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	-	0.05	0.05

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**  
MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-52 Parámetros para cada Compósito - Laboratorio MYSRL-Yanacocha Verde

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	50229	50230	50231	50232	50233	50234	50235	50236	50237	50238	50239	50240	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
															Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.0056	0.0058	0.0079	0.0070	0.0097	0.0096	0.0097	0.0072	0.0088	0.0080	0.0084	0.0077	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.0367	3.4505	4.0570	4.1443	4.8569	3.9783	2.2415	0.1482	0.1566	0.3111	0.5764	12.2512	-	5	5
As	mg/L	0.0218	0.0045	0.0108	0.0073	0.0409	0.0033	0.1985	0.1211	0.0074	0.0153	0.0085	0.0250	0.1	0.05	0.1
Ba	mg/L	0.4461	0.0940	0.0930	0.0605	0.1152	0.0503	0.0545	0.9438	0.4250	0.1905	0.3053	0.0321	-	0.7	-
Be	mg/L	< 0.002	< 0.002	0.0023	0.0023	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	-	-	0.1
Cadmio	mg/L	1.7761	24.4154	17.2520	6.8843	1.8427	7.4476	3.4979	3.4123	1.7179	2.8599	8.3112	4.1205	-	200	-
Cadmio	mg/L	0.0199	0.0313	0.0230	0.0275	0.0385	0.0375	0.2023	0.0449	0.0361	0.0424	0.0199	0.0475	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.0051	0.0163	0.0855	0.0182	0.0350	0.0372	0.1796	0.0030	0.0203	0.0269	0.0140	0.0927	-	0.05	1
Cr	mg/L	0.0028	0.0025	0.0065	0.0176	0.0185	0.0145	0.0848	0.0037	0.0123	0.0210	0.0052	0.0443	-	-	-
Cu	mg/L	0.1062	0.0147	1.3031	0.9235	9.9454	7.3122	1.1682	0.0679	1.8381	2.7951	2.9358	0.9212	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	0.3262	0.4065	2.7061	9.5084	9.4609	8.8087	38.9095	1.0464	3.1770	3.0224	2.5777	19.7332	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	0.9064	10.6168	10.5482	0.8829	1.0085	0.8929	0.9778	0.9910	1.3364	1.0520	0.9870	0.9303	-	-	-
Mg	mg/L	0.3148	2.7949	1.1709	0.6185	0.3410	0.7842	0.3470	0.3010	0.2573	0.4313	0.3173	0.2965	-	150	150
Mn	mg/L	0.6908	32.4226	2.0440	0.2958	0.7374	0.5140	0.2731	< 0.2	1.2517	0.7108	0.5144	0.2220	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.0161	0.0158	0.0171	0.0178	0.0513	0.0250	0.0222	0.0294	0.0267	0.0217	0.0273	0.0207	-	-	-
Na	mg/L	1.4520	2.2147	1.7742	0.4545	0.5044	0.3552	0.4065	1.5082	0.6259	0.7481	0.4013	0.3939	-	200	-
Ni	mg/L	0.0132	0.0096	0.0842	0.0884	0.0587	0.0259	0.0563	0.0052	0.0177	0.0452	0.0172	0.0455	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.0072	0.0942	0.3195	0.0391	0.0041	0.0169	0.5701	0.0650	0.0045	0.0039	0.0079	0.0223	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.0093	0.0079	0.0066	0.0143	0.0148	0.0177	0.0119	0.0155	0.0174	0.0142	0.0198	0.0114	-	-	-
Se	mg/L	0.0241	0.0783	0.0432	0.0074	0.2368	0.0050	0.1476	0.0215	0.0849	0.0717	0.0553	0.0554	-	0.05	0.05
Tl	mg/L	0.0029	0.0028	0.0039	0.0028	0.0037	0.0039	0.0304	0.0052	0.0030	0.0038	0.0031	0.0045	-	-	-
V	mg/L	< 0.002	0.0028	0.0025	0.0021	0.0023	< 0.002	0.0125	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.0100	-	-	-
Zn	mg/L	0.1041	0.7883	4.7240	2.2305	0.3826	0.5931	13.1930	0.0633	0.1243	0.1898	0.1023	3.3937	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	0.1		
P (Tot)	mg/L	0.0246	0.0360	0.0298	0.0256	0.0237	0.0258	0.0421	0.0559	0.0235	0.0343	0.0221	0.0790	-	-	-
Sulfuros	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002		0.05	0.05

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:** MYSRL

8 muestras estudiadas por el Laboratorio ALS

Los resultados de los rangos de los parámetros de los compósitos se presentan en la Tabla 3.2.2.3-53 Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde y en el Gráfico 3.2.2.3-76, Evolución del pH en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde y denotan que las ocho muestras estudiadas se agrupan en dos subgrupos, 3 muestras de pH >7 (50241, 50242 y 50247) y 5 muestras de pH <5. Las muestras de pH alcalino no muestran un cambio en el tiempo, lo que

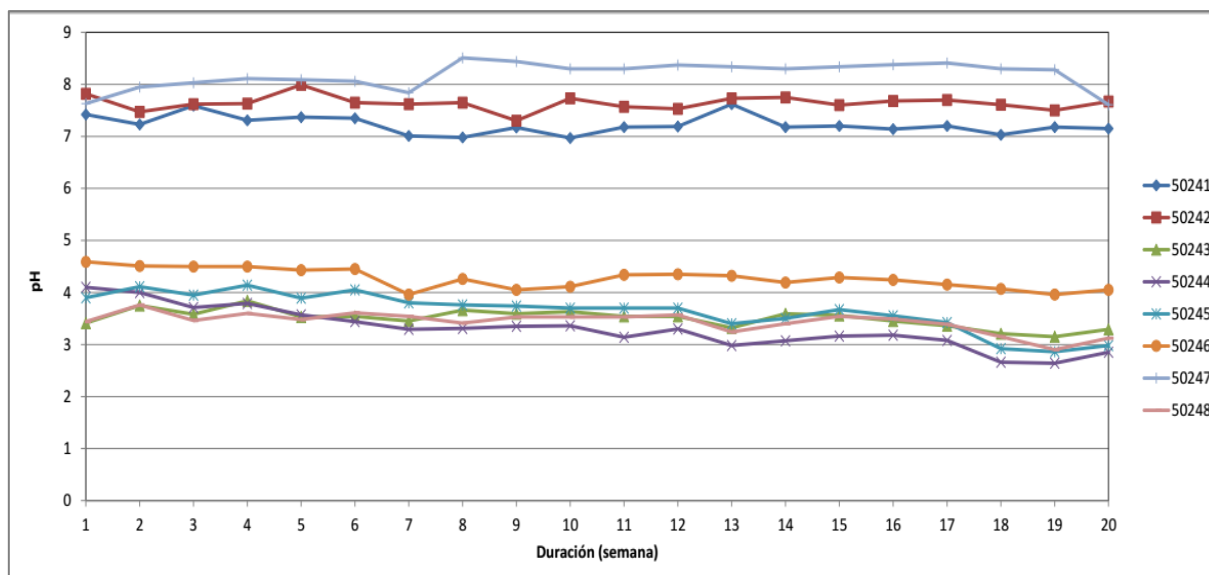
indica que estas muestras no tienen potencial de generar acidez con el tiempo. Por el contrario, las muestras de pH ácido disminuyen el pH con el tiempo acidificándose aún más, a partir de la semana 10 ocurre la mayor disminución de pH posiblemente porque se detiene el proceso de neutralización en esas muestras y predomina la oxidación de minerales de sulfuro originando la producción de ácido sulfúrico.

**Tabla 3.2.2.3-53 Rangos de Parámetros para los Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidades	50241	50242	50243	50244	50245	50246	50247	50248	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
											Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		7-7.6	7.3-8	3.2-3.8	2.6-4.1	2.9-4.1	4-4.6	7.6-8.5	2.9-3.8	6 - 9		
Conductividad eléctrica	μS/cm	48.9-1675	94.9-359	175.3-450	212-1233	258-857	132.5-454	46-665	113.3-605	-	< 2000	-
Acidez, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	1-35	1-3	41-98	47-283	44-227	28-80	2-1	50-194	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	4-35	1-35	<1	<1	<1	<1	27-50	<1	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	9.1-965.3	17.8-144.4	33.3-144.8	70.6-258.5	69.6-302.3	36.5-184.2	10.2-301.9	23.3-189.5	-	300	500
Ca	mg/L	4.9-205.9	10.7-53.1	0.3-17	0.1-11.4	0.3-71	0.3-80.1	12.4-117.8	0.1-3.9	-	150	150
Mg	mg/L	<0.005-11.1	0.253-1.7	<0.005-2.8	<0.005-1.2	<0.005-1.4	<0.005-1.8	<0.005-3.3	<0.005-0.4	-	200	-

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.  
 Fuente: MYSRL

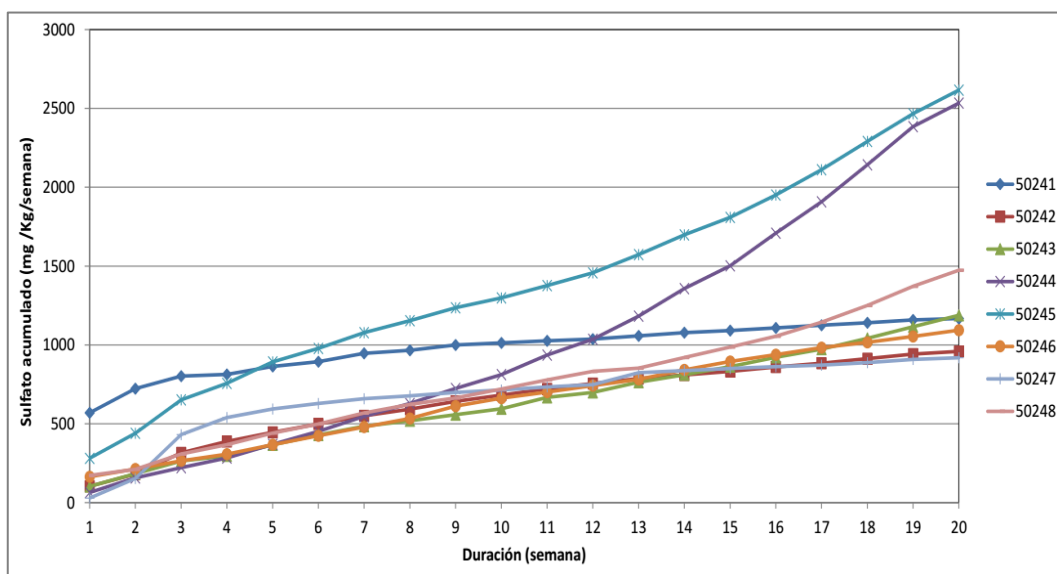
**Gráfico 3.2.2.3-76 Evolución del pH en la Prueba HCT – Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

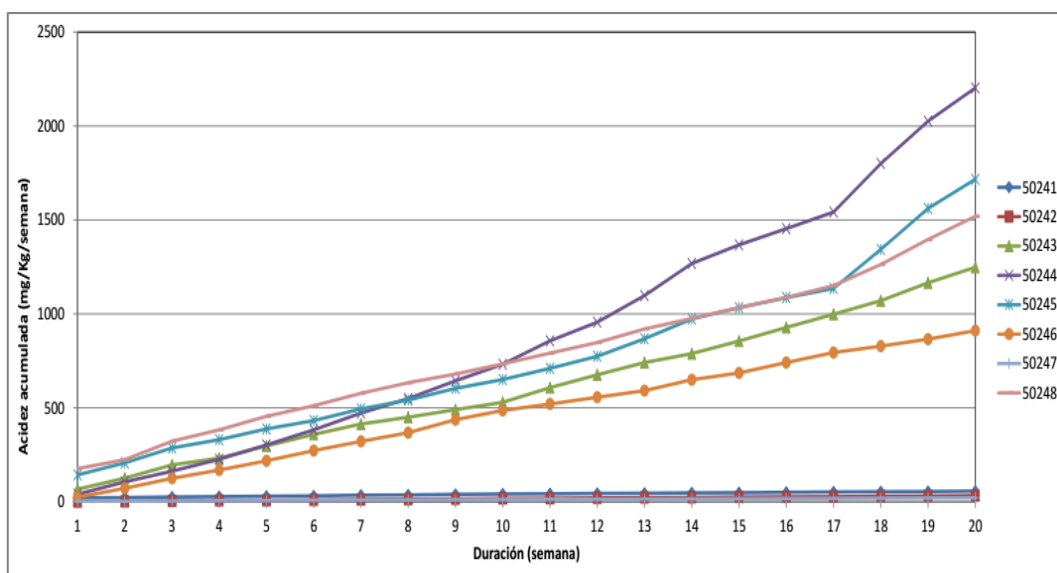
En el Gráfico 3.2.2.3-77, *Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*, se observa la curva de la concentración acumulada de sulfato con mayores concentraciones para las muestras 50244 y 50245, las cuales a su vez presentan un incremento en la velocidad de liberación a partir de la semana 10, lo que permite inferir que a partir de esta semana los procesos de oxidación de sulfuros se favorecen aún más.

Las otras muestras presentan una liberación acelerada de sulfato hasta la semana 3 y luego una tasa de liberación que disminuye, pero sin hacerse cero.

**Gráfico 3.2.2.3-77 Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

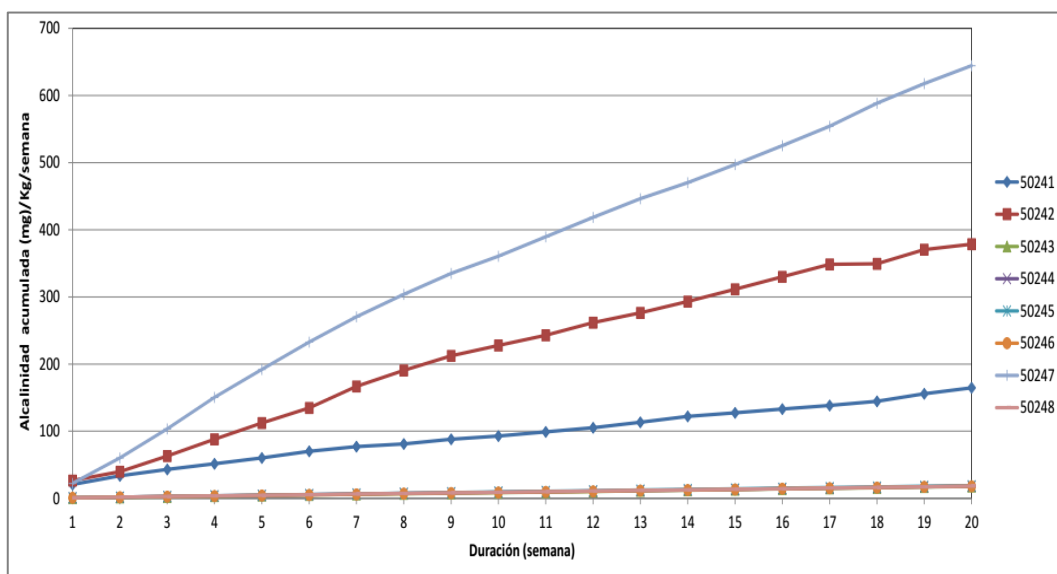
Fuente: MYSRL.

El Gráfico 3.2.2.3-78, *Acidez Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*, confirma que estas cinco muestras presentan una relación lineal en el tiempo y una generación constante de sulfato, es decir se produce la oxidación de minerales de sulfuro en distinto grado. La acidez muestra dos aumentos bruscos de generación a la semana 10, lo que concuerda con la alta liberación de sulfato y a la semana 17. Adicionalmente las muestras 50247 y 50242, que muestran un aporte de sulfatos lineal, presentan valores de acidez muy cercana a cero lo que indica que ocurre la neutralización por disolución de minerales con potencial de neutralización, al producirse ácido sulfúrico.

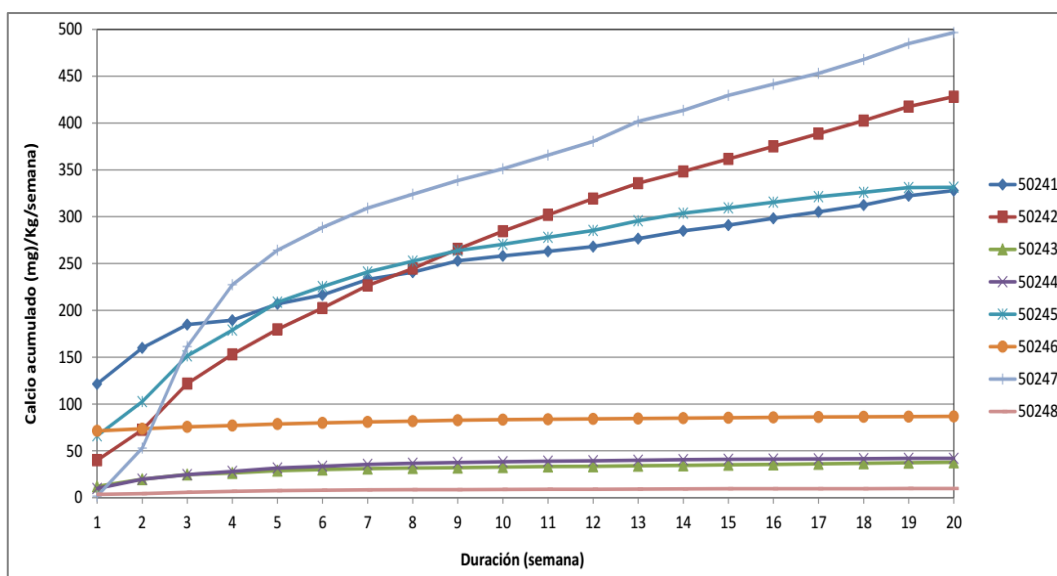
**Gráfico 3.2.2.3-78 Acidez Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

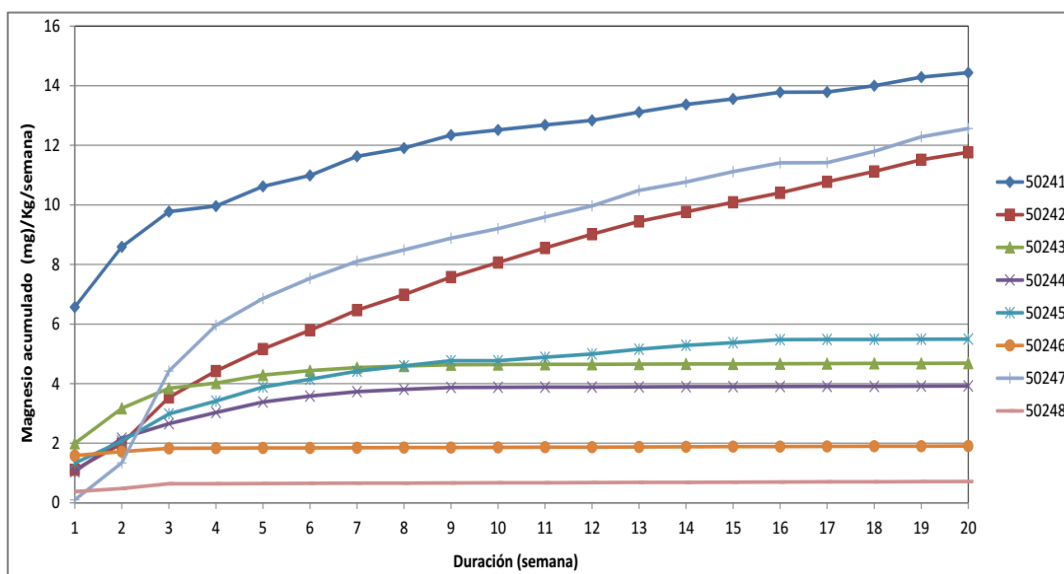
Por otra parte, la curva de alcalinidad (Gráfico 3.2.2.3-79, *Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*) indica que tres muestras poseen un alto contenido de minerales con potencial de neutralizar (50241, 50242 y 50247). Esto es corroborado con el gráfico de Ca y la de Mg (Gráfico 3.2.2.3-80, *Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-81, *Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*), donde se observa que estas muestras presentan una relación lineal con el tiempo sin disminución al término del ensayo. Las muestras restantes presentan un aumento de liberación brusco hasta la semana 3 y luego una disminución en la tasa de liberación hasta casi valores de cero en estos metales, lo que indica una disolución total del contenido de estos metales en las muestras.

**Gráfico 3.2.2.3-79 Alcalinidad Acumulada en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

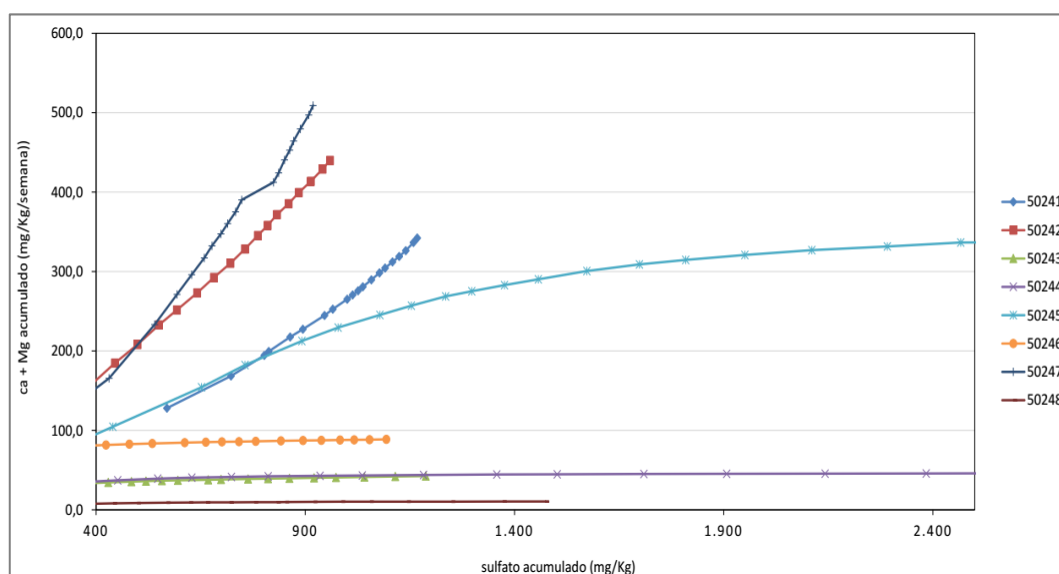
**Gráfico 3.2.2.3-80 Calcio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-81 Magnesio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El Gráfico sulfato vs. Ca+Mg muestra un comportamiento lineal en los tres compósitos alcalinos (Gráfico 3.2.2.3-82, Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde), lo que indica una correlación entre la liberación de sulfatos y estos dos metales en estas tres muestras, esto implica que la oxidación de sulfuros genera ácido sulfúrico que produce sulfatos al disolver el Ca y Mg de minerales con potencial de neutralización. En las restantes muestras se presenta una línea horizontal en este gráfico lo que indica que estos compósitos poseen escasos minerales capaz de neutralizar la acidez, la muestra 50245 presenta un comportamiento lineal hasta la semana 7, luego del cual tiende a la horizontalidad lo que indica que los minerales con potencial para neutralizar se consumen en ese momento.

**Gráfico 3.2.2.3-82 Calcio-Magnesio Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

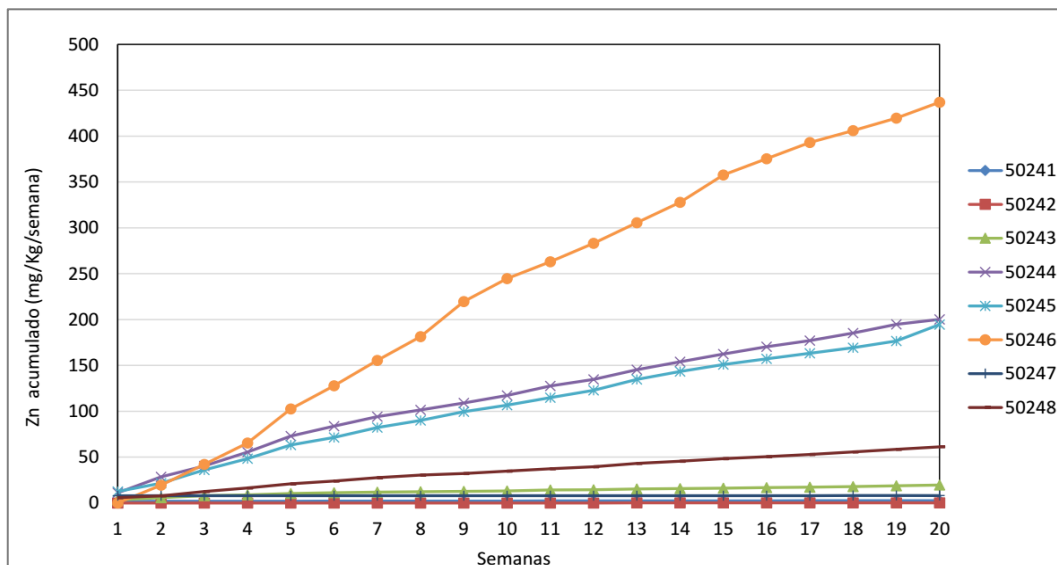
Fuente: MYSRL.

Los metales por otra parte presentan una tasa de disolución lineal que aumenta con el tiempo para algunos y para otro se hace cero, para algunas muestras se acelera a partir de la semana 10, o al agotarse los minerales que neutralizan la acidez. La tasa de alteración y liberación de metales como Zn, Pb, Cd y As (Gráfico 3.2.2.3-83, Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-84, Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-85, Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde y



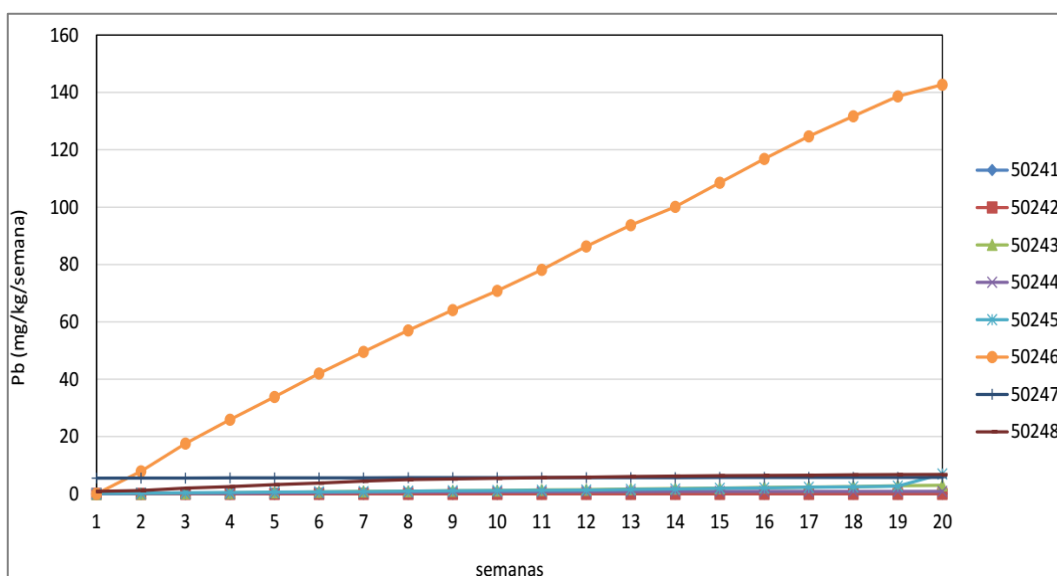
Gráfico 3.2.2.3- 86, Arsénico Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde), es alta en la muestra 50246 y en las que presentaron mayor acidez como la 50244, y constante, lo que implica que no cesa la liberación de los mismos en estas muestras, por lo que se asocian a la disolución por oxidación de sulfuros.

**Gráfico 3.2.2.3-83 Zinc Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

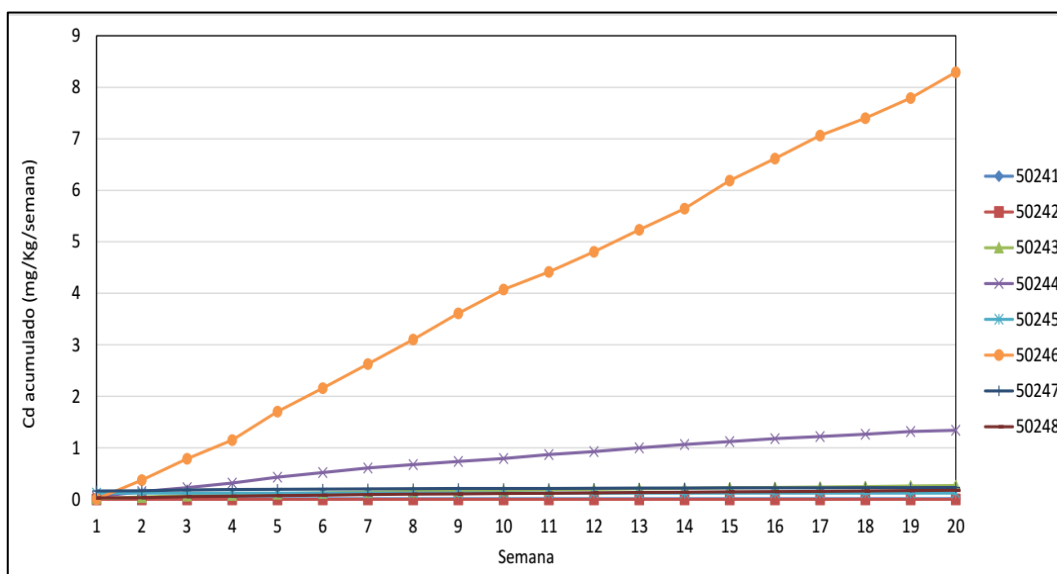


Fuente: MYSRL.

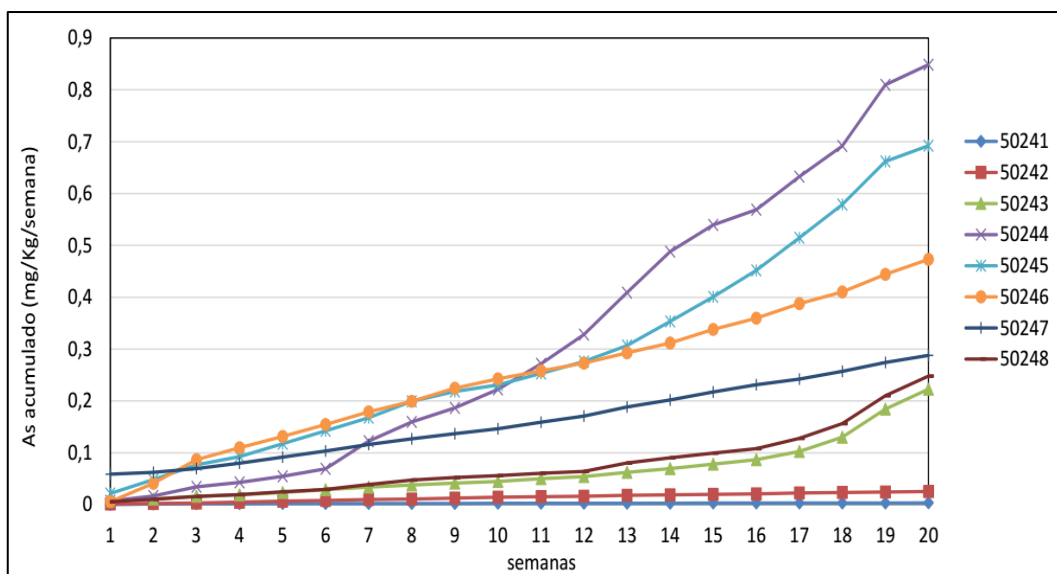
**Gráfico 3.2.2.3-84 Plomo Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

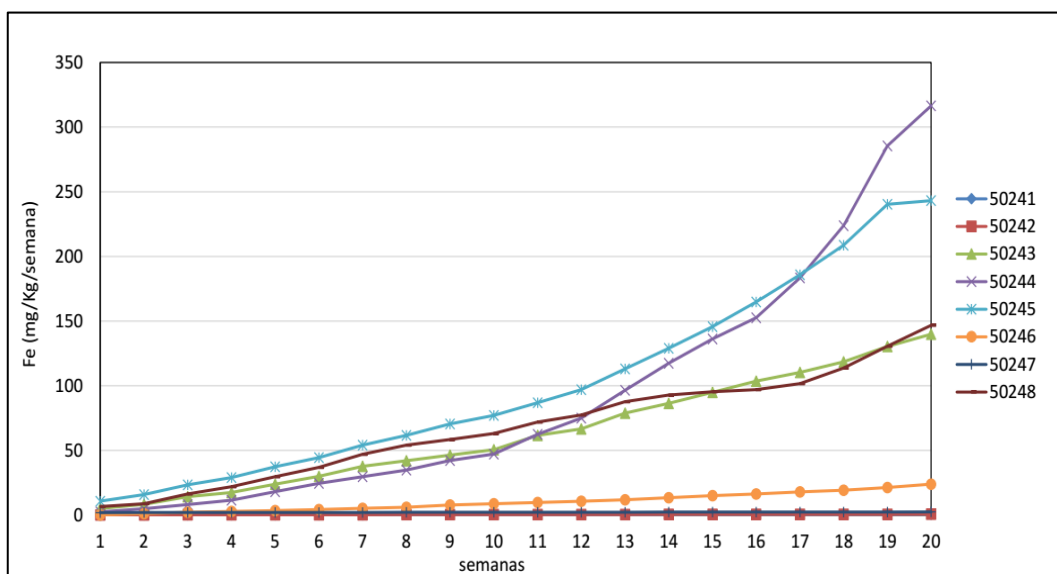
**Gráfico 3.2.2.3-85 Cadmio Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-86 Arsénico Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El Fe muestra una alta velocidad de liberación en las muestras que generan más acidez (50244 y 50245) con un aumento brusco desde la semana 10 (Gráfico 3.2.2.3-87, Hierro Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde), se observa que el Fe no guarda correlación con los metales Zn, Pb y Cd, por lo que estos últimos posiblemente no estén asociados a la pirita en la muestra 50246, pero sí a otros sulfuros. El aumento constante de Fe en las muestras con mayor acidez correlaciona con la tasa de liberación de sulfato lo que corrobora que el proceso de oxidación de sulfuros predomina en estas muestras. Los tres compósitos alcalinos presentaron muy poca lixiviación de metales.

**Gráfico 3.2.2.3-87 Hierro Acumulado en la Prueba HCT - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

En la Tabla 3.2.2.3-54, *Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*, se presentan los principales parámetros cinéticos extraídos de los gráficos, se puede observar que la tasa de liberación de sulfatos excede en casi todas las muestras a la tasa de neutralización, lo que quiere decir que 6 de las muestras son potencialmente generadora de acidez y no poseen capacidad de alcalinizarse por lo que en ellas predomina el proceso de oxidación de sulfuros. La muestra 50247, por otra parte, presenta una velocidad de alcalinización similar a la velocidad de acidificación, representada por la tasa de liberación de sulfatos, lo que indica que en esta muestra los minerales con potencial de neutralización presentes son capaces de neutralizar la acidez generada y por lo que no poseen potencial de generar acidez en el tiempo.

**Tabla 3.2.2.3-54 Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidades	Desmonte							
		50241	50242	50243	50244	50245	50246	50247	50248
SO <sub>4</sub>	%	14.20	17.40	11.20	14.30	7.10	38.20	38.60	43.60
SO <sub>4</sub> liberado promedio	mg/Kg/semana	16.11	26.22	59.74	204.42	151.74	44.63	13.86	89.11
Semanas en Rango lineal de SO <sub>4</sub>	-	10-20	11-20	12-20	14-20	13-20	11-20	14-20	13-20
Ca	%	4.40	2.80	20.80	20.70	35.30	54.10	2.40	15.00
Ca liberado promedio	mg/Kg/semana	7.18	13.60	0.51	0.28	6.79	0.36	14.56	0.11
Semanas en Rango lineal de Ca	-	11-20	12-20	8-20	13-20	8-20	10-20	7-20	8-20
Mg	%	2.61	2.00	19.10	15.70	18.50	6.60	1.20	28.30
Mg liberado promedio	mg/Kg/semana	0.193	0.374	0.005	0.004	0.077	0.005	0.329	0.014
Semanas en Rango lineal de Mg	-	9-20	13-20	10-20	9-20	10-20	10-20	8-20	4-20
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. <b>Fuente:</b> MYSRL.									

En la Tablas 3.2.2.3-55, *Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Fisicoquímicos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde* y 3.2.2.3-56, *Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*, se presentan los promedios, mínimos y máximos de lixiviación de todos los parámetros, para todos los compósitos estudiados por el Laboratorio comercial ALS LS Perú S.A.C., comparados con los LMP y ECA. En ellas se observa que los metales Cu, Fe, Mn, Pb y Zn muestran valores promedios hasta 10 veces por encima de los límites de referencia establecidos en este informe, el pH aunque está por debajo de los límites, se encuentra ligeramente ácido. En la Tabla 3.2.2.3-57, *Parámetros para cada Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde*, se presentan los resultados detallados para cada muestra.

**Tabla 3.2.2.3-55 Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Fisicoquímicos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH		5.6	2.9	5.0	6 - 9		
Conductividad eléctrica	μS/cm	291.9	135.1	143.0	-	< 2000	-
Acidez, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	115.3	26.6	52.9	-	-	-
Alcalinidad CaCO <sub>3</sub>	mg/L	15.6	4.6	8.9	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	311.4	33.8	83.4	-	300	500
Ca	mg/L	70.0	3.6	12.3	-	150	150
Mg	mg/L	3.0	0.04	0.4	-	200	-
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares para agua, DS N° 002-2008-MINAM. <b>Fuente:</b> MYSRL.							

**Tabla 3.2.2.3-56 Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	3.09E-04	< 0.00001	6.10E-05	-	0.05	0.05
Al	mg/L	6.36	0.79	2.19	-	5	5
As	mg/L	0.0524	0.0046	0.0189	0.1	0.05	0.1
B	mg/L	0.02	0.01	0.01	-	0.5-6	5
Ba	mg/L	0.068	0.019	0.038	-	0.7	-
Be	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-	0.1
Bi	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-	-
Ca	mg/L	70.03	2.36	12.60	-	200	-
Cd	mg/L	0.200	0.012	0.084	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.341	0.005	0.049	--	0.05	1
Cr	mg/L	0.010	0.001	0.003	-	-	-
Cu	mg/L	2.87	0.84	1.58	0.5	0.2	0.5

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Fe	mg/L	16.42	1.33	5.89	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	11.71	0.79	2.47	-	-	-
Li	mg/L	0.009	< 0.005	< 0.005	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	2.976	0.036	0.413	-	150	150
Mn	mg/L	19.15	0.16	1.58	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.0035	0.0001	0.0006	--	-	-
Na	mg/L	3.96	0.07	0.48	-	200	-
Ni	mg/L	0.100	0.002	0.016	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	2.92	0.03	1.16	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.016	0.0005	0.0028	-	-	-
Se	mg/L	0.0031	< 0.001	0.0016	-	0.05	0.05
Sn	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-	-
Sr	mg/L	1.686	0.020	0.253	-	-	-
Ti	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	-	-	-
Tl	mg/L	0.019	0.0011	0.0062	-	-	-
V	mg/L	0.0033	0.0010	0.0012	-	-	-
Zn	mg/L	13.13	1.83	6.37	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.1	0.1	0.1
P (Tot)	mg/L	0.822	0.010	0.082	-	-	-
Sulfuros	mg/L	0.029	< 0.001	0.004	-	0.05	0.05

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.

	excede el LMP o el ECA por <10
	excede el LMP o el EAC por >10
	excede el LMP o el EAC por > 100

**Fuente:**

MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-57 Parámetros para cada Compósitos - Laboratorio ALS-Yanacocha Verde

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	50241	50242	50243	50244	50245	50246	50247	50248	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
											Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	< 0.00005	0,002	0.001	0.001
Ag	mg/L	< 0,00001	< 0,00001	0.00006	0.00036	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	< 0,00001	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.0010	0.0039	3.4013	3.6374	5.0473	0.1998	0.0324	5.1941	-	5	5
Ar	mg/L	0.0002	0.0014	0.0119	0.0470	0.0365	0.0263	0.0151	0.0132	0.1	0.05	0.1
B	mg/L	0.0180	0.0105	< 0,00001	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	-	0,5-6	5
Ba	mg/L	0.0194	0.0382	0.0501	0.0255	0.0252	0.0507	0.0766	0.0172	-	0.7	-
Be	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-	0.1
Bi	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	-	-	-
Ca	mg/L	21.99	23.70	2.32	2.31	17.60	4.89	27.45	0.54	-	200	-
Cd	mg/L	0.0011	< 0.00005	0.0156	0.0745	0.0971	0.4601	0.0141	0.0097	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	0.0015	< 0.0001	0.0495	0.0503	0.1244	0.1026	0.0175	0.0467	--	0.05	1
Cr	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	0.0028	0.0096	0.0069	< 0.0005	< 0.0005	0.0035	-	-	-
Cu	mg/L	< 0.001	< 0.001	4.36	6.21	0.37	0.14	0.0020	1.59	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	< 0.03	< 0.03	7.60	17.37	12.79	1.31	0.10	7.86	2 <sup>(3)</sup>	1	1
K	mg/L	7.01	4.33	0.82	0.16	0.86	1.67	3.35	1.54	-	-	-
Li	mg/L	0.0051	< 0.005	0.0052	0.0051	0.0076	< 0.005	< 0.005	0.0051	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	1.005	0.651	0.296	0.215	0.292	0.108	0.695	0.039	-	150	150
Mn	mg/L	10.79	1.096	0.188	0.090	0.040	0.070	0.211	0.131	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.0016	0.0015	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0016	0.0001	--	-	-
Na	mg/L	0.60	0.19	0.23	0.27	0.39	0.37	1.37	0.43	-	200	-
Ni	mg/L	0.0011	0.0005	0.0166	0.0134	0.0388	0.0331	0.0043	0.0198	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	0.006	0.003	0.167	0.049	0.371	7.915	0.359	0.371	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.0059	0.0061	0.0017	0.0004	0.0011	0.0043	0.0025	0.0007	-	-	-
Se	mg/L	0.0010	0.0012	0.0032	0.0031	0.0012	0.0011	0.0011	0.0010	-	0.05	0.05
Sn	mg/L	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	-	-	-
Sr	mg/L	0.31	0.08	0.07	0.05	0.07	0.19	1.20	0.05	-	-	-
Ti	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	-	-	-
Tl	mg/L	0.0032	0.0001	0.0029	0.0104	0.0041	0.0268	0.0016	0.0004	-	-	-
V	mg/L	0.0010	0.0010	0.0010	0.0021	0.0011	0.0010	0.0010	0.0013	-	-	-
Zn	mg/L	0.1906	0.0075	1.15	11.08	10.31	24.36	0.50	3.35	1.5	2	24
Cr (VI)	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	0.1	0.1	0.1
P (Tot)	mg/L	0.048	0.074	0.169	0.189	0.054	0.039	0.035	0.046	-	-	-
Sulfuros	mg/L	< 0.001	0.0014	0.0012	< 0.001	0.0029	0.0192	0.0034	0.0020	-	0.05	0.05

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad

excede el LMP o el ECA por < 10  
excede el LMP o el EAC por > 10  
excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

### Producción de Ácido por Potencial Biológico (BAPP)

El ensayo BAPP fue realizado por el Centro de Investigaciones Metalúrgicas "Don Alberto Benavides" de MYSRL y los reportes de los resultados se encuentran en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*. A partir de la prueba BAPP se clasifican las muestras en generadoras de acidez y en no generadoras, en función del pH obtenido. En la Tabla 3.2.2.3-58, *Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y BAPP - Yanacocha Verde*, se puede observar el resultado de la prueba BAPP y su comparación con el ensayo NCV.

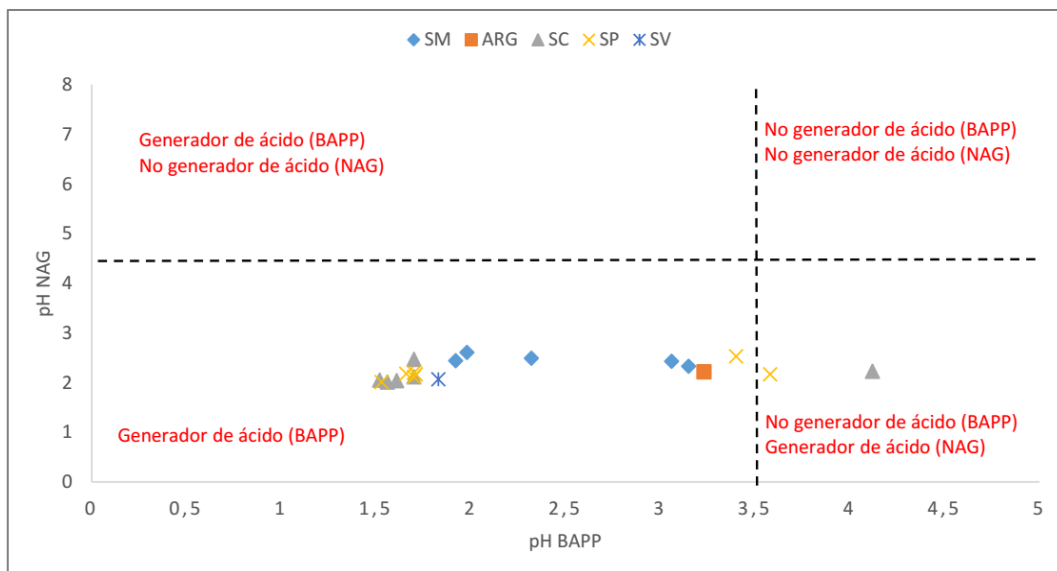


Tabla 3.2.2.3-58 Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y BAPP - Yanacocha Verde

Comp.	Muestra	NCV	Clasificación	pH BAPP	Clasificación
1	50229	0.02	Neutral	3.06	Generador de ácido
2	50230	-3.23	Moderadamente ácido	3.23	Generador de ácido
3	50231	-5.18	Altamente ácido	1.7	Generador de ácido
4	50232	-9.42	Altamente ácido	1.56	Generador de ácido
5	50233	-5.68	Altamente ácido	1.7	Generador de ácido
6	50234	-9.15	Altamente ácido	1.53	Generador de ácido
7	50235	-7.02	Altamente ácido	1.52	Generador de ácido
8	50236	0.01	Neutral	3.15	Generador de ácido
9	50237	-0.14	Ligeramente ácido	2.32	Generador de ácido
10	50238	-0.47	Ligeramente ácido	1.98	Generador de ácido
11	50239	-0.87	Ligeramente ácido	1.92	Generador de ácido
12	50240	-6.08	Altamente ácido	1.61	Generador de ácido
13	50241	-3.10	Moderadamente ácido	4.12	No Generador de ácido
14	50242	-1.60	Moderadamente ácido	3.4	Generador de ácido
15	50243	-3.57	Moderadamente ácido	1.7	Generador de ácido
16	50244	-4.72	Moderadamente ácido	1.71	Generador de ácido
17	50245	-7.84	Altamente ácido	1.66	Generador de ácido
18	50246	-4.86	Moderadamente ácido	1.83	Generador de ácido
19	50247	-2.45	Moderadamente ácido	3.58	No Generador de ácido
20	50248	-5.11	Altamente ácido	1.7	Generador de ácido
Fuente: MYSRL.					

Según la prueba BAPP, 18 de los 20 compósitos son generadores de acidez, solo los compósitos 50241 y 50247 resultaron ser no generadores por este ensayo; sin embargo, la prueba NCV indica que estas muestras son "moderadamente ácidas" y el ensayo NAG (Tabla 3.2.2.3-58, Comparación entre Resultados de Ensayos NCV y BAPP - Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3-88, pH BAPP vs. pH NAG con respecto a la Alteración de la Muestra - Yanacocha Verde) también indica que estos compósitos son generadores de acidez.

**Gráfico 3.2.2.3-88 pH BAPP vs. pH NAG con respecto a la Alteración de la Muestra - Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

Estos dos compósitos, 50241 y 50247, junto con el compósito 50242 son los que muestran mayor potencial de neutralización ácida (ANP) (Tabla 3.2.2.3-37, *Resumen de Resultados de Muestras de Descargas del Pad La Quinua*), 0,11, 0,58 y 0,69%CO<sub>2</sub> respectivamente; mientras que los otros compósitos mostraron valores de 0,07%CO<sub>2</sub>. Este valor mayor de ANP en estos compósitos puede estar impidiendo un ambiente adecuado para la colonización de las bacterias *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Es de hacer notar que el compósito 50242 mostro un valor de pH BAPP de 3,4; el cual está muy cercano al límite para que se clasifique como no generadora de acidez. Este resultado de la prueba BAPP para los compósitos 50241 y 50247 indica que no está favorecida la generación ácida vía oxidación biológica, sin embargo, la oxidación de sulfuros abióticamente no la descarta. La alteración y la litología no mostraron ninguna tendencia en cuanto al valor de pH BAPP (Gráfico 3.2.2.3-88, pH BAPP vs. pH NAG con respecto a la Alteración de la Muestra - Yanacocha Verde). Estos tres compósitos en la prueba de celdas de humedad fueron los únicos que reportaron pH ligeramente básico, las restantes arrojaron pH ácidos.

Se realizaron gráficos de pH, ORP, Fe<sup>2+</sup> y Fe<sub>Tot</sub> en función del tiempo para determinar en qué momento se detenía la actividad microbiana y por lo tanto finalizaba el ensayo BAPP. Estos gráficos junto con los datos que la generaron son mostrados en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorándums*.

Para la prueba BAPP se analizaron los lixiviados por ICP-MS y los resultados de los mínimos, máximos y promedios son mostrados en la Tabla 3.2.2.3-59, *Máximos, Mínimos y Promedios para Metales – BAPP - Yanacocha Verde*, similar a los ensayos SPLP y NAG se comparan los valores obtenidos con los LMP y los ECA, marcando con color aquellos promedios que sobrepasan los límites. Los metales que presentan valores promedios por encima de lo permitido son: As, Fe, Cu, Mn, Pb, Cd, Ca, Al, Be, Ni y Zn. De estos metales Mn, Fe, Pb y Cu mostraron valores altos en SPLP, NAG y BAPP. Para un mayor detalle de la lixiviación mostrada por cada compósito se puede observar la Tabla 3.2.2.3-60, *Parámetros para cada Compósitos – BAPP - Yanacocha Verde*.

**Tabla 3.2.2.3-59 Máximos, Mínimos y Promedios para Metales – BAPP - Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	47.43	< 0.003	13.88	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	4385.47	1.05	1712.62	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	3.26	< 0.002	0.92	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	30.21	0.02	2.07	0.05	0.005	0.01

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Cr total	mg/L	1.75	< 0.002	0.09	-	-	-
Cu	mg/L	248.05	5.26	86.35	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	3600.97	5.12	401.03	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	2.96	<0.003	0.49	--	-	-
Co	mg/L	11.73	< 0.002	0.67	--	0.05	1
Zn	mg/L	788.51	3.46	131.73	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.02	0.002	0.003	-	-	-
Al	mg/L	463.51	10.98	209.06	-	5	5
Ba	mg/L	0.22	0.01	0.08	-	0.7	-
Be	mg/L	3.85	0.002	0.19	-	-	0.1
Ca	mg/L	526.42	16.84	168.17	-	200	-
Mg	mg/L	146.15	27.82	51.40	-	150	150
Ni	mg/L	3.00	0.50	1.57	-	0.2	0.2
K	mg/L	84.77	0.80	20.29	-	-	-
Se	mg/L	0.63	< 0.005	0.08	-	0.05	0.05
Na	mg/L	39.96	5.60	19.02	-	200	-
Tl	mg/L	1.39	<0.002	0.13	-	-	-
Hg	mg/L	1.5 E-4	< 0.0005	2.1 E-5	0.002	0.001	0.001
Li	mg/L	0.03	0.02	0.02	-	2.5	2.5
Ag	mg/L	0.39	< 0.002	0.04	-	0.05	0.05
B	mg/L	7.60	5.28	6.02	-	-	-
V	mg/L	1.80	<0.002	0.41			
Bi	mg/L	0.06	0.01	0.03	-	-	-
Ga	mg/L	0.05	0.00	0.01	-	-	-
Nb	mg/L	0.09	0.00	0.02	-	-	-
Sn	mg/L	0.07	0.00	0.02	-	-	-
Sr	mg/L	1.18	0.03	0.13	-	-	-
Te	mg/L	0.04	0.00	0.01	-	-	-
Ti	mg/L	0.05	0.01	0.01	-	-	-
pH final	--	2.61	2.01	2.24	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el ECA por >10

excede el LMP o el ECA por > 100

**Fuente:**

MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-60 Parámetros para cada Compósitos – BAPP - Yanacocha Verde

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	50229	50230	50231	50232	50233	50234	50235	50236	50237	50238	50239	50240	50241	50242	50243	50244	50245	50246	50247	50248	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3		
																							Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales	
Hg	µg/L	0.043	0.034	0.15	0.037	0	0.065	0	0	0.049	0.035	0.007	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0.001	
Ag	mg/L	0	0.389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.371	0.044	0	0	0	0	0.005	0	-	0.05	0.05	
Al	mg/L	21.3	376.2	324	216	237	253	372	11	21	15	55	265.3	73	143.54	249.42	194.9	441.1	349.9	99.64	463.5	-	5	5	
As	mg/L	0.407	0.137	13	13	47.43	17	41	0.453	2	16	31	12	0	0.304	18	27	10	20	0.237	9	0.1	0.05	0.1	
B	mg/L	5	0.275	0	0	0	0	0	3	3	0.936	0	0	5	5	0	0	0	0.797	5	0	-	-	-	
Ba	mg/L	0.039	0.015	0.076	0.168	0.131	0.224	0.17	0.029	0.037	0.06	0.067	0.128	0.014	0.013	0.1	0.09	0.087	0.056	0.015	0.056	-	0.7	-	
Be	mg/L	0.003	0.31	0.162	0.015	0.003	0.006	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.146	0.121	0.005	0.003	0.004	0.005	0.045	0.003	-	-	0.1	
Bi	mg/L	0.084	0.374	0.294	0.143	0.095	0.478	0.174	0.118	0.149	0	0.081	0.277	0.338	0.123	0.427	0.352	0.169	0.235	0.114	0.179	-	-	-	
Ca	mg/L	39	506	251	81	27	112	64	49	26	66	157.65	51.65	461.21	514.21	52	48	255.4	58	526.4	17	-	200	-	
Cd	mg/L	0.026	0.879	0.674	0.275	0.015	0.04	3	0.016	0.032	0.047	0.046	0.241	0.452	0.293	0.363	1	2	30	2	0.306	0.05	0.005	0.01	
Co	mg/L	0.375	1	2	1	0.765	1	3	0.336	0.489	0.6	0.524	1.88	0.498	0.442	2	3	3	7	1	2	--	0.05	1	
Cr	mg/L	2	12	12	15	20	15	20	12	22	23	16	12	0.078	0.332	10	13	14	18	0.124	11	-	-	-	
Cu	mg/L	28	23	126	46	248	122	169.04	13	61	123	193.88	35	5.56	5	119.2	193.6	28.2	77	19	91	0.5	0.2	0.5	
Fe	mg/L	591.33	132	2021.3	3820.12	3205.1	4385.5	3987.25	319.82	490.4	1071.48	1404.4	3295	1	12	2124.6	2042	2.2971	1466	3	1583	2 <sup>(3)</sup>	1	1	
Ga	mg/L	0	0	0.197	0.461	0.411	0.556	0.923	0	0.034	0.068	0.144	0.491	0	0	0.531	2	0.585	6	0	0.415	-	-	-	
K	mg/L	2	4	62	0.804	2	2	2	2	1	1	1	3	71	85	15.51	3	19	29.28	32	68	-	-	-	
Li	mg/L	0.027	0.114	0.054	0.091	0.061	0.098	0.053	0.031	0.029	0.025	0.027	0.03	0.044	0.028	0.038	0.037	0.259	0.11	0.079	0.049	-	2.5	2.5	
Mg	mg/L	29	122	44	34	30	36	31	28	28	33	29	28	118.77	91	31	30.75	38	55	146.2	44	-	150	150	
Mn	mg/L	30	3601	33.46	11	15	12	10.64	14	24	21	13.76	6	3458	588.72	9	8	5	7	145.3	7	--	0.2	0.2	
Mo	mg/L	0	0	0.052	0.496	1	0.892	0.595	0.019	0.075	3	1	1	0	0.021	0.133	0.282	0.392	0.014	0.009	0.071	--	-	-	
Na	mg/L	21	19	24	6	14.34	13	15	12	8	11	10	16	26	20	20	15	2	31	40	33	-	200	-	
Nb	mg/L	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.018	0	0	0	0	0.003	0	0				
Ni	mg/L	3	2	1	1	2	1	2	2	2	2.21	1	1	0.524	0.496	1	1	2	3	0.752	1	-	0.2	0.2	
Pb	mg/L	0.019	0.288	0.687	2	0	0.162	3.2	0	0.01	0.024	0.039	0.297	0.245	0.134	2	0.958	3	3	0.018	2	0.2	0.05	0.05	
Sb	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0.016	0.121	0	0	0	0	0.039	0	0	0	0	0	0	-			
Sc	mg/L	0	0.046	0.078	0.014	0.013	0.01	0.083	0.001	0.006	0.003	0.012	0.075	0	0.007	0.074	0.06	0.089	0.062	0.006	0.13	-			
Se	mg/L	0	0.626	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.602	0.059	0	0	0.038	0	0.201	0.029	-	0.05	0.05	
Sn	mg/L	0.062	0	0	0	0	0	0	0.026	0.046	0	0	0	0	0.075	0	0	0	0	0	0				
Sr	mg/L	0.085	6	2.03	1	1	1	1	0.139	0.152	0.527	0.575	0.281	1	4	2	2	1.71	0.05	14	3				
Te	mg/L	0	0	0.978	0.53	0.577	0.996	0.819	0	0	0.22	0.193	0.573	0	0	0.409	0.427	0.404	0	0	0.205				
Ti	mg/L	0.008	0.004	0.018	0.098	0.071	0.102	0.14	0.009	0.031	0.104	0.137	0.04	0.005	0.008	0.034	0.048	0.022	0.025	0.007	0.019				
Tl	mg/L	0.063	0	0	0	0	0.092	0.246	0	0	0	0.135	0.201	0	0	0.046	0.206	0.133	1.39	0	0.128				
V	mg/L	0	0	0.855	0.445	0.226	0.512	0.734	0	0	0	0.111	0.461	0	0	0.732	0.862	0.396	2	0	1				
Zn	mg/L	4	232	194	86	8	11	193.18	3	7	6	6	35	121.23	141.64	76	191.4	249.48	788.5	176.5	102.2	1.5	2	24	

Nota:

(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D.S. N° 002-2008-MINAM.

  excede el LMP o el ECA por <10  
  excede el LMP o el ECA por >10  
  excede el LMP o el ECA por > 100

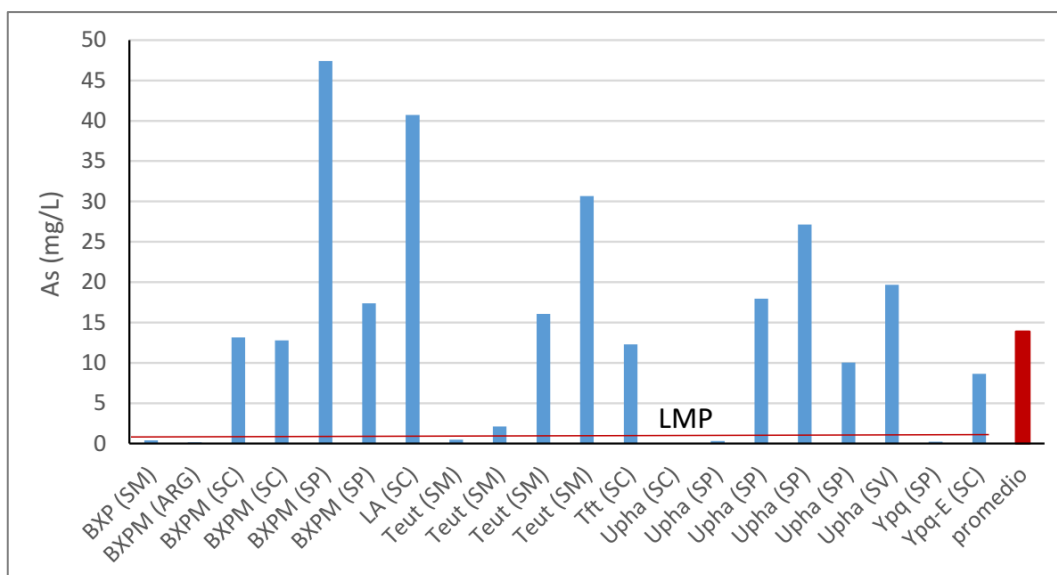
Fuente: MYSRL

Los metales de interés ambiental y que se encuentran más de 100 veces por encima de los valores de referencia son As, Fe, Cu y Mn. Cd y Zn exceden en más de 10 veces, pero menor a 100 veces los límites. Pb se encuentra excediendo los límites en un grado menor a diez veces (Tabla 3.2.2.3-57). Estos metales, excepto Mn están asociados a fases sulfuros.

En los gráficos de comparación con el LMP (Gráfico 3.2.2.3-89, Comparación de los Valores de As del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3 90, Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-91, Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA Yanacocha Verde, Gráfico 3.2.2.3-92, Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde y Gráfico 3.2.2.3 93, Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde) se puede observar la lixiviación de cada muestra, esta concuerda con lo obtenido en los ensayos de celdas húmedas y SPLP para estos metales. Para el As la mayor lixiviación la exhibe la muestra 50233 y en celdas húmedas no muestra una mayor lixiviación luego de la segunda semana, así mismo es la muestra que lixivia en mayor cantidad de las muestras más ácida. En HCT esta lixiviación ocurre en las primeras semanas lo que indica que se encuentra en una fase muy lábil a estas condiciones.

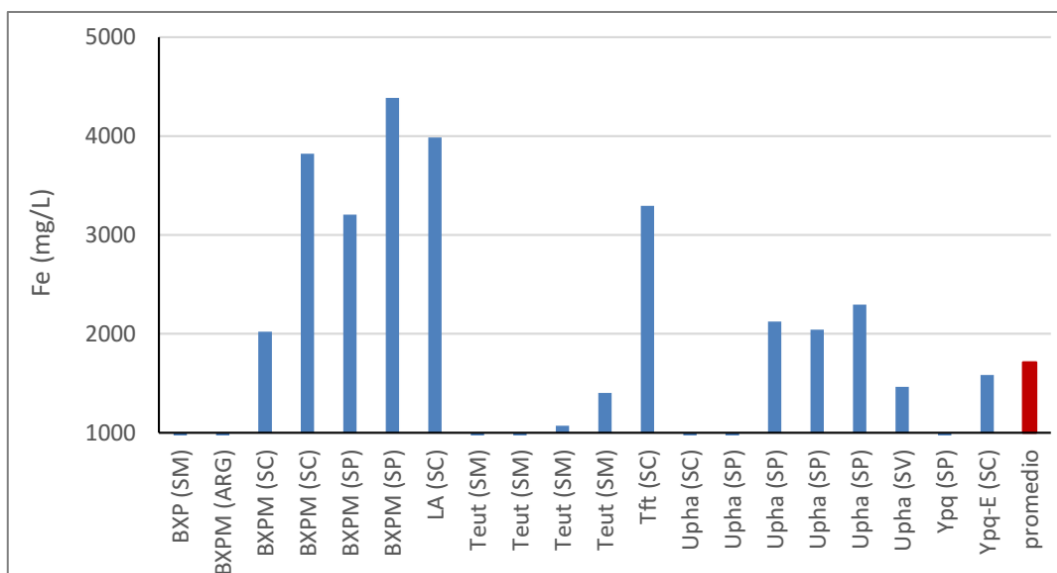
El Fe lixivia en mayor concentración en las muestras que presentaron mayor potencial de generar acidez en HCT. Así mismo, el Zn y el Cd correlacionan bien y presentan el mismo comportamiento que en HCT, lixivando en mayor cantidad de la muestra 50246, posiblemente el sulfuro predominante en este compuesto sea esferalerita. El Pb también está presente en una fase sulfuro, correlacionando con Zn y Cd pero además, lixivia de las muestras que presentan mayor potencial de generación ácida. Se puede asociar a galena.

**Gráfico 3.2.2.3-89 Comparación de los Valores de As del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



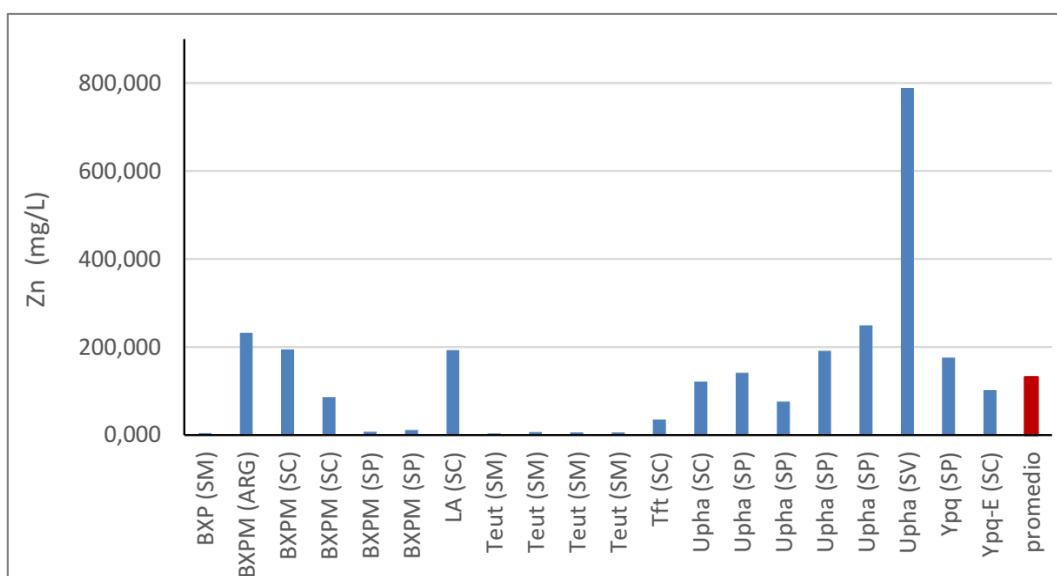
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-90 Comparación de los Valores de Fe del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**



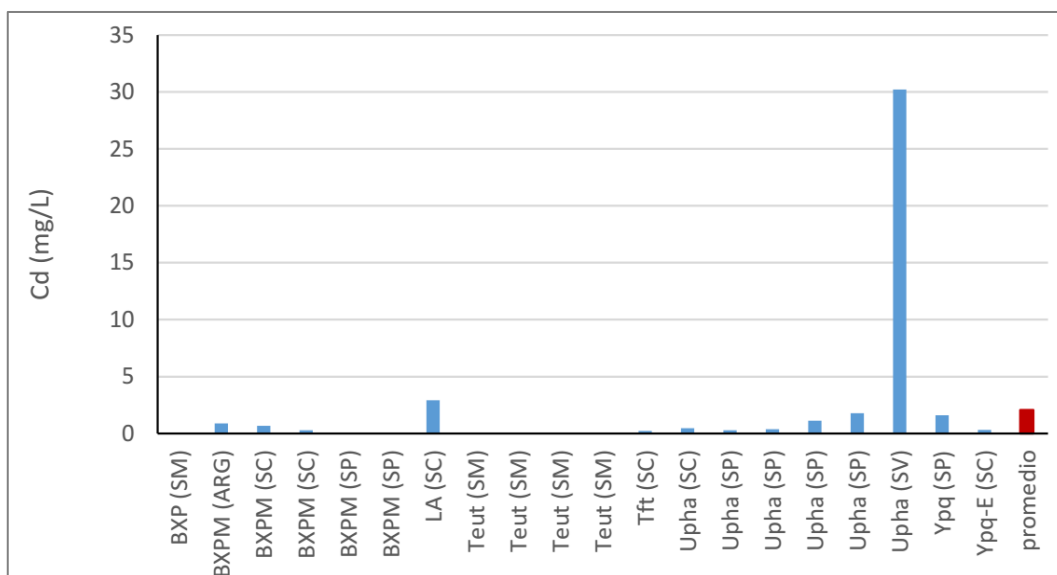
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-91 Comparación de los Valores de Zn del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-Yanacocha Verde**

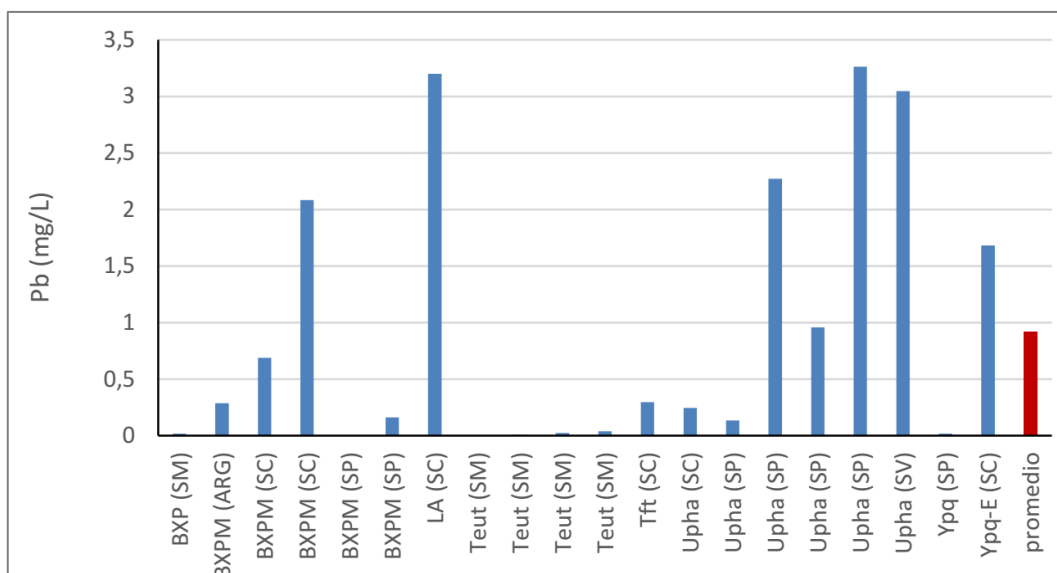


Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-92**  
**Yanacocha Verde****Comparación de los Valores de Cd del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-93**  
**Yanacocha Verde****Comparación de los Valores de Pb del Lixiviado de BAPP con los LMP y ECA-**

Fuente: MYSRL.

Columnas Expuestas a la Intemperie (WRC)

La mineralogía de los 17 compósitos usados para el ensayo de columnas expuestas a la intemperie se muestra en la Tabla 3.2.2.3-61, *Mineralogía de los Compósitos-WRC-Yanacocha Verde* y la guía mineralógica en la Tabla 3.2.2.3-62, *Guía Mineralogía*.

Tabla 3.2.2.3-61 Mineralogía de los Compósitos-WRC-Yanacocha Verde

N°	Codigo Met	Identificación de muestra	QTZ	PY	ALU	RUT	PYRO	DIA	MUS	GAL	S	KAO	KSPAR	GOE	SVAN	PLAG	Otros
1	13022	YS Sur LA SM HA	79	17	2	<1				<1	<1						
2	13024	YS Sur Teut SM HA	65	33		1				<1							
3	13028	YS Sur Teut SM HA	86	11		<1	<1			<1	1						
4	13029	YS Cent Ypq AA-Pyr A	70	3	2		6	1	12			5					
5	13030	YS Cent YpqBX AA-Pyr HA	78	7	3	1	8	2									enar<1
6	13031	YS Cent Yp AA-Pyr HA	56	6	2	1	7	4	23								
7	13032	YS Cent Teut SMA	94	3	1	1	1										
8	13033	YS Cent Ypq AA-Pyr A	69	4	2				24								sph<1
9	13034	YS Cent Ypq AA-Pyr A	66	4	2		13	3	12								
10	13035	YS Oeste YpqB* AA-Pyr HA	58	7	3	1	15	14							2		
11	13036	YS Oeste Yp2 AA-Pyr A HCT-02	66	4	3	1	4	12	8					2			
12	13037	YS Oeste Yp2 AA-Pyr HA	55	6	4	1	13	12	7			2					
13	13038	YS Oeste Yp2 AA-Pyr HA	62	5	3	1	12	13						2	2		
14	13041	YS Sur Teut AA-AJn HA	85	12		<1				<1	2						
15	13042	YS Norte Yp ARG1	36						10				15			39	amph<1
16	13044	YS Cent Teut SM I HCT-03	99			1	<1										
17	13046	YS Cent Ypq ARG A	57	3					19				21				

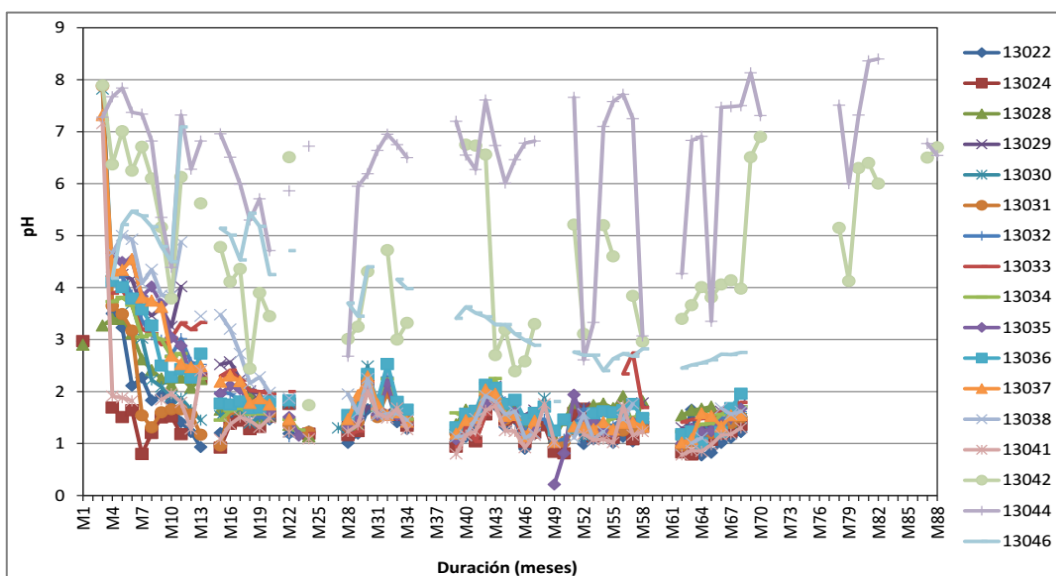
Fuente: MYSLR

Tabla 3.2.2.3-62 Guía Mineralogía

Mineral	Fórmula	Mineral	Fórmula
Cuarzo (QTZ)	SiO <sub>2</sub>	Kaolinita (KAO)	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>
Pirita (PY)	FeS <sub>2</sub>	Feldespato de K (KSPAR)	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Alunita (ALU)	KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>	Enargenita (ENAR)	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub>
Rutilo (RUT)	TiO <sub>2</sub>	Esfalerita (SPH)	ZnS
Pirofilita (PYRO)	AlSi <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH)	Esvanbergita (SVAN)	SrAl <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )(SO <sub>4</sub> )(OH) <sub>6</sub>
Diáspora (DIA)	AlO(OH)	Goetita (GOE)	FeO(OH)
Muscovita/Sericita (MUS)	KAl <sub>2</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(OH) <sub>2</sub>	Plagioclasa (PLAG)	(Na,Ca)(Si,Al)AlSi <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
Galena (GAL)	PbS	Anfibolita (AMPH)	NaCa <sub>2</sub> (Fe,Mg,Al) <sub>5</sub> (Si,Al) <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>8</sub>
Azufre (S)	S		

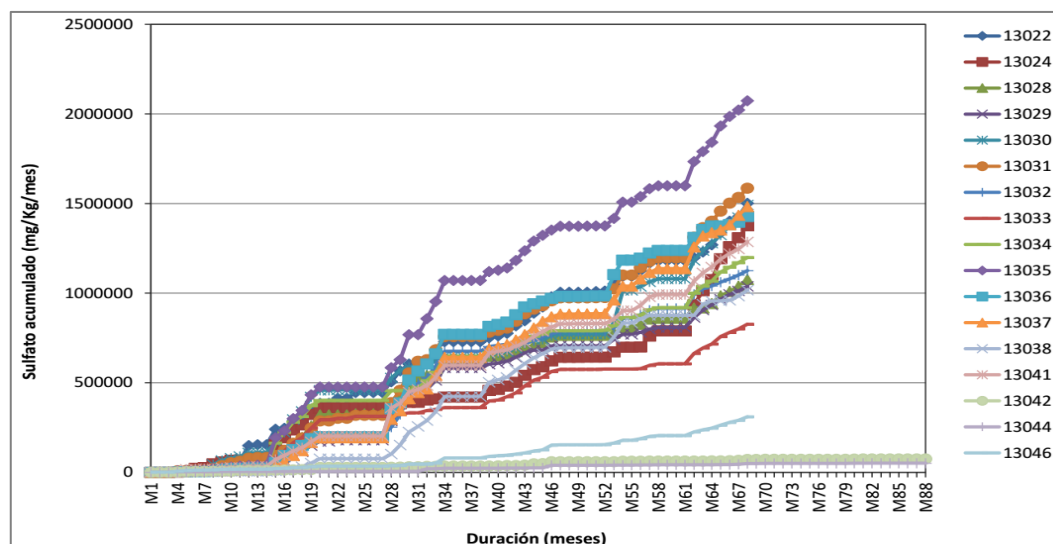
El pH en la mayoría de las muestras disminuye abruptamente hasta el mes 22 (Gráfico 3.2.2.3-94, *Evolución del pH en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*), luego disminuye en forma lineal y menos abrupta hasta valores muy ácidos. La muestra 13046 presenta esta misma tendencia, pero su pH es menos ácido. La muestra de menor pH a lo largo del tiempo del ensayo es la 13035. Las muestras 13044 y 13042, presentan pH alcalino y disminuyen hasta el mes 22, para posteriormente aumentar hasta hacerse nuevamente alcalino.

El comportamiento del pH en estas muestras es en pulsos desde valores alcalinos hasta fluctuaciones bruscas a pH ácidos y nuevamente alcalinos, lo que indica que hay pulsos de acidificación seguidos por suficiente disolución de minerales con potencial para neutralizar y alcalinizar la solución lixivante. La razón para que estos dos compósitos presenten valores de pH más alto que el resto de los compósitos es que no presentan pirita en su composición mineralógica, la muestra 13046 presenta un pH intermedio entre estas dos muestras alcalinas y las restantes, por presentar poco porcentaje de pirita (Tabla 3.2.2.3-61, *Mineralogía de los Compósitos-WRC-Yanacocha Verde*).

**Gráfico 3.2.2.3-94 Evolución del pH en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

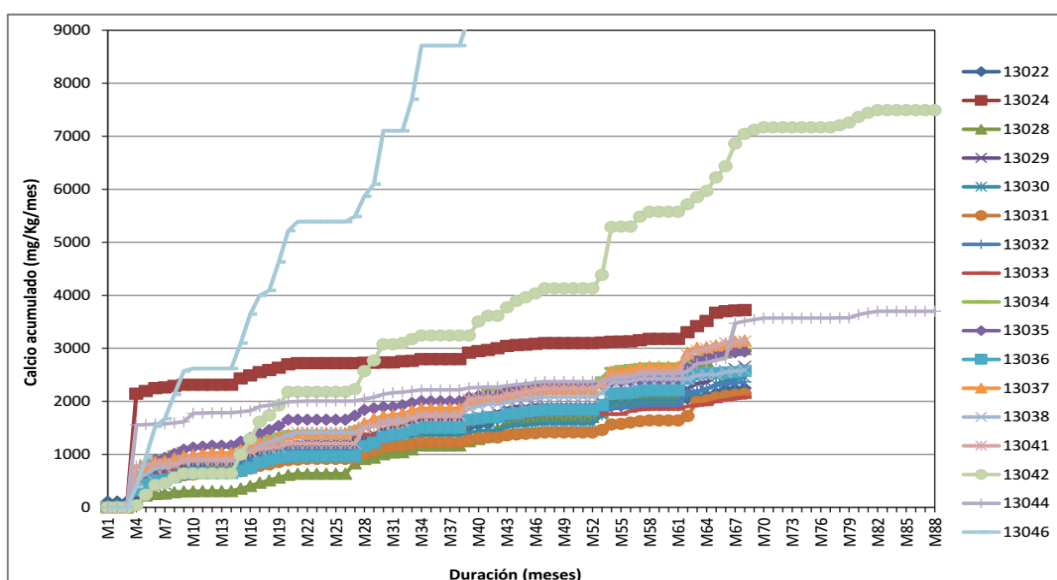
Fuente: MYSRL.

El Gráfico 3.2.2.3-95, *Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde*, muestra la liberación de sulfato con el tiempo, el comportamiento de la mayoría de las muestras es lineal indicando una tasa de oxidación de sulfuros constante que no disminuye durante el tiempo que duró el ensayo. Por otra parte, la muestra 13035 muestra la mayor tasa de liberación de sulfato. Todas las muestras presentan un incremento brusco desde el mes 27 y otro más significativo en el mes 61 lo que indica que la oxidación de sulfuros se incrementa. Las muestras de mayor pH, 13042, 13044 y 13046, son las que presentan una muy baja o casi nula tasa de liberación de sulfato. Este resultado confirma que el sulfato liberado es consecuencia de la oxidación de sulfuros, ya que estas dos muestras no presentan pirita en el análisis mineralógico y por consiguiente no hay liberación de sulfatos.

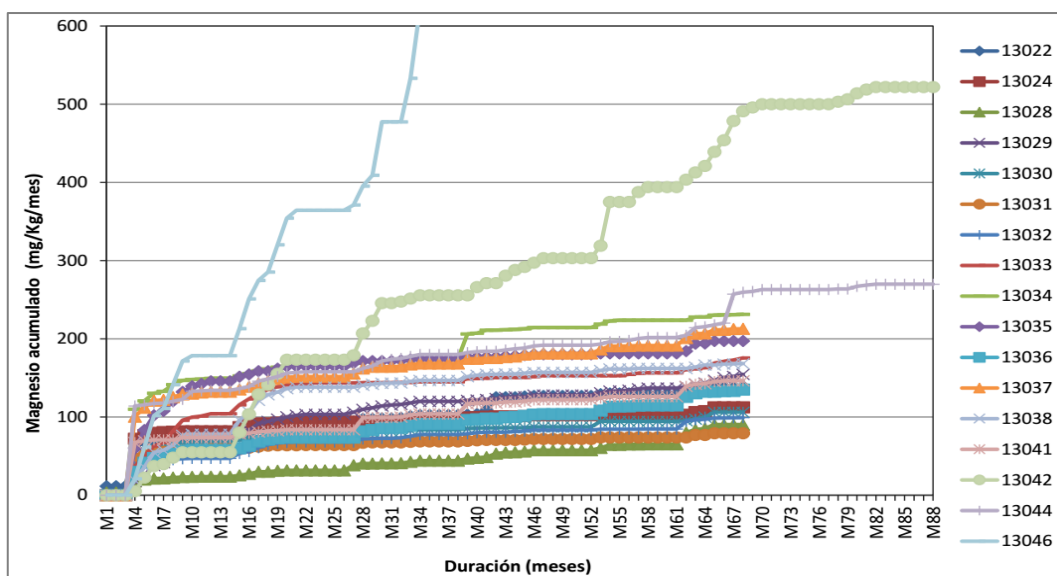
**Gráfico 3.2.2.3-95 Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

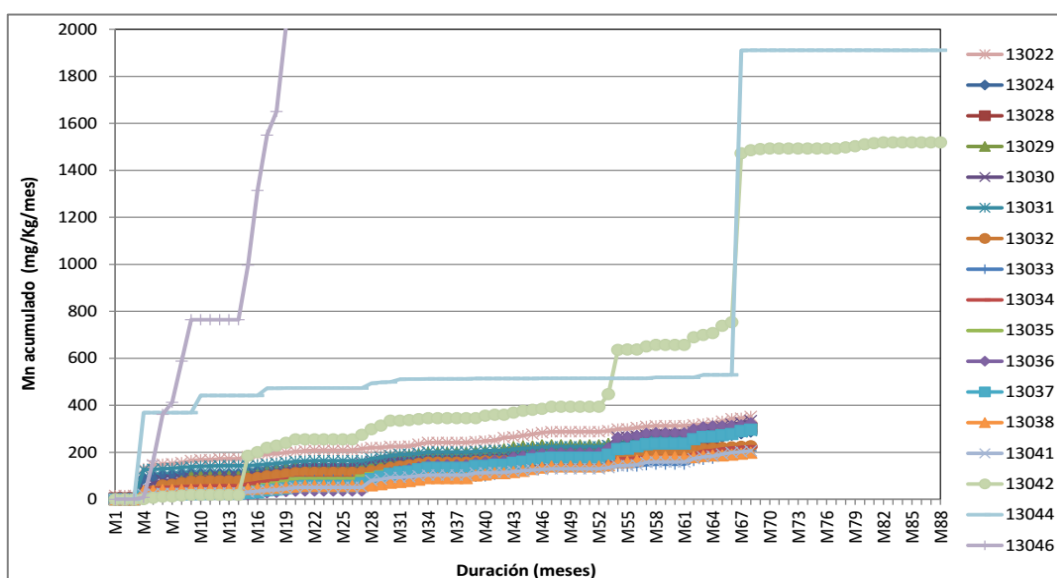
Los gráficos para Ca, Mg y Mn presentan una tasa de liberación muy grande para las muestras 13042, 13044 y 13046 (Gráfico 3.2.2.3-96, *Calcio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-97, *Magnesio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-98, *Manganeso Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde*). Este comportamiento es constante hasta el mes 67, luego para la muestra 13042 cae a valores muy bajos, haciéndose casi cero. Ca y Mg correlacionan para las tres muestras lo que indica una misma fuente, posiblemente plagioclasa y anfibolita. Para el resto de las muestras se presenta una liberación constante de Ca y Mg.

**Gráfico 3.2.2.3-96 Calcio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-97 Magnesio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-98 Manganese Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde**

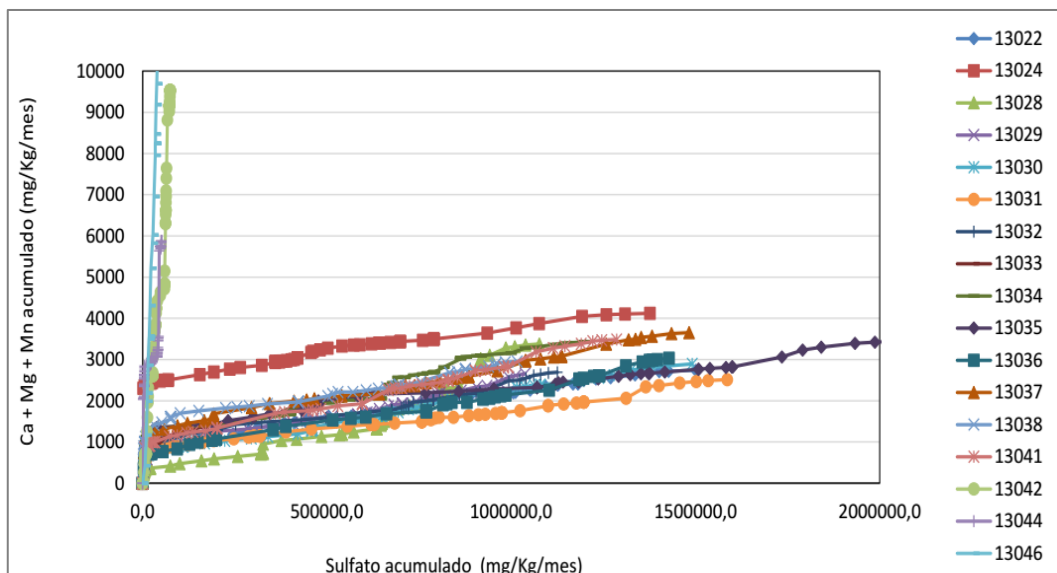
Fuente: MYSRL.

Por otro lado, la muestra 13046 posee la mayor tasa de liberación de Mn y no disminuye durante el ensayo. El resto de las muestras presentan altas tasas de liberación hasta el mes 4 y luego disminuye hasta casi hacerse cero. Las muestras 13044 y 13042 muestran este comportamiento, sin embargo, hasta el mes 52 en la cual presentan un aumento abrupto de liberación para luego hacerse casi cero.

La liberación de los metales Ca, Mg y Mn en los compósitos 13042, 13044 y 13046 se debe a la disolución de minerales como plagioclasa y anfibolita y no a la oxidación de sulfuros, ya que en ninguna de estas tres muestras hay una producción significativa de sulfatos. Entre estas tres muestras la que libera mayor cantidad de Ca, Mg y Mn es la 13046 posiblemente debido a que posee una alteración argilítica otorgándole a esta muestra una gran área superficial, lo que le aporta mayor susceptibilidad a la disolución y meteorización. La muestra 13042 libera mayor cantidad de estos metales que la 13044, este hecho seguramente se debe a que 39% de la muestra 13042 es plagioclasa y posee anfibolita, mientras que la muestra 13044 es prácticamente puro cuarzo (99%).

El gráfico sulfatos vs. Ca+Mg+Mn confirma el comportamiento observado en los gráficos anteriores (Gráfico 3.2.2.3-99, Calcio+Magnesio+Manganeso Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde), para las muestras 13042, 13044 y 13046 se presenta una línea vertical debido a que en estas muestras no se genera sulfato, pero sí Ca, Mg y Mn en una gran proporción. Para el resto de los compósitos se presenta una tendencia lineal debido a que los sulfatos generados se deben a la oxidación de sulfuros y el Ca, Mg y Mn liberados son producto de la acidez que generó la oxidación de los sulfuros, la proporción de sulfatos es mayor a la suma de Ca, Mg y Mn lo que es coincidente con el pH ácido de estas muestras.

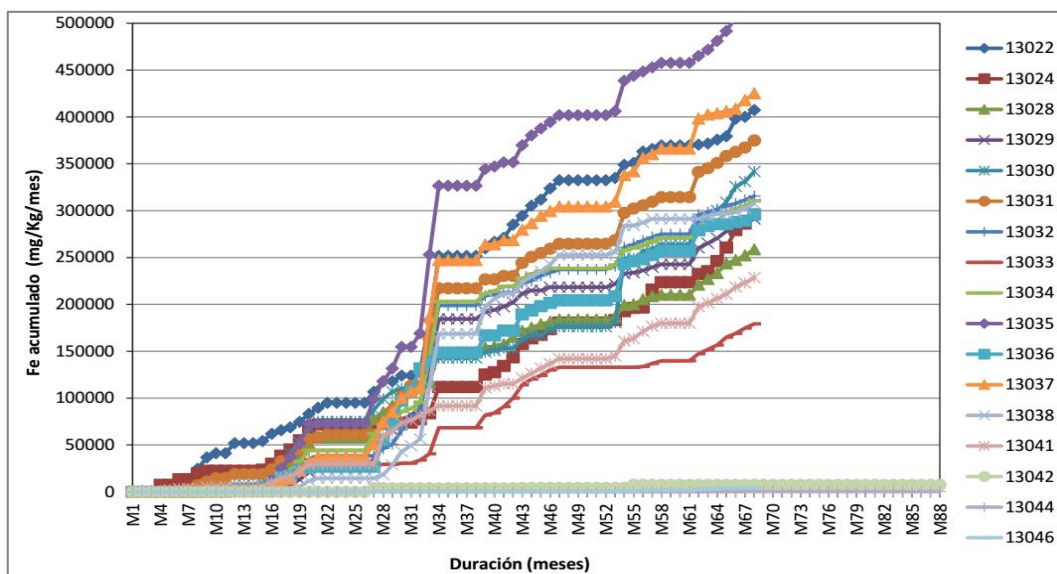
**Gráfico 3.2.2.3-99 Calcio+Magnesio+Manganeso Acumulado vs. Sulfato Acumulado en la Prueba WRC -Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

Con respecto a la liberación de los metales de interés ambiental, el Fe correlaciona con el sulfato ya que se observa una alta tasa de liberación de este metal para casi todas las muestras, excepto tres, a partir del mes 23, lo que coincide con una tasa de liberación mayor de sulfato (Gráfico 3.2.2.3-100, *Hierro Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*). La muestra con mayor generación de Fe en el tiempo es la 13035, la cual también presentó los valores más bajos de pH. Por el contrario, las muestras más alcalinas, la 13046, 13044 y 13042 son las que presentan una tasa de liberación menor para el Fe, disminuyendo hacia valores cercanos a cero. Esto indica que el Fe que se está originando precipita producto del aumento de pH. Las otras muestras no evidencian disminución en la liberación de este metal con el tiempo, lo que indica que sigue produciéndose oxidación de sulfuros y acidificación de medio.

**Gráfico 3.2.2.3-100 Hierro Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**



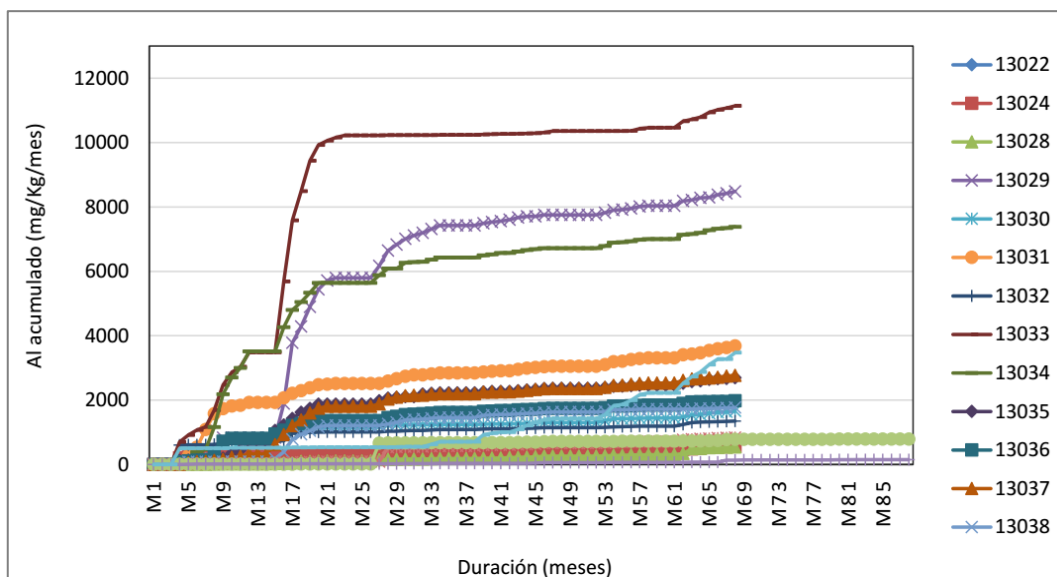
Fuente: MYSRL.

Todos los otros metales, Al, Hg, Cd (Gráfico 3.2.2.3-101, *Aluminio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*, Gráfico 3.2.2.3-102, *Mercurio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde* y Gráfico 3.2.2.3-103, *Cadmio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*), tienen una alta tasa de liberación hasta el mes 17, luego de esto disminuye hasta valores cercanos a cero. El As, por otro lado, correlaciona con el Fe y su tasa de liberación se hace casi cero para las muestras con bajo sulfuros



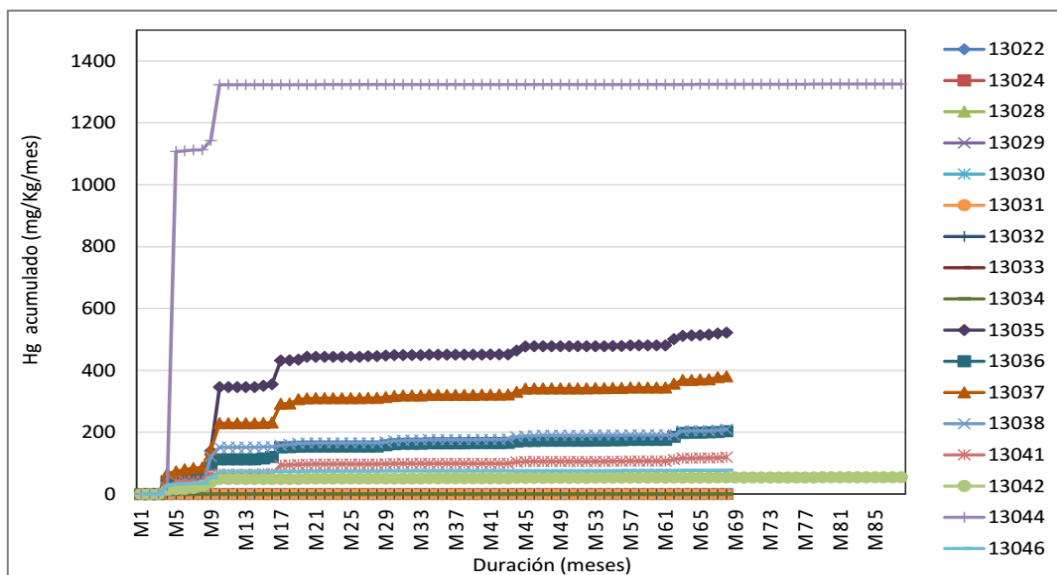
(Gráfico 3.2.2.3-104, *Arsénico Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde*). El Hg se presenta en mayor contenido en la muestra 13044, lixiviando todo antes de los 10 meses. La muestra 13033 es la que lixivia el mayor contenido de Al y lo hace antes de los 21 meses. La muestra 13030 presenta una tasa de liberación alta a partir de los 38 meses, y su velocidad es constante lo que indica que no se agota el metal durante el tiempo del ensayo. Los menores valores de liberación para Al los tiene la muestra 13044, ya que es alcalina y produce la precipitación de metales disminuyendo su concentración en el lixiviado.

**Gráfico 3.2.2.3-101 Aluminio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

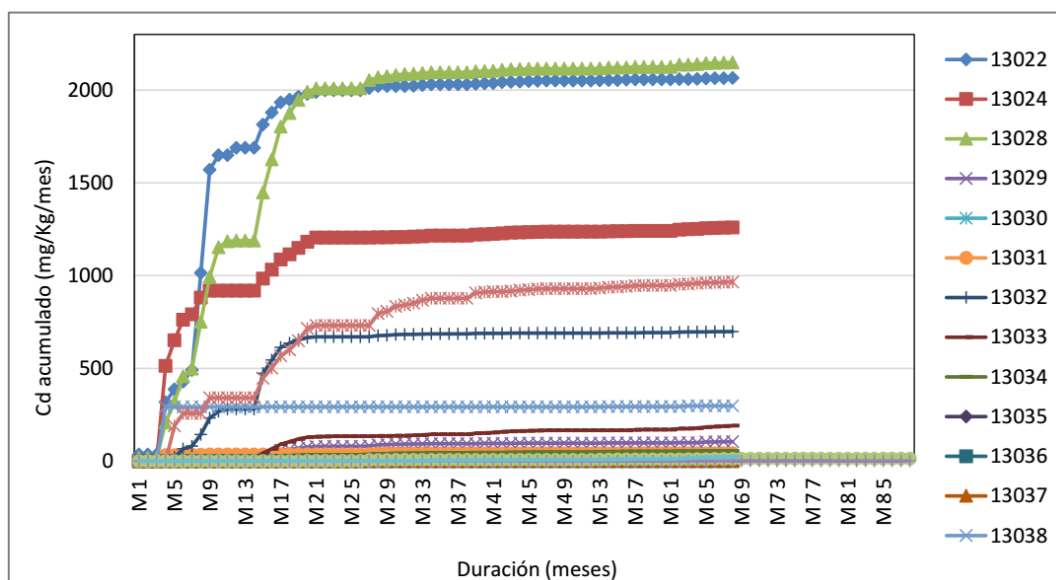


Fuente: MYSRL.

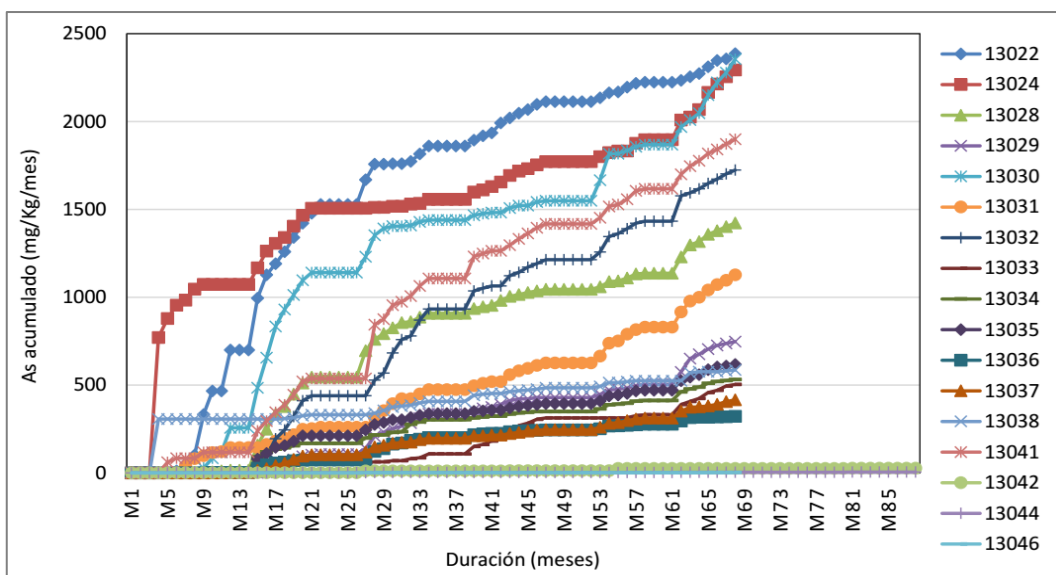
**Gráfico 3.2.2.3-102 Mercurio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-103 Cadmio Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-104 Arsénico Acumulado en la Prueba WRC-Yanacocha Verde**

Fuente: MYSRL.

El Ni y el Pb están asociados a los sulfuros ya que solo las muestras más alcalinas (13042 y 130244) los lixivian por debajo de los valores de referencia, para todas las otras muestras presentan valores por encima de LMP o ECA, este comportamiento se puede observar en la Tabla 3.2.2.3-63, *Parámetros para cada Compósitos - WRC-Yanacocha Verde*, donde se presentan los valores promedios lixiviados mensualmente para cada compósito comparado con los valores de Límites máximos permisibles (LMP) y los valores de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para (ECA) agua. El Zn también presenta valores por encima del límite para todos los compósitos.

Tabla 3.2.2.3-63 Parámetros para cada Compósitos - WRC-Yanacocha Verde

Analito(1)	Unidad	13022	13024	13028	13029	13030	13031	13032	13033	13034	13035	13036	13037	13038	13041	13042	13044	13046	LMP(2)	ECA(4) Categoría 3	
																				Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	12.3	18.2	4.0	2.6	4.2	5.1	2.5	2.4	3.4	9.6	3.0	5.8	4.7	1.9	0.9	16.3	1.3	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.11	-	0.05	0.05
Al	mg/L	11.3	7.0	5.9	94.7	22.3	55.6	12.1	111.3	127.8	46.0	26.5	36.2	25.2	10.9	23.5	1.7	41.2	-	5	5
As	mg/L	44.24	28.05	15.52	10.31	38.77	16.23	18.52	10.06	6.69	5.91	3.96	5.06	10.22	29.36	0.54	0.06	0.06	0.1	0.05	0.1
B	mg/L	0.45	1.58	1.74	1.05	1.76	0.83	0.94	0.93	1.04	1.66	1.07	0.90	0.83	1.06	2.66	2.69	2.60	-	0.5-6	5
Ba	mg/L	0.106	0.099	0.041	0.052	0.078	0.068	0.047	0.053	0.052	0.072	0.071	0.075	0.070	0.069	0.029	0.086	0.022	-	0.7	-
Be	mg/L	0.0005	0.0002	0.0003	0.0043	0.0004	0.0006	0.0003	0.0022	0.0016	0.0012	0.0005	0.0005	0.0011	0.0003	0.0027	0.0018	0.0691	-	-	0.1
Bi	mg/L	0.36	0.25	0.06	0.11	0.93	0.08	0.03	0.11	0.04	0.05	0.10	0.58	0.09	0.30	0.01	0.01	0.04	-	-	-
Ca	mg/L	43.9	40.6	31.5	32.4	32.5	26.4	25.3	31.0	36.1	29.7	31.8	35.6	47.9	43.8	95.0	32.9	311.2	-	200	-
Cd	mg/L	25.55	13.98	31.41	1.09	0.13	0.27	10.13	2.52	0.76	0.04	0.02	0.07	5.00	16.51	0.26	0.02	0.31	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	5.70	7.08	8.00	0.66	0.83	1.69	1.09	1.40	1.27	0.80	0.84	0.85	4.43	1.31	0.11	0.02	0.67	--	0.05	1
Cr	mg/L	2.2	1.1	9.7	0.6	1.8	0.2	2.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.2	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Cu	mg/L	102.9	33.9	27.7	231.2	66.0	140.8	43.5	26.9	91.4	477.7	123.3	269.0	165.2	70.7	12.0	1.0	34.4	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	7351.3	5726.4	2472.3	4183.7	5415.2	5198.3	3215.1	4102.7	3783.5	5287.8	3344.5	4909.2	5547.6	3443.8	173.7	3.2	55.8	2 (3)	1	1
Ga	mg/L	0.52	0.47	0.20	0.38	0.47	0.91	0.19	0.34	0.76	0.41	0.38	0.47	0.41	0.29	0.03	0.02	0.00	-	-	-
K	mg/L	2.67	2.18	1.88	10.99	2.42	3.82	2.89	11.76	7.17	2.38	4.01	2.58	2.10	2.57	11.50	6.04	18.23	-	-	-
Li	mg/L	0.20	0.02	0.05	0.02	0.08	0.01	0.03	0.05	0.05	0.03	0.01	0.02	0.06	0.01	0.03	0.05	0.03	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	2.68	1.18	1.35	1.94	1.14	0.65	0.98	2.04	2.38	2.28	1.76	2.19	3.33	1.76	6.36	2.38	25.38	-	150	150
Mn	mg/L	5.97	3.84	3.20	4.05	4.20	2.70	2.53	3.06	2.46	3.16	3.72	3.50	3.73	2.87	16.51	16.97	705.00	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.226	0.021	0.077	0.500	0.162	0.159	0.037	0.039	0.289	0.797	0.034	0.019	0.017	0.146	0.014	0.061	0.005	--	-	-
Na	mg/L	7.939	9.265	8.740	7.418	8.603	5.629	5.888	6.802	6.305	8.074	6.909	8.020	7.990	9.640	13.671	7.298	7.804	-	200	-
Nb	mg/L	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.010	0.006	0.002	-	-	-
Ni	mg/L	2.503	2.577	2.287	0.375	0.478	0.619	0.533	0.663	0.635	0.444	0.558	0.535	1.472	1.263	0.107	0.013	0.249	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	2.065	1.843	1.706	1.217	1.227	1.533	2.113	1.719	1.432	0.650	0.294	0.555	0.624	1.862	0.086	0.024	0.249	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	1.399	0.088	0.007	0.000	0.028	0.006	0.002	0.013	0.000	0.002	0.0	0.0	0.001	0.015	0.019	0.020	0.002	-	-	-
Sc	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.077	0.022	0.083	0.003	0.058	0.128	0.143	0.037	0.061	0.035	0.007	0.014	0.000	0.010	-	-	-
Se	mg/L	0.048	0.024	0.053	0.022	0.035	0.007	0.017	0.029	0.028	0.035	0.019	0.028	0.023	0.017	0.035	0.021	0.314	-	0.05	0.05
Sn	mg/L	0.050	0.031	0.015	0.012	0.031	0.016	0.028	0.013	0.011	0.025	0.018	0.019	0.020	0.036	0.023	0.013	0.017	-	-	-
Sr	mg/L	0.039	0.042	0.031	0.133	0.164	0.128	0.055	0.056	0.181	0.244	0.163	0.170	0.221	0.121	1.470	0.154	0.660	-	-	-
Te	mg/L	2.62	1.63	1.05	1.31	1.19	1.51	0.75	1.17	1.24	1.54	1.03	0.96	1.36	1.88	0.07	0.03	0.03	-	-	-
Ti	mg/L	0.201	0.134	0.046	0.019	0.039	0.018	0.037	0.053	0.032	0.029	0.031	0.035	0.060	0.138	0.009	0.004	0.006	-	-	-
Ta	mg/L	1.542	6.254	1.692	0.025	0.018	0.054	0.126	1.271	0.022	0.050	0.015	0.030	0.188	6.702	0.055	0.018	0.217	-	-	-
V	mg/L	0.631	0.362	0.200	0.579	0.536	0.634	0.184	0.260	0.615	0.462	0.489	1.042	0.374	0.289	0.039	0.004	0.006	-	-	-
W	mg/L	0.0075	0.000	0.0034	0.0070	0.0036	0.0021	0.0019	0.0044	0.0039	0.0397	0.0050	0.0095	0.0088	0.0000	0.0176	0.0387	0.0090	-	-	-
Zn	mg/L	33.11	39.87	12.82	73.53	2.37	5.54	13.46	106.71	73.03	6.53	2.26	3.15	6.57	27.23	13.64	2.42	62.70	1.5	2	24

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. D. S. N° 002-2008-MINAM.

  excede el LMP o el ECA por <10  
  excede el LMP o el EAC por >10  
  excede el LMP o el EAC por >100

Fuente : MYSRL

Como resumen de la Tabla 3.2.2.3-63, *Parámetros para cada Compósitos - WRC-Yanacocha Verde*, se presentan los valores máximos, mínimos y promedio para cada metal y otros parámetros fisicoquímicos comparados con los LMP y ECA (Tabla 3.2.2.3-64, *Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - WRC-Yanacocha Verde*). Se puede observar que los metales As, Cd, Cu, Fe y Mn tienen valores promedios en estas muestras que exceden en más de 100 veces los valores de referencia. Otros como Zn y Co los exceden en más de diez veces. Por otro lado, Hg, Al, Ni y Sn los exceden en menos de 10 veces. Estos resultados llevan a considerar que estas muestras son potencialmente generadoras de metales tóxicos al ambiente si no se disponen y tratan de forma adecuada ya que contienen gran cantidad de minerales sulfuros los cuales son susceptibles a la oxidación en las condiciones ambientales de la mina.

**Tabla 3.2.2.3-64 Máximos, Mínimos y Promedios para Metales - WRC-Yanacocha Verde**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Hg	mg/L	0.1	1.90E-05	0.0058	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.9	0.0001	0.04	-	0.05	0.05
Al	mg/L	352.9	0.6331	38.77	-	5	5
As	mg/L	107.7	0.2983	14.33	0.1	0.05	0.1
B	mg/L	36.4	0.0006	1.40	-	0.5-6	5
Ba	mg/L	0.3	0.004	0.06	-	0.7	-
Be	mg/L	0.1	0.001	0.01	-	-	0.1
Bi	mg/L	1.4	0.001	0.18	-	-	-
Ca	mg/L	249.9	3.5137	54.57	-	200	-
Cd	mg/L	59.6	0.0355	6.36	0.05	0.005	0.01
Co	mg/L	46.5	0.1381	2.16	--	0.05	1
Cr	mg/L	34.0	0.0125	1.24	-	-	-
Cu	mg/L	727.9	6.0310	112.80	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	25466.2	44.2193	3777.30	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Ga	mg/L	2.2	0.0002	0.37			
K	mg/L	47.4	0.1301	5.60	-	-	-
Li	mg/L	1.0	0.0001	0.04	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	20.4	0.0493	3.52	-	150	150
Mn	mg/L	202.4	0.5541	46.32	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	1.3	0.002	0.15	--	-	-
Na	mg/L	92.0	0.1303	8.00	-	200	-
Nb	mg/L	0.019	0.001	0.0014			
Ni	mg/L	14.6	0.0791	0.90	-	0.2	0.2
Pb	mg/L	2.9	0.1211	1.13	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	1.4	0.001	0.09	-	-	-
Sc	mg/L	0.7	0.002	0.04			
Se	mg/L	0.7	0.004	0.04	-	0.05	0.05
Sn	mg/L	0.2	0.005	0.02	-	-	-
Sr	mg/L	1.1	0.0144	0.24	-	-	-
Te	mg/L	8.8	0.0277	1.14			
Ti	mg/L	0.4	0.0004	0.05	-	-	-
Ta	mg/L	6.3	0.0342	1.08	-	-	-
V	mg/L	1.7	0.0033	0.39	-	-	-

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
W	mg/L	0.2	0	0.01			
Zn	mg/L	134.7	1.7518	28.52	1.5	2	24
pH		5.50	1.12	2.39	6 - 9		
Conductividad eléctrica	μS/cm	180.9	0.4	26.6	-	< 2000	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	20000	575	3992	-	300	500
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM. <div> <div></div> <div>excede el LMP o el ECA por &lt;10</div> </div> <div> <div></div> <div>excede el LMP o el EAC por &gt;10</div> </div> <div> <div></div> <div>excede el LMP o el EAC por &gt; 100</div> </div> <b>Fuente:</b> MYSRL.							

En la Tabla 3.2.2.3-65, *Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - WRC-Yanacocha Verde*, se presentan la tasa de liberación de sulfatos y de Ca y Mg los cuales reflejan la velocidad de oxidación con respecto a la velocidad de neutralización. La muestra 13035 es la que posee mayor tasa de oxidación y aunque la tasa de liberación Ca y Mg es alta, sobre todo en la muestra 13046, esta no es suficiente para neutralizar todo el ácido producido. El carbonato se agota aproximadamente a los 61-62 meses mientras que el sulfato se sigue liberando linealmente.

Tabla 3.2.2.3-65 Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las Muestras Compósitos Evaluadas - WRC-Yanacocha Verde

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Desmonte																	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		13022	13024	13028	13029	13030	13031	13032	13033	13034	13035	13036	13037	13038	13041	13042	13044	13046		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH	-	0.8-3.5	0.8-3	1.1-3.4	1.1-4.3	1-7.8	1-7.9	1.1-4.2	0.9-4	1.2-3.8	0.2-4.7	1-4.7	1-7.3	1-5	0.8-7.2	1.7-7.9	2.6-8.4	1.8-7.1	6 - 9	-	
Conduc. eléctrica	μS/cm	0.8-108	0.4-114	0.7-29.1	0.8-36.7	0.1-131	0.1-59	0.017-43	0.02-114	0.016-60	1.2-71.5	0.6-46	0.3-46.8	0.3-47.9	1.4-135	0.0102-15	0.016-197	0.0032-1821	-	< 2000	-
SO <sub>4</sub> liberado promedio	mg/Kg/ mes	21126	26070	12624	13134	24025	23401	26215	11521	15973	27947	20963	24614	20370	19166	776	590	6419	-	-	-
meses en Rango lineal de SO <sub>4</sub>	-	34-68	38-68	38-68	38-68	34-68	34-68	34-68	61-68	39-68	28-68	34-68	34-68	34-68	28-68	34-68	34-68	35-68	-	-	-
Ca liberado promedio	mg/Kg/ mes	38	72	106	74	55	29	31	33	25	49	39	32	23	43	26	10	354	-	-	-
meses en Rango lineal de Ca	-	64-68	62-68	61-68	64-68	64-68	64-68	64-68	64-68	64-68	62-68	61-68	64-68	64-68	62-68	67-88	67-88	9-68	-	-	-
Mg liberado promedio	mg/Kg/ mes	1.31	1.66	2.99	2.58	1.98	0.87	1.59	2.72	0.83	2.27	2.23	2.70	1.02	2.31	4.99	0.57	26.64	-	-	-
meses en Rango lineal de Mg	-	61-68	61-68	61-68	61-68	61-68	61-68	61-68	61-68	39-68	61-68	61-68	61-68	16-68	61-68	54-88	67-88	3-68	-	-	-

**Nota:**  
 (1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.  
 Fuente: MYSRL



**Desmante y Mineral Proveniente del Tajo Carachugo Marleny Norte SP-1/San José Norte**

Los resultados de la caracterización geoquímica del mineral y desmante del Tajo Carachugo Marleny Norte, conocido también como Carachugo SP1/San José Norte fueron presentados y aprobados en la Cuarta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este (SYE-4), aprobada el 2014 por la DGAAM del Minem (RD N° 413-2014-MEM/DAAM).

Considerando que el nuevo Tajo Carachugo Marleny Norte cubre el área no explotada que ha sido previamente aprobada para el Tajo Carachugo SP1, se han incluido también los resultados de la caracterización geoquímica de este tajo. De acuerdo con el plan de minado aprobado en el SYE-4, el mineral proveniente del tajo Carachugo SP1/San José (Marleny San José) es procesado en la Pila de Lixiviación Carachugo 10D y el desmante es dispuesto en el depósito de desmante Relleno (Backfill) del tajo Carachugo. Cabe señalar que la ampliación de la capacidad del depósito de desmante en el tajo (Backfill) Carachugo fue aprobado en la Primera Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Carachugo - Suplementario Yanacocha Este, aprobado mediante RD N° 250-2009-AAM/MEM del 17 de agosto del 2009 hasta un total de 186.17 Mt de desmante adicionales, ocupando un área de 156.83 ha.

La caracterización geoquímica aprobada en el SYE-4 incluye ensayos de NCV a partir de muestras que fueron tomadas en 9 taladros perforados, los cuales cubren el área del depósito tanto en extensión como en profundidad. Para desmante se realizaron 193 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 50 ensayos. Adicionalmente, se realizaron seis (6) pruebas SPLP, cuatro de las cuales corresponde a minera y dos a desmante.

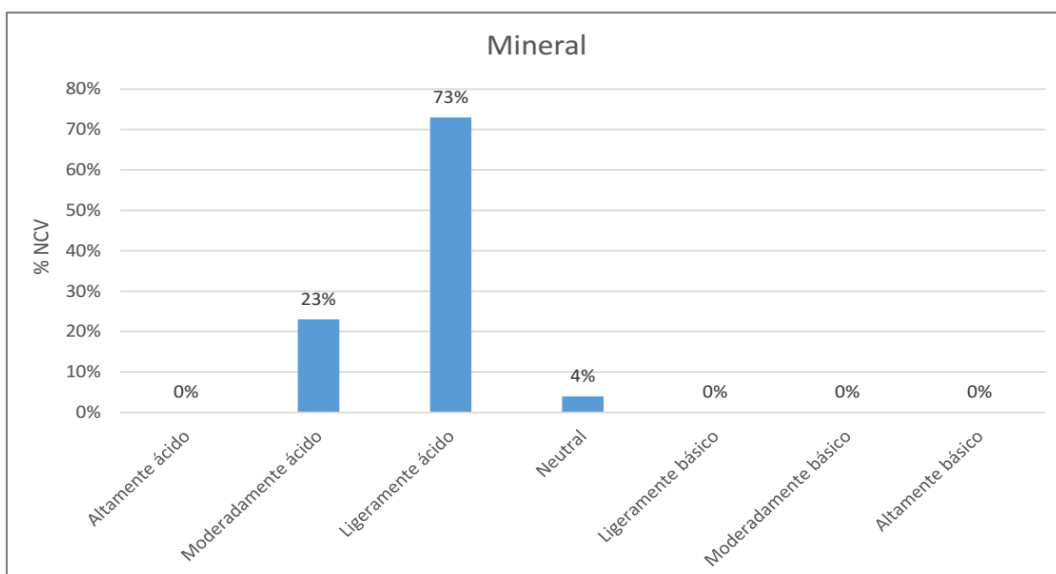
Valor de Carbonato Neto*Mineral*

De acuerdo con la clasificación de NCV para el mineral, los resultados indicaron que éste es "ligeramente ácido" en un 74% de las muestras, un 23% de las muestras indicaron que el mineral es "moderadamente ácido" y un 4% indicó que el mineral es "Neutral". Esto se observa en histograma de la Gráfico 3.2.2.3-105, *Histograma de Clasificación NCV – Mineral Carachugo Marleny Norte*. En la Tabla 3.2.2.3-66, *Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV*, se muestra los taladros y el intervalo desde donde se extrajeron muestras.

Tabla 3.2.2.3-66 Taladros e Intervalos Usados para la Determinación NCV

#	Taladro	Este	Norte	Elevación	Td	de	hasta	Tipo NCV	Alteración
1	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	34	37.4	Ligeramente ácido	SA
2	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	85.4	90	Ligeramente ácido	SM
3	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	10	19.9	Ligeramente ácido	
4	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	30	40	Moderadamente ácido	
5	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	60	70.4	Moderadamente ácido	
6	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	80.15	90	Moderadamente ácido	
7	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	100	110	Ligeramente ácido	
8	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	120.4	130	Moderadamente ácido	
9	MLY-033	776207	9226201	3964	231.1	130	140	Moderadamente ácido	
10	MLY-036	776300	9226100	4000	196.1	12	16	Neutral	SA
11	MLY-049	776151	9226043	3983	100.5	42	47.35	Ligeramente ácido	SM
12	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	6	10	Ligeramente ácido	SP
13	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	67.2	70.3	Ligeramente ácido	SM
14	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	126.6	130	Moderadamente ácido	SM
15	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	1.1	10	Ligeramente ácido	
16	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	20	30	Moderadamente ácido	
17	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	40	50	Moderadamente ácido	
18	MLY-051	776100	9226154	3951	130.8	70.25	80	Moderadamente ácido	
19	MLY-052	776151	9226290	3939	120.4	24	28	Ligeramente ácido	SA
20	MLY-058	776150	9226200	3959	150	0	9.5	Moderadamente ácido	SA
21	MLY-058	776150	9226200	3959	150	9.5	20	Ligeramente ácido	SA
22	MLY-058	776150	9226200	3959	150	20	30	Moderadamente ácido	SA
23	MLY-058	776150	9226200	3959	150	30	39	Ligeramente ácido	SA
24	MLY-058	776150	9226200	3959	150	39	50	Ligeramente ácido	SP
25	MLY-058	776150	9226200	3959	150	50	60	Ligeramente ácido	SP
26	MLY-058	776150	9226200	3959	150	60	69.6	Moderadamente ácido	SP
27	MLY-060	776176	9226308	3945	130.1	6.3	12	Ligeramente ácido	SA
28	MLY-060	776176	9226308	3945	130.1	12	20.4	Ligeramente ácido	SA
29	MLY-060	776176	9226308	3945	130.1	20.4	30	Ligeramente ácido	SA
30	MLY-061	776293	9226307	3980	130	0	10	Ligeramente ácido	COB
31	MLY-061	776293	9226307	3980	130	10	20	Ligeramente ácido	COB
32	MLY-061	776293	9226307	3980	130	15.8	20	Ligeramente ácido	SA
33	MLY-062	776103	9226214	3939	100	0	10.15	Ligeramente ácido	SA
34	MLY-062	776103	9226214	3939	100	10.15	20	Ligeramente ácido	SA
35	MLY-062	776103	9226214	3939	100	20	30	Ligeramente ácido	SA
36	MLY-062	776103	9226214	3939	100	30	40	Ligeramente ácido	SA
37	MLY-063	776062	9226153	3941	90	0	10	Ligeramente ácido	SA
38	MLY-063	776062	9226153	3941	90	10	20	Ligeramente ácido	SA
39	MLY-063	776062	9226153	3941	90	20	30	Ligeramente ácido	SA
40	MLY-063	776062	9226153	3941	90	30	40	Ligeramente ácido	SA
41	MLY-063	776062	9226153	3941	90	40	50	Ligeramente ácido	SA
42	MLY-063	776062	9226153	3941	90	50	60	Ligeramente ácido	1 SA
43	MLY-063	776062	9226153	3941	90	60	70	Ligeramente ácido	SA
44	MLY-064	776318	9226243	3987	100	0	10	Ligeramente ácido	COB
45	MLY-064	776318	9226243	3987	100	10	20	Ligeramente ácido	COB
46	MLY-064	776318	9226243	3987	100	18	22	Ligeramente ácido	SA
47	MLY-064	776318	9226243	3987	100	20	30	Ligeramente ácido	SA
48	MLY-064	776318	9226243	3987	100	30	40	Ligeramente ácido	SA
49	MLY-064	776318	9226243	3987	100	40	50	Ligeramente ácido	SA
50	MLY-066	776055	9226066	3957	105	0	10	Ligeramente ácido	SA
51	MLY-066	776055	9226066	3957	105	10	20	Ligeramente ácido	SA
52	MLY-066	776055	9226066	3957	105	20	30	Ligeramente ácido	SA
53	MLY-066	776055	9226066	3957	105.6	30	40	Neutral	SA

Fuente: MYSLR

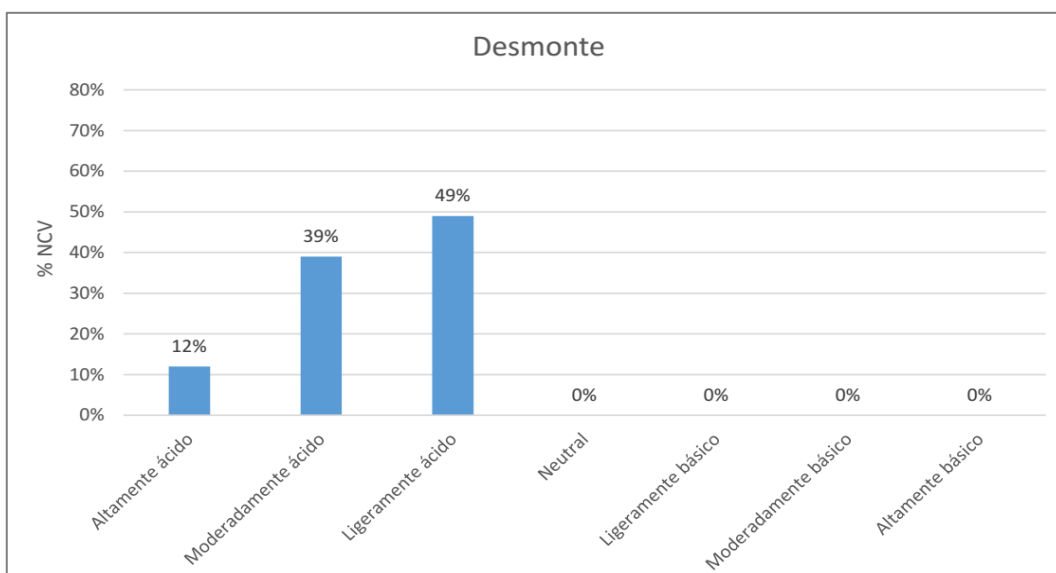
**Gráfico 3.2.2.3-105      Histograma de Clasificación NCV – Mineral Carachugo Marleny Norte**

Fuente: MYSRL.

**Desmonte**

En el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorandums*, se adjunta el Memo de Caracterización Geoquímica del mineral y desmonte del Tajo Carachugo SP1/San José Norte, en el cual se detallan los puntos de las perforaciones y las coordenadas de las muestras utilizadas para la caracterización del desmonte.

En total se evaluaron 302 muestras que de acuerdo con su contenido de Au son consideradas como desmonte (cutoff < 0.22 gAu/t). Los resultados indicaron que las muestras de desmonte en un 50% (150 muestras) tiene un comportamiento "ligeramente Ácido" y un 39% (117 muestras) indicó que es "moderadamente ácido". Solo un 12% (35 muestras) indicaron que el mineral es "altamente ácido". Esto se observa en el histograma de la Gráfico 3.2.2.3-106, *Histograma de Clasificación NCV – Desmonte Carachugo Marleny Norte*.

**Gráfico 3.2.2.3-106      Histograma de Clasificación NCV – Desmonte Carachugo Marleny Norte**

Fuente: MYSRL.

### Pruebas de Precipitación por Lixiviación Sintética

Se realizaron pruebas de SPLP para seis muestras provenientes del Tajo Carachugo Marleny Norte. Las muestras fueron identificadas como: MLY-036 (12-16), MLY-064 (18-22), MLY-033 (34-36), MLY-033 (85.4-90), MLY-049 (36.3-42), MLY-061(40-46). Las cuatro primeras muestras están descritas como mineral con alteración Sílice alunita y las dos últimas como desmonte con alteración Sílice Masiva y Sílice Alunita, respectivamente (Tabla 3.2.2.3-67, *Muestras Utilizadas en Pruebas SPLP – Carachugo Marleny Norte*).

**Tabla 3.2.2.3-67 Muestras Utilizadas en Pruebas SPLP – Carachugo Marleny Norte**

Código	Taladro	Desde	Hasta	Ley Promedio	Alteración	Tipo de material
MYL-036	MYL-036	12	16	0.62	SA	Mineral
MYL-064	MYL-064	18	22	0.31	SA	Mineral
MYL-033	MYL-033	34	36	0.44	SA	Mineral
		85.4	90	0.44	SA	Mineral
MYL-049	MYL-049	36.3	42	0.14	SM	Desmonte
MYL-061	MYL-061	40	46	0.12	SA	Desmonte
Fuente: MYSRL.						

Los resultados de la prueba SPLP muestran que los lixiviados presentan concentraciones de metales que no superan los niveles máximos fijados por la ECA y por los LMP aprobados mediante DS N° 010-2010-MINAM y, por ende, las muestras no presentan características de toxicidad por lixiviación (Tabla 3.2.2.3-68, *Resultados de Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte*).

Tabla 3.2.2.3-68 Resultados de Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral				Desmonte		LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		30986	30987	30988	30989	30990	30991		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	0.53	0.74	0.55	0.72	0.06	0.04	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	0.003	0.003	0.009	0.000	0.001	0.003	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.05	0.005	0.01
Cu	mg/L	0.010	0.004	0.014	0.004	0.001	0.001	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.03	0.02	0.01	0.03	0.04	0.04	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.00	0.001	0.01	0.00	0.00	0.00	--	-	-
Co	mg/L	0.01	0.00	0	0	0	0	--	0.05	1
Zn	mg/L	0.69	0.05	0.33	0.15	0.02	0.01	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.010	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	-	-	-
Al	mg/L	0.20	0.24	0.49	0.33	0.18	0.22	-	5	5
Ba	mg/L	0.04	0.12	0.03	0.02	0.05	0.05	-	0.7	-
Ca	mg/L	2.74	2.61	1.39	1.68	1.48	1.81	-	200	-
Mg	mg/L	0.37	0.27	0.36	0.34	0.28	0.35	-	150	150
Ni	mg/L	0.004	0.004	0.001	0.003	0.002	0.003	-	0.2	0.2
K	mg/L	1.36	1.65	1.17	1.58	1.07	0.90	-	-	-
Se	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-	0.05	0.05
Na	mg/L	1.74	1.39	3.78	1.48	2.73	6.02	-	200	-
Tl	mg/L	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	-	-	-
Hg	mg/L	0.0003	0	0.0009	0	0.0001	0	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	-	0.05	0.05
Sr	mg/L	0.064	0.091	0.0	0.075	0.031	0.024	-	-	-
pH final	--	4.28	4.72	4.42	5.34	6.17	6.36	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sulfatos	mg/L	28.1	28.1	25.5	27.5	24.6	31.4		300	500
SDT	mg/L	18	18	15	17	15	24	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	36.4	36.6	30.1	35	29.8	49.5	--	2000	5000

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4)


 excede el LMP o el ECA por <10


 excede el LMP o el EAC por >10

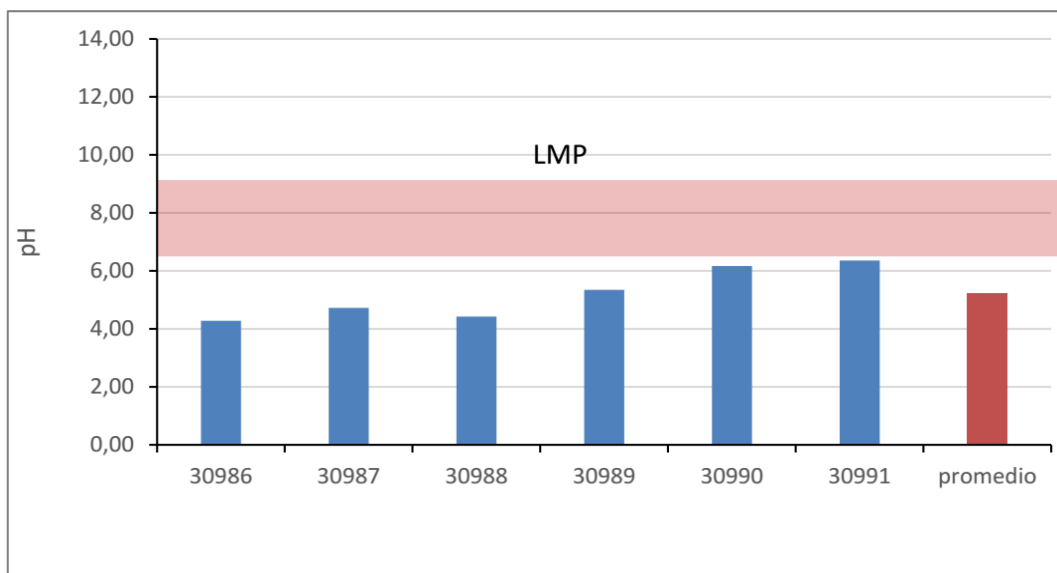

 excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

En general, se puede observar que, de las muestras de mineral, la 30988 y la 30986 son las que lixivian la mayor cantidad de metales, además poseen el pH más ácido lo que promueve la lixiviación (Gráfico 3.2.2.3-107, Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte, Gráfico 3.2.2.3-108, Comparación de los Valores de Arsénico del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte, Gráfico 3.2.2.3-109, Comparación de los Valores de Cobre del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte, Gráfico 3.2.2.3-110, Comparación de los Valores de Magnesio del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte y Gráfico 3.2.2.3-111, Comparación de los Valores de Zinc del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte). Las bajas concentraciones indican la ausencia de minerales susceptibles a la disolución en estas condiciones del ensayo. Sin embargo, como se mencionó los valores de concentración se encuentran muy por debajo del límite permisible (Gráfico 3.2.2.3-112, Comparación de los Valores de Hierro del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte). Así mismo, la muestra de desmonte que lixivian

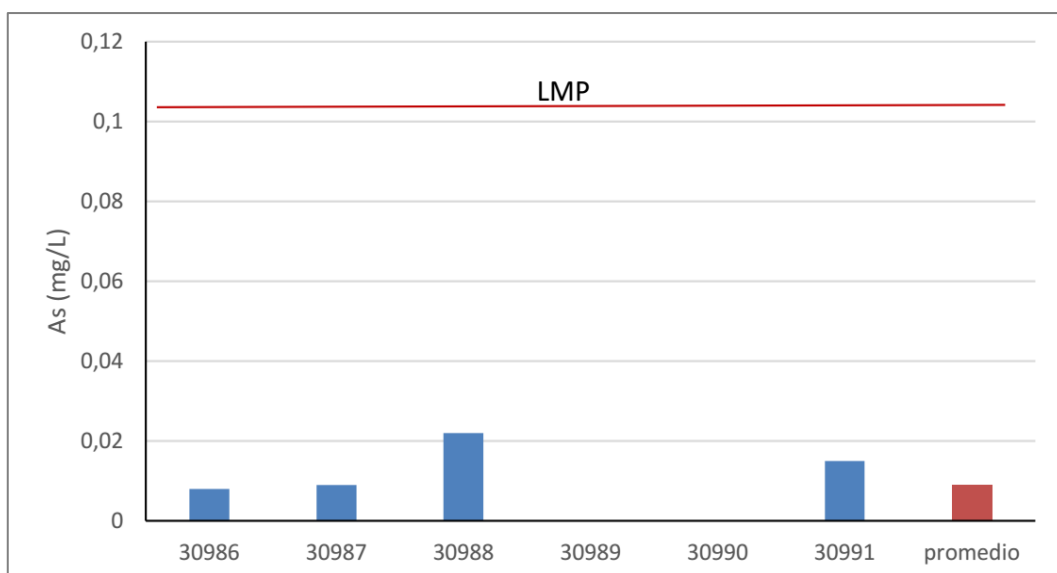
mayor cantidad de metales es la 30991 (Gráfico 3.2.2.3-113, *Comparación de los Valores de Manganeso del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte*). En general las muestras de mineral lixivian mayor concentración de metales en comparación a las de desmonte (Tabla 3.2.2.3-69, *Máximo, Mínimo y Promedio de la Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte*), lo que indica que los minerales que lixivian están asociados a la mineralización del oro, es decir a los sulfuros masivos.

**Gráfico 3.2.2.3-107 Comparación de los Valores de pH del Lixiviado de SPLP con los LMP–Carachugo Marleny Norte**



Fuente: MYSRL.

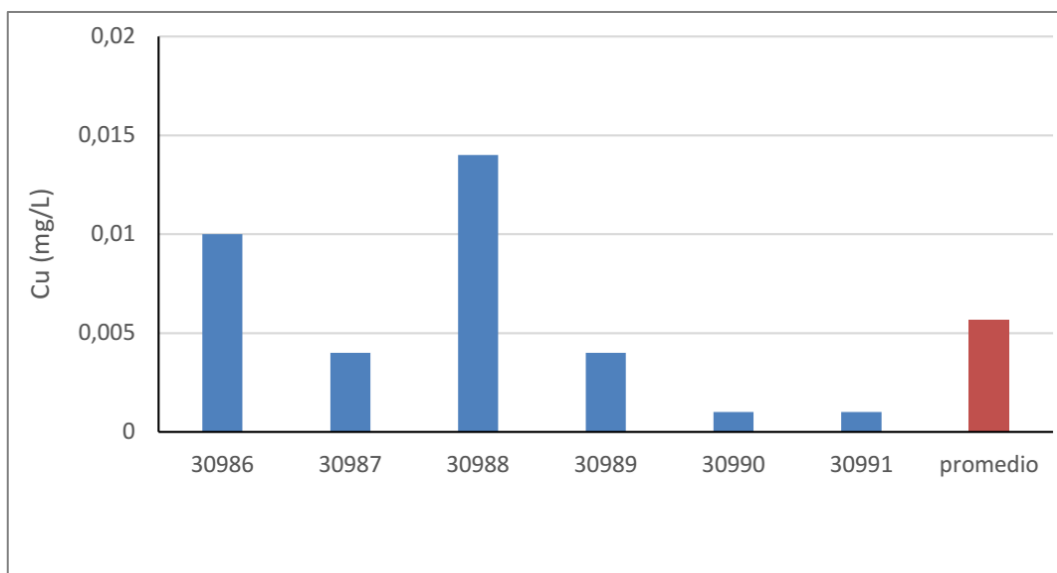
**Gráfico 3.2.2.3-108 Comparación de los Valores de Arsénico del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



Fuente: MYSRL.

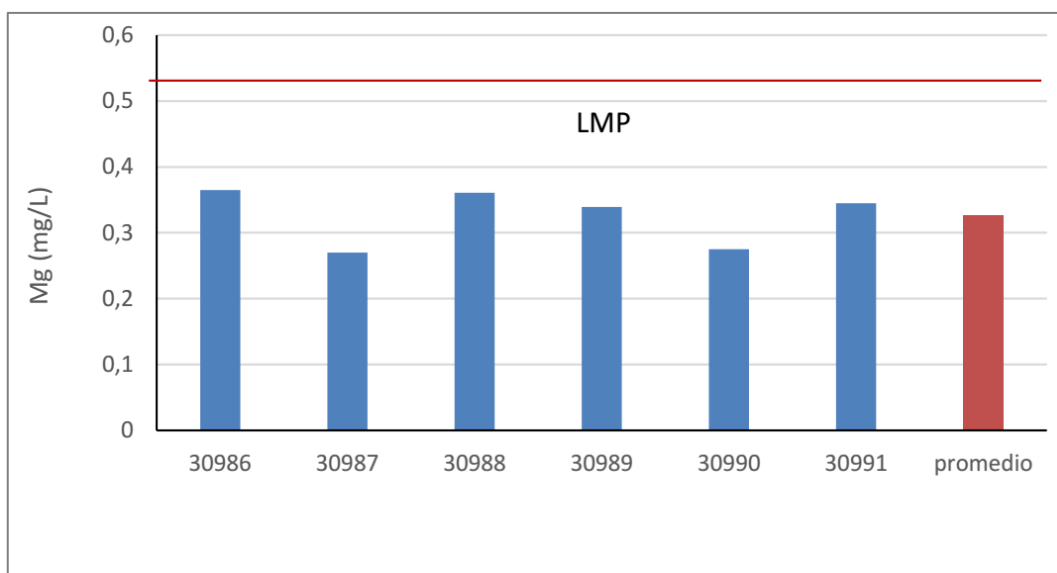


**Gráfico 3.2.2.3-109 Comparación de los Valores de Cobre del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



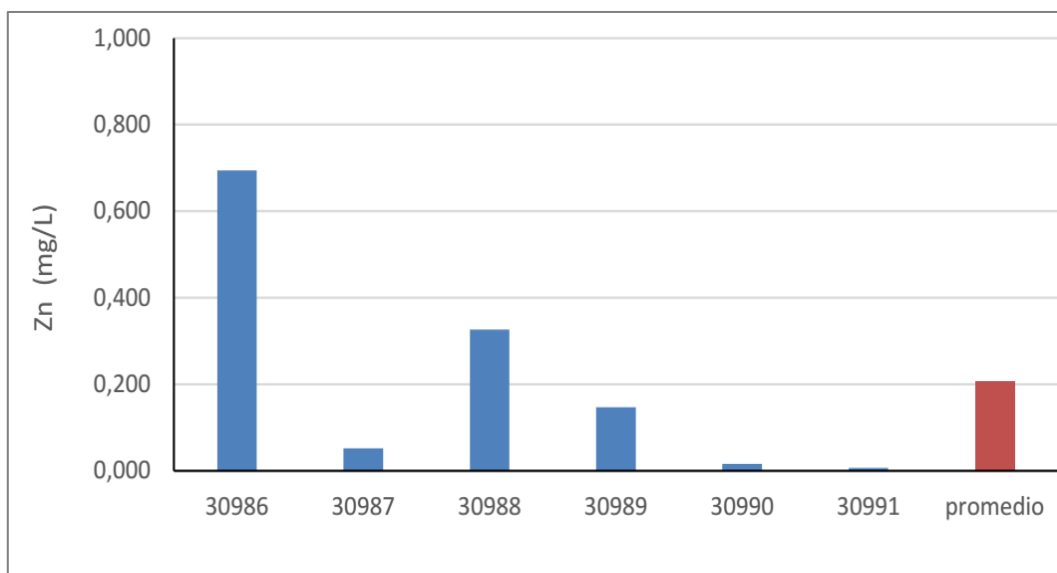
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-110 Comparación de los Valores de Magnesio del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



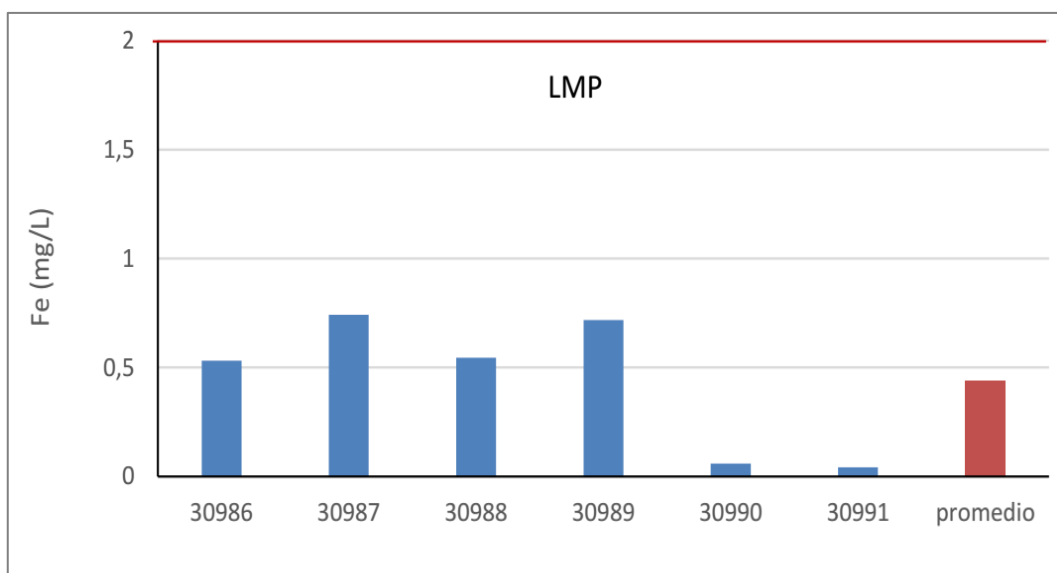
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-111 Comparación de los Valores de Zinc del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



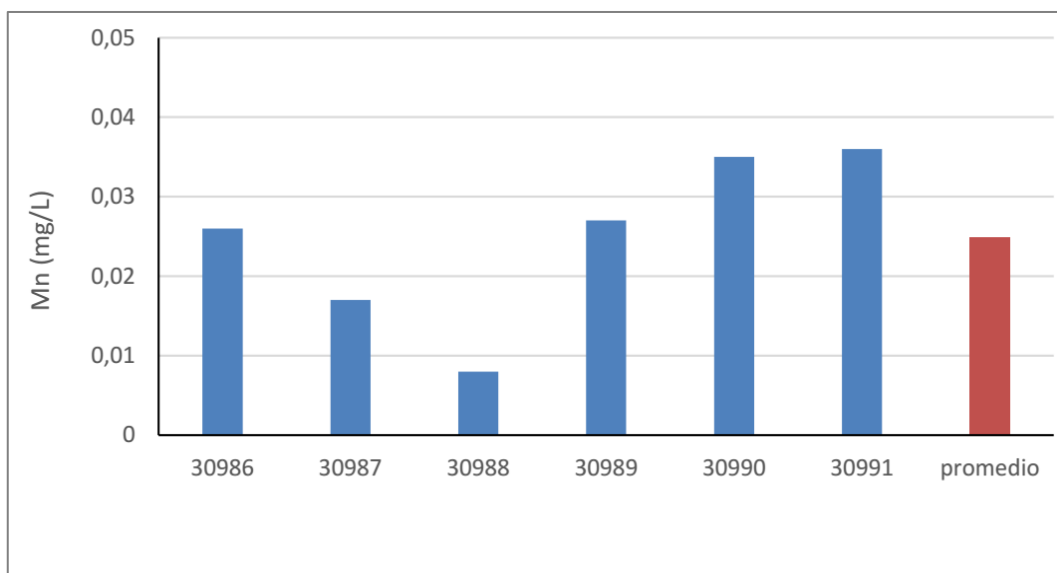
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-112 Comparación de los Valores de Hierro del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-113 Comparación de los Valores de Manganeso del Lixiviado de SPLP con los LMP – Carachugo Marleny Norte**



Fuente: MYSRL.

**Tabla 3.2.2.3-69 Máximo, Mínimo y Promedio de la Prueba SPLP – Carachugo Marleny Norte**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral			Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.022	0.000	0.010	0.015	0.000	0.008	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	0.742	0.532	0.634	0.059	0.043	0.051	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	0.009	0.000	0.004	0.003	0.001	0.002	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.05	0.005	0.01
Cu	mg/L	0.014	0.004	0.008	0.001	0.001	0.001	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.027	0.008	0.020	0.036	0.035	0.036	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.010	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	--	-	-
Co	mg/L	0.008	0.000	0.002	0.00	0.000	0.000	--	0.05	1
Zn	mg/L	0.694	0.052	0.305	0.016	0.007	0.012	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.010	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	-	-	-
Al	mg/L	0.488	0.198	0.313	0.220	0.183	0.202	-	5	5
Ba	mg/L	0.119	0.019	0.053	0.050	0.046	0.048	-	0.7	-
Ca	mg/L	2.736	1.390	2.103	1.810	1.477	1.644	-	200	-
Mg	mg/L	0.365	0.270	0.334	0.345	0.275	0.310	-	150	150
Ni	mg/L	0.004	0.001	0.003	0.003	0.002	0.003	-	0.2	0.2
K	mg/L	1.645	1.169	1.438	1.066	0.902	0.984	-	-	-
Se	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	-	0.05	0.05

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral			Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Na	mg/L	3.781	1.393	2.098	6.018	2.730	4.374	-	200	-
TI	mg/L	0.008	0.000	0.003	0.005	0.001	0.003	-	-	-
Hg	mg/L	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001
Ag	mg/L	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	-	0.05	0.05
Sr	mg/L	0.091	0.028	0.065	0.031	0.024	0.028	-	-	-
pH final	--	5.340	4.280	4.690	6.360	6.170	6.265	6 - 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sulfatos	mg/L	28.100	25.500	27.300	31.400	24.600	28.000		300	500
SDT	mg/L	18.000	15.000	17.000	24.000	15.000	19.500	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	36.600	30.100	34.525	49.500	29.800	39.650	--	2000	5000
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM. <div> <div></div> excede el LMP o el ECA por &lt;10  <div></div> excede el LMP o el EAC por &gt;10  <div></div> excede el LMP o el EAC por &gt; 100         </div> <b>Fuente:</b> MYSRL.										

### Mineral y Desmonte Tajo Carachugo Fase III

Los resultados de la caracterización geoquímica del mineral y desmonte del Tajo Carachugo Fase III fueron presentados y aprobados en la Cuarta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este (SYE-4), aprobada el 2014 por la DGAAM del MINEM (R.D. N° 413-2014-MEM/DAAM).

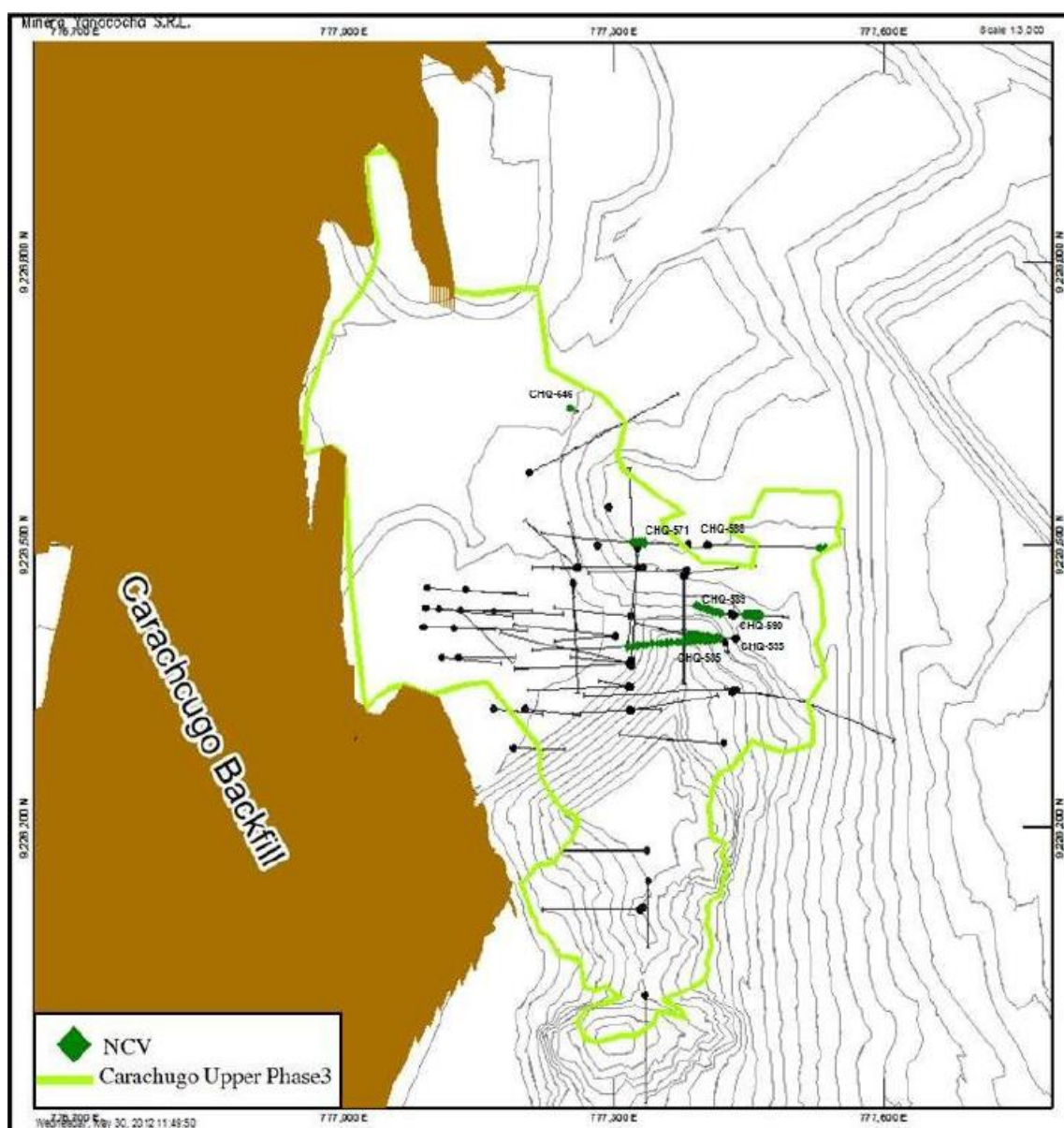
El mineral proveniente del tajo Carachugo Fase III es procesado en la Pila de Lixiviación Carachugo 10D y eventualmente también podría ser procesado en la pila de lixiviación Yanacocha. El material de desmonte es dispuesto en el depósito de desmonte relleno (backfill) del tajo Carachugo y en caso de ser necesario, también se podría disponer en el relleno (backfill) Maqui Maqui Norte, en forma selectiva de acuerdo con los procedimientos establecidos por Minera Yanacocha.

El área del depósito Carachugo Fase III forma parte del yacimiento Yanacocha, el cual se describe como un depósito epitermal de alta sulfuración formada por rocas de origen piroclástico en el cual ocurrió la alteración hidrotermal y múltiples eventos de mineralización. Las alteraciones hidrotermales más dominantes en la superficie y en la profundidad de la zona Carachugo Fase III es la sílice (sílice masiva, granular y vuggy). En la zona del depósito Carachugo Fase III suele producirse fracturas en forma diseminada que se refieren principalmente a las zonas de alteración de sílice vuggy y Masiva. Detalles sobre este tajo se presentan en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorandums*.

### Valor de Carbonato Neto

En el área del tajo Carachugo Fase III se han realizado 77 ensayos de NCV cuyas muestras fueron tomadas desde 8 taladros perforados, los cuales cubren el área del tajo (Figura 3.2.2.3-8 *Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico - Carachugo Fase III*). Las coordenadas de los taladros analizadas por NCV se muestran en la Tabla 3.2.2.3-70, *Coordenadas de los Taladros - Tajo Carachugo Fase III*.

Figura 3.2.2.3-8 Ubicación de Perforaciones de Muestreo Geoquímico – Carachugo Fase III



Fuente: MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-70 Coordenadas de los Taladros – Tajo Carachugo Fase III

Hole ID	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Profundidad total
	Este	Norte		
CHQ-571	777130.28	9226118.53	4,120.3	405.4
CHQ-585	777181.98	9226018.85	4,145.5	333.65
CHQ-588	777151.09	9226118.24	4,120.1	202.5
CHQ-589	777181.79	9226043.51	4,113.2	140
CHQ-590	777180.31	9226043.43	4,113.5	386.1
CHQ-595	777183.56	9226019.02	4,115.8	376.1
CHQ-694	777227.40	9226013.25	4,049.8	210
CHQ-695	777030.14	9226090.00	4,060.2	120

Fuente: MYSRL.

Para desmonte se realizaron 37 ensayos de NCV y para mineral se realizaron 40 ensayos. Los resultados de estos ensayos y los taladros de los cuales se tomaron las muestras se reportan en las Tablas 3.2.2.3-71, *Resultados de la Prueba NCV para Desmonte – Tajo Carachugo Fase III* y 3.2.2.3-72, *Resultados de la Prueba NCV para Mineral – Tajo Carachugo Fase III*. La mayoría de las muestras fueron clasificadas como neutrales, y solo tres de las muestras de desmonte fueron clasificadas como ligeramente ácidas.

**Tabla 3.2.2.3-71 Resultados de la Prueba NCV para Desmonte – Tajo Carachugo Fase III**

N°	Taladro	Desde	Hasta	Tipo de Material	C Total	C Res	S Total	S sulfuro	AGP	ANP	NCV	Clasificación
1	CHQ-571	112	120	DESMONTE	0.06	0.02	0.08	0.08	0	0.0734	0.0734	Neutral
2	CHQ-571	128	136	DESMONTE	0.04	0.02	0.06	0.05	-0.0137	0.0734	0.0597	Neutral
3	CHQ-571	136	143.7	DESMONTE	0.1	0.02	0.04	0.03	-0.0137	0.0734	0.0597	Neutral
4	CHQ-585	38	46	DESMONTE	0.031	0.02	0.741	0.16	-0.796	0.0734	-0.723	Ligeramente Acido
5	CHQ-585	46	54	DESMONTE	0.066	0.02	0.02	0.02	0	0.0734	0.0734	Neutral
6	CHQ-585	54	62	DESMONTE	0.033	0.02	0.119	0.1	-0.026	0.0734	0.0474	Neutral
7	CHQ-585	62	70	DESMONTE	0.029	0.02	0.02	0.02	0	0.0734	0.0734	Neutral
8	CHQ-585	70	78	DESMONTE	0.058	0.02	0.034	0.03	-0.0055	0.0734	0.0679	Neutral
9	CHQ-585	78	86	DESMONTE	0.062	0.02	0.113	0.11	-0.0041	0.0734	0.0693	Neutral
10	CHQ-585	86	94	DESMONTE	0.061	0.02	0.053	0.05	-0.0041	0.0734	0.0693	Neutral
11	CHQ-588	192	202.5	DESMONTE	0.063	0.02	0.078	0.047	-0.0425	0.0734	0.0309	Neutral
12	CHQ-589	48	56	DESMONTE	0.055	0.02	0.09	0.09	0	0.0734	0.0734	Neutral
13	CHQ-589	56	64	DESMONTE	0.064	0.02	0.155	0.15	-0.0069	0.0734	0.0666	Neutral
14	CHQ-589	64	72	DESMONTE	0.052	0.02	0.107	0.1	-0.0096	0.0734	0.0638	Neutral
15	CHQ-589	72	80	DESMONTE	0.044	0.02	0.061	0.06	-0.0014	0.0734	0.072	Neutral
16	CHQ-589	96	104	DESMONTE	0.067	0.02	0.097	0.07	-0.037	0.0734	0.0364	Neutral
17	CHQ-589	128	140	DESMONTE	0.077	0.02	0.109	0.1	-0.0123	0.0734	0.0611	Neutral
18	CHQ-595	70	78	DESMONTE	0.05	0.02	0.098	0.09	-0.011	0.0734	0.0624	Neutral
19	CHQ-595	78	86	DESMONTE	0.076	0.02	0.135	0.12	-0.0206	0.0734	0.0529	Neutral
20	CHQ-595	86	94	DESMONTE	0.044	0.02	0.123	0.1	-0.0315	0.0734	0.0419	Neutral
21	CHQ-595	94	101.8	DESMONTE	0.037	0.02	0.07	0.06	-0.0137	0.0734	0.0597	Neutral
22	CHQ-595	101.8	110	DESMONTE	0.034	0.02	0.063	0.03	-0.0452	0.0734	0.0282	Neutral



N°	Taladro	Desde	Hasta	Tipo de Material	C Total	C Res	S Total	S sulfuro	AGP	ANP	NCV	Clasificación
23	CHQ-595	110	118	DESMONTE	0.046	0.02	0.054	0.05	-0.0055	0.0734	0.0679	Neutral
24	CHQ-595	118	126.7	DESMONTE	0.038	0.02	0.104	0.1	-0.0055	0.0734	0.0679	Neutral
25	CHQ-595	126.7	134	DESMONTE	0.05	0.02	0.129	0.12	-0.0123	0.0734	0.0611	Neutral
26	CHQ-595	134	142	DESMONTE	0.041	0.02	0.07	0.05	-0.0274	0.0734	0.046	Neutral
27	CHQ-590	64	72	DESMONTE	0.036	0.02	0.55	0.24	-0.4247	0.0734	-0.351	Ligeramente Acido
28	CHQ-590	72	80	DESMONTE	0.085	0.02	0.124	0.12	-0.0055	0.0734	0.0679	Neutral
29	CHQ-590	80	88	DESMONTE	0.036	0.02	0.108	0.1	-0.011	0.0734	0.0624	Neutral
30	CHQ-590	88	96	DESMONTE	0.037	0.02	0.131	0.13	-0.0014	0.0734	0.072	Neutral
31	CHQ-590	96	104	DESMONTE	0.047	0.02	0.131	0.13	-0.0014	0.0734	0.072	Neutral
32	CHQ-590	136	144	DESMONTE	0.023	0.02	0.192	0.04	-0.2082	0.0734	-0.135	Ligeramente Acido
33	CHQ-595	54	62	DESMONTE	0.052	0.02	0.095	0.09	-0.0069	0.0734	0.0666	Neutral
34	CHQ-595	62	70	DESMONTE	0.043	0.02	0.129	0.12	-0.0123	0.0734	0.0611	Neutral
35	CHQ-595	142	150	DESMONTE	0.032	0.02	0.086	0.06	-0.0356	0.0734	0.0378	Neutral
36	CHQ-595	150	158	DESMONTE	0.04	0.02	0.14	0.14	0	0.0734	0.0734	Neutral
37	CHQ-595	158	166	DESMONTE	0.05	0.02	0.025	0.02	-0.0069	0.0734	0.0666	Neutral

Fuente: MYSRL.

Tabla 3.2.2.3-72 Resultados de la Prueba NCV para Mineral – Tajo Carachugo Fase III

N°	Taladro	Desde	Hasta	Tipo de Material	C Total	C Res	S Total	S sulfuro	AGP	ANP	NCV	Clasificación
1	CHQ-571	120	128	Mineral	0.07	0.02	0.06	0.06	0	0.0734	0.0734	Neutral
2	CHQ-585	94	102	Mineral	0.048	0.02	0.032	0.03	-0.00274	0.0734	0.0707	Neutral
3	CHQ-585	102	110	Mineral	0.042	0.02	0.035	0.03	-0.00685	0.0734	0.0666	Neutral
4	CHQ-585	110	118.25	Mineral	0.055	0.02	0.026	0.02	-0.00822	0.0734	0.0652	Neutral
5	CHQ-585	118.25	126.1	Mineral	0.09	0.02	0.103	0.1	-0.00411	0.0734	0.0693	Neutral
6	CHQ-585	126.1	134	Mineral	0.053	0.02	0.063	0.06	-0.00411	0.0734	0.0693	Neutral
7	CHQ-585	134	142	Mineral	0.058	0.03	0.048	0.04	-0.01096	0.1101	0.0991	Neutral
8	CHQ-585	142	149.95	Mineral	0.043	0.02	0.081	0.08	-0.00137	0.0734	0.072	Neutral
9	CHQ-585	149.95	158	Mineral	0.026	0.02	0.058	0.05	-0.01096	0.0734	0.0624	Neutral

N°	Taladro	Desde	Hasta	Tipo de Material	C Total	C Res	S Total	S sulfuro	AGP	ANP	NCV	Clasificación
10	CHQ-585	158	166	Mineral	0.03	0.02	0.076	0.07	- 0.00822	0.0734	0.0652	Neutral
11	CHQ-585	166	174	Mineral	0.033	0.02	0.134	0.13	- 0.00548	0.0734	0.0679	Neutral
12	CHQ-589	120	128	Mineral	0.059	0.02	0.062	0.06	- 0.00274	0.0734	0.0707	Neutral
13	CHQ-589	88	96	Mineral	0.051	0.02	0.089	0.08	- 0.01233	0.0734	0.0611	Neutral
14	CHQ-589	112	120	Mineral	0.061	0.02	0.089	0.08	- 0.01233	0.0734	0.0611	Neutral
15	CHQ-589	80	88	Mineral	0.046	0.02	0.058	0.05	- 0.01096	0.0734	0.0624	Neutral
16	CHQ-589	104	112	Mineral	0.053	0.02	0.045	0.04	- 0.00685	0.0734	0.0666	Neutral
17	CHQ-590	104	112	Mineral	0.031	0.02	0.087	0.08	- 0.00959	0.0734	0.0638	Neutral
18	CHQ-590	112	120	Mineral	0.035	0.02	0.155	0.15	- 0.00685	0.0734	0.0666	Neutral
19	CHQ-590	120	128	Mineral	0.026	0.02	0.134	0.13	- 0.00548	0.0734	0.0679	Neutral
20	CHQ-590	128	136	Mineral	0.029	0.02	0.13	0.09	-0.0548	0.0734	0.0186	Neutral
21	CHQ-590	144	152	Mineral	0.027	0.02	0.083	0.03	- 0.07261	0.0734	0.0008	Neutral
22	CHQ-595	70	78	Mineral	0.05	0.02	0.098	0.09	- 0.01096	0.0734	0.0624	Neutral
23	CHQ-595	78	86	Mineral	0.076	0.02	0.135	0.12	- 0.02055	0.0734	0.0529	Neutral
24	CHQ-595	86	94	Mineral	0.044	0.02	0.123	0.1	- 0.03151	0.0734	0.0419	Neutral
25	CHQ-595	94	101.8	Mineral	0.037	0.02	0.07	0.06	-0.0137	0.0734	0.0597	Neutral
26	CHQ-595	101.8	110	Mineral	0.034	0.02	0.063	0.03	- 0.04521	0.0734	0.0282	Neutral
27	CHQ-595	110	118	Mineral	0.046	0.02	0.054	0.05	- 0.00548	0.0734	0.0679	Neutral
28	CHQ-595	118	126.7	Mineral	0.038	0.02	0.104	0.1	- 0.00548	0.0734	0.0679	Neutral
29	CHQ-595	126.7	134	Mineral	0.05	0.02	0.129	0.12	- 0.01233	0.0734	0.0611	Neutral
30	CHQ-595	134	142	Mineral	0.041	0.02	0.07	0.05	-0.0274	0.0734	0.046	Neutral
31	CHG-694	30	40	Mineral	0.031	0.02	0.087	0.06	- 0.03699	0.0734	0.0364	Neutral
32	CHG-694	40	50	Mineral	0.035	0.02	0.155	0.08	- 0.10275	0.0734	- 0.0294	Neutral
33	CHG-694	50	62	Mineral	0.026	0.02	0.134	0.08	- 0.07398	0.0734	- 0.0006	Neutral
34	CHG-694	62	68	Mineral	0.029	0.02	0.13	0.05	-0.1096	0.0734	- 0.0362	Neutral
35	CHG-694	68	74	Mineral	0.027	0.02	0.083	0.04	- 0.05891	0.0734	0.0145	Neutral
36	CHG-694	74	84	Mineral	0.05	0.02	0.098	0.08	- 0.02466	0.0734	0.0487	Neutral
37	CHG-695	8	32	Mineral	0.076	0.02	0.135	0.15	0.02055	0.0734	0.094	Neutral
38	CHG-695	66	94	Mineral	0.044	0.02	0.123	0.06	- 0.08631	0.0734	- 0.0129	Neutral
39	CHG-695	106	112	Mineral	0.037	0.02	0.129	0.03	- 0.13563	0.0734	- 0.0622	Neutral
40	CHG-695	140	150	Mineral	0.034	0.02	0.063	0.03	- 0.04521	0.0734	0.0282	Neutral

Fuente: MYSRL

En la Tabla 3.2.2.3-73, Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV para las 77 Muestras-Carachugo Fase III, se agrupan las muestras según su clasificación NCV, los resultados del ensayo NCV indicaron que del tonelaje total de desmonte de Carachugo Fase III (7,01 Mt), un 91,9% es clasificado

como "neutral", el 8,1% es calificado como ligeramente ácido, mientras que del tonelaje total de mineral de Carachugo Fase III (6623 Kt de mineral), un 100% es clasificado como "neutral".

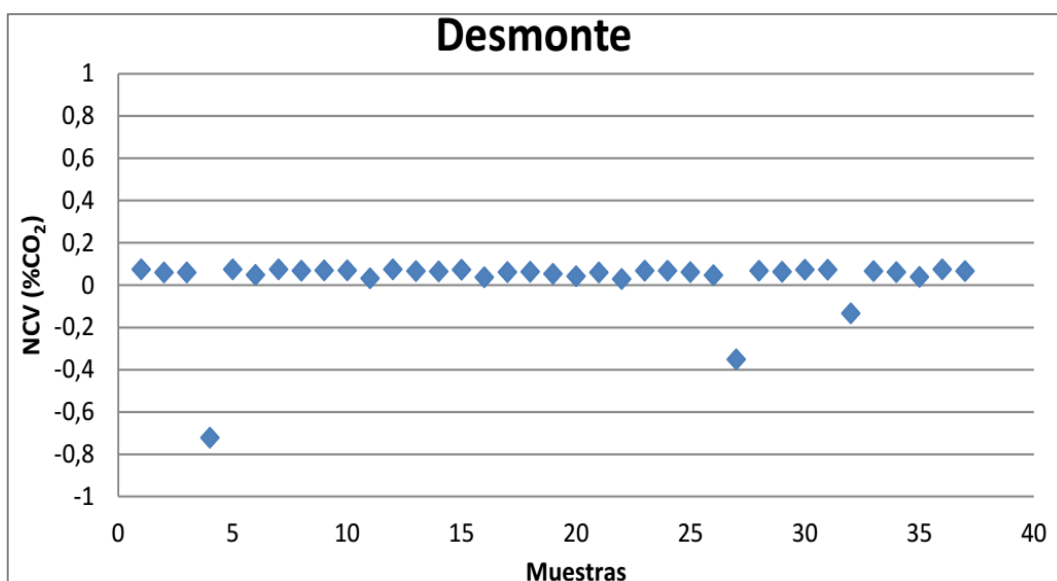
**Tabla 3.2.2.3-73 Resultados de la Clasificación según el Valor de NCV para las 77 Muestras-Carachugo Fase III**

Zona	Tipo de material	Altamente Ácido	Moderadamente Ácido	Ligeramente Ácido	Neutral	Ligeramente Básico	Moderadamente Básico	Altamente Básico	Total
Carachugo etapa 3	Desmonte	0%	0%	8,1%	91,9%	0%	0%	0%	100%
	Mineral	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%

Fuente: MYSRL.

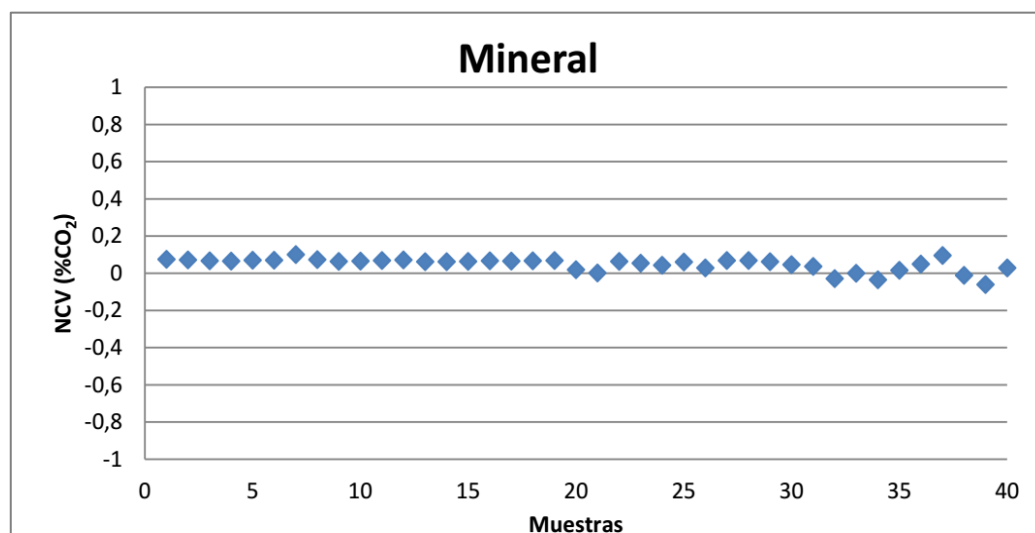
En el Gráfico 3.2.2.3-114, *Resultados de Prueba NCV de Muestras de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III* y Gráfico 3.2.2.3-115, *Resultados de Prueba NCV de Muestras de Mineral – Tajo Carachugo Fase III*, se observa la distribución de las muestras según su valor de NCV para el desmonte y mineral. Para el desmonte los valores se ubicaron entre -0.7 y 0.1 mientras que para el mineral el rango está entre -0.1 y 0.1.

**Gráfico 3.2.2.3-114 Resultados de Prueba NCV de Muestras de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III**



Fuente: MYSRL.

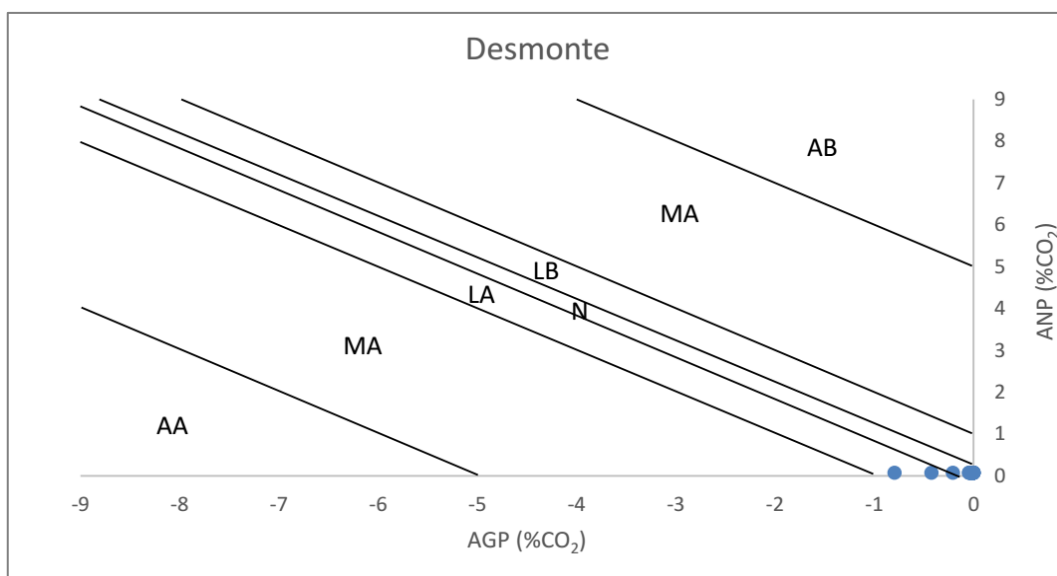
**Gráfico 3.2.2.3-115 Resultados de Prueba NCV de Muestras de Mineral – Tajo Carachugo Fase III**



Fuente: MYSRL.

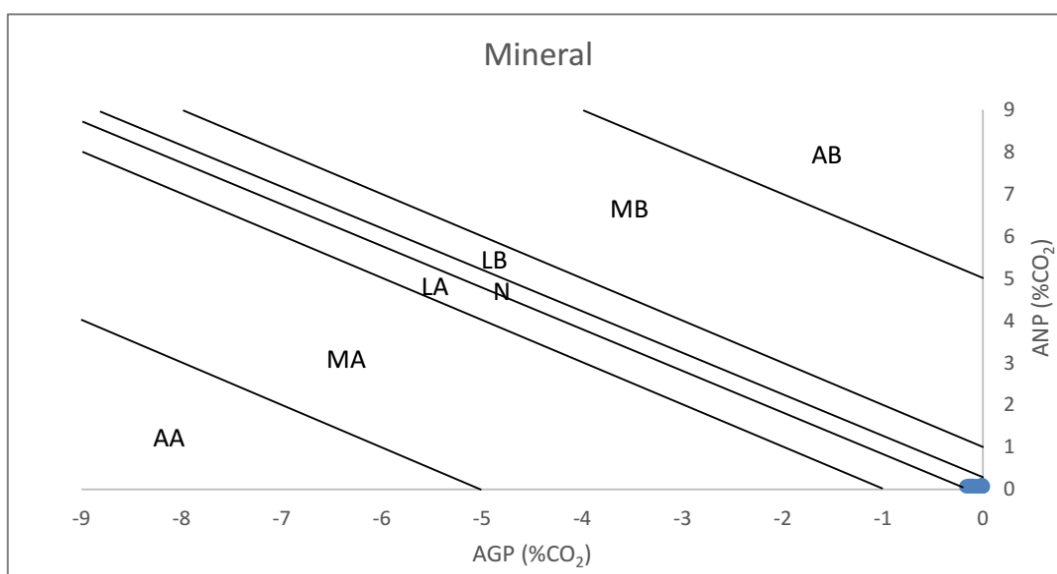
Cabe señalar que las principales alteraciones en el tajo Carachugo Fase III para el caso de desmonte corresponden a Silica Masiva (SM), Silica Vuggy (SV) y Silica Masiva Vuggy (SMV). El 62.5% de las muestras de SM (10 de 16 muestras) registraron un NCV inerte o neutro; el 86% de las muestras de VG (6 de 7 muestras); y finalmente el 100% de las muestras SMV (5 muestras) fueron clasificadas como inerte de acuerdo con el criterio NCV. Para el caso de mineral corresponden a Silica Masiva (SM) y Silica Vuggy (SV). El 94% de las muestras de SM (30 de 32 muestras) registraron un NCV inerte o neutro; asimismo, el 100% de las muestras de VG (14 muestras) fueron clasificadas como inerte de acuerdo con el criterio NCV. Los gráficos AGP vs. ANP (Gráfico 3.2.2.3-116, AGP vs. ANP de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III y Gráfico 3.2.2.3-117, AGP vs. ANP de Mineral – Tajo Carachugo Fase III) confirman los resultados obtenidos a través de los valores de NCV.

**Gráfico 3.2.2.3-116 AGP vs. ANP de Desmonte – Tajo Carachugo Fase III**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-117 AGP vs. ANP de Mineral – Tajo Carachugo Fase III**



Fuente: MYSRL.

#### Ensayos adicionales para tajo Carachugo Fase III

Con la finalidad de determinar con mayor certeza el comportamiento del material de desmonte y el material que ha sufrido procesos de extracción de oro con cianuro, con respecto al drenaje ácido de roca y lixiviación de metales se realizaron los ensayos: NCV, SPLP y BAPP a 7 muestras de desmonte, 7 muestras de óxidos lixiviados por la prueba Bottle Roll (BRT) y una muestra de óxido molido. Todas las

muestras o compósitos seleccionados de la Fase III provienen de hoyos de taladros existentes, realizados para estudios geológicos en años anteriores y otros realizados durante la Fase 2A.

#### Valor de Carbonato Neto (NCV)

En la Tabla 3.2.2.3-74, *Taladros y Resultados de la Prueba NCV-Carachugo Fase III*, se presenta los taladros de donde se tomó cada muestra y el resultado de la prueba NCV visual. Tres de las muestras de desmonte (42.9%) se clasifican como ligeramente ácidas para la prueba NCV visual y cuatro como neutral o inerte (57.1%), mientras que para los lixiviados de óxidos dos muestras se clasifican como ligeramente ácido (28.6%) y cinco como inerte (71.4%).

**Tabla 3.2.2.3-74 Taladros y Resultados de la Prueba NCV-Carachugo Fase III**

N°	Código LIMS	Código DS	Taladro	De	Hasta	Tipo de muestra	Alteración	NCV_Visual
1	41475	DS-1320027	CHG-658	22	32	desmonte	SM	Ligeramente ácido
2	41476	DS-1320028	CHG-667	78	88	desmonte	SM	Neutral
3	41477	DS-1320029	CHG-696	41.5	50,3	desmonte	SM	Neutral
4	41478	DS-1320030	CHG-697	40	50	desmonte	SM	Ligeramente ácido
5	41479	DS-1320031	CHG-698	41	51,1	desmonte	SM	Ligeramente ácido
6	41520	DS-1322168	CHG-435	100	110	desmonte	SG2	Inerte
7	41521	DS-1322170	CHG-402	120	130	desmonte	FILL	Inerte
8	41285	DS-1320124	CHG-324	74.95	100	óxidos lixiviados	SV	Ligeramente básico
9	41286	DS-1320125	CHG-324	140	170	óxidos lixiviados	SV	Inerte
10	41288	DS-1320127	CHG-325	110	150,1	óxidos lixiviados	SM	Inerte
11	41289	DS-1320123	LL-005	100	106	óxido molido	SV	Inerte
12	41487	DS-1320884	LL-005	120	130	óxidos lixiviados	SV	Inerte
13	41482	DS-1320885	CHQ-590	98.75	110	óxidos lixiviados	SM	Inerte
14	41483	DS-1320886	CHG-658	112	120	óxidos lixiviados	SM	Inerte
15	41484	DS-1320887	CHG-332	104	116	óxidos lixiviados	SM	Ligeramente básico
Fuente: MYSRL.								

A estas mismas 15 muestras se le realizaron los ensayos NAG y BAPP, los resultados de estas dos pruebas se presentan en la Tabla 3.2.2.3-75, *Pruebas NCV, NAG y BAPP-Carachugo Fase III*. Para la prueba NAG todos los compósitos de desmonte resultaron ser Non-PAG o sin potencial para generar acidez mientras que todas las muestras de óxidos resultaron ser potenciales generadores de acidez (PAG).

Para el ensayo BAPP todas las muestras (desmontes y óxidos) resultaron ser positivos en generación de acidez. Este resultado puede estar indicando que las muestras de óxidos poseen sulfuros en fases minerales más propensos a generar acidez en comparación al desmonte, ya que las muestras de desmontes necesitan la presencia de microorganismos para poder generar acidez.

**Tabla 3.2.2.3-75 Pruebas NCV, NAG y BAPP-Carachugo Fase III**

N°	CÓDIGO LIMS	Código DS	Tipo de muestra	NCV_Visual	pH NAG	pH BAPP
1	41475	DS-1320027	desmonte	Ligeramente ácido	pH>4.5	2,36
2	41476	DS-1320028	desmonte	Neutral	pH>4.5	2,26
3	41477	DS-1320029	desmonte	Neutral	pH>4.5	2,41
4	41478	DS-1320030	desmonte	Ligeramente ácido	7.017	2,16




N°	CÓDIGO LIMS	Código DS	Tipo de muestra	NCV_Visual	pH NAG	pH BAPP
5	41479	DS-1320031	desmante	Ligeramente ácido	5.183	2,07
6	41520	DS-1322168	desmante	Inerte	pH>4.5	2,34
7	41521	DS-1322170	desmante	Inerte	pH>4.5	3,04
8	41285	DS-1320124	óxidos lixiviados	Ligeramente básico	2.034	3,3
9	41286	DS-1320125	óxidos lixiviados	Inerte	1.958	2,32
10	41288	DS-1320127	óxidos lixiviados	Inerte	2.685	3,88
11	41289	DS-1320123	óxido molido	Inerte	2.725	2,39
12	41487	DS-1320884	óxidos lixiviados	Inerte	2.548	2,06
13	41482	DS-1320885	óxidos lixiviados	Inerte	2.262	2,39
14	41483	DS-1320886	óxidos lixiviados	Inerte	2.625	2,38
15	41484	DS-1320887	óxidos lixiviados	Ligeramente básico	2.685	2,4
Fuente: MYSRL.						

#### Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética (SPLP)

Los resultados de promedios, máximos y mínimos del ensayo SPLP se presentan en la Tabla 3.2.2.3-76, *Máximos, Mínimos y Promedio del Ensayo SPLP-Carachugo Fase III*. En las muestras de desmante los metales que se encuentran hasta 10 veces por encima de los límites de referencia son Mn y Co, mientras que en los compósitos de óxidos lixiviados (minerales) los metales que lixivian, también hasta 10 veces sobre el límite son As, Cu, Fe, Pb, Zn y Ag.

**Tabla 3.2.2.3-76 Máximos, Mínimos y Promedio del Ensayo SPLP-Carachugo Fase III**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral			Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.325	0.072	0.15	0.325	0.003	0.003	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	20.089	0.3	3.35	20.089	0.3	0.98	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	2.398	0.002	0.40	2.398	0.002	0.01	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.019	0.002	0.005	0.019	0.002	0.002	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	0.28	0.002	0.04	0.28	0.002	0.004	-	-	-
Cu	mg/L	26.78	0.005	4.1	26.78	0.002	0.1	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.612	0.002	0.10	1.281	0.044	0.52	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.075	0.003	0.013	0.075	0.003	0.003	-	-	-
Co	mg/L	0.015	0.002	0.004	0.353	0.002	0.109	-	0.05	1
V	mg/L	0.003	0.002	0.00	0.003	0.002	0.002	-	-	-
Zn	mg/L	112.4	0.005	17.52	112.4	0.007	0.05	1.5	2	24
Sb	mg/L	1.31	0.03	0.40	1.31	0.002	0.002	-	-	-
Al	mg/L	0.935	0.006	0.16	0.36	0.005	0.07	-	5	5
Ba	mg/L	2.71	0.057	1.19	2.71	0.073	0.21	-	0.7	-
Na	mg/L	12.69	1.43	3.84	12.69	0.96	2.00	-	-	-

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral			Material de Desmonte			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Be	mg/L	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	-	-	0.1
Ca	mg/L	45.88	10.28	26	45.88	1.45	5	-	200	-
Mg	mg/L	2.01	0.65	1.21	2.01	0.20	0.36	-	150	150
Ni	mg/L	0.76	0.002	0.12	0.76	0.006	0.05	-	0.2	0.2
K	mg/L	2.37	0.701	1.33	2.37	0.798	0.88	-	-	-
Se	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	-	0.05	0.05
Ag	mg/L	0.37	0.01	0.16	0.37	0.002	0.002	-	0.05	0.05
Tl	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	-	-	-
Hg	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	0.002	0.001	0.001
pH final	--	9.68	6.85	8.51	9.68	3.87	5.60	6 - 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
SDT	mg/L	123	28	53.125	123	15	31	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	252	57	109	252	31	64	-	2000	5000
Alcalinidad	mg/L	49	14	27	49	2	2	-	-	-
Acidez	mg/L	134	2	25	134	2	15	-	-	-
Sulfatos	mg/L	32	8	12	167	7	46	-	300	500
Fluoruros	mg/L	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-	1	2
Nitratos	mg/L	22	0.44	5	22	0.18	0.20	-	10	50
Nitritos	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	0.06	1
<p><b>Nota:</b>            (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM.</p> <p>  excede el LMP o el ECA por &lt;10   excede el LMP o el ECA por &gt;10   excede el LMP o el ECA por &gt; 100         </p> <p><b>Fuente:</b> MYSRL.</p>										

En los resultados por muestras (Tabla 3.2.2.3-77, *Lixiviación por Compósito del Ensayo SPLP – Tajo Carachugo Fase III*) se puede observar que dos muestras presentan la mayor lixiviación de metales la 41487 y 41484 (ambas son óxidos lixiviados), los metales que se encuentran lixivando de estas muestras son Pb, Cd, Cr, Fe, Ni y Zn, As y Ag correlacionando en su comportamiento, lo que indica que provienen de la misma fuente mineral o sufren el mismo proceso de alteración.



Tabla 3.2.2.3-77 Lixiviación por Compósito del Ensayo SPLP – Tajo Carachugo Fase III

Análito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral								Material de Desmante							LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		41285	41286	41288	41289	41487	41482	41483	41484	41475	41476	41477	41478	41479	41520	41521		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.115	0.131	0.122	0.072	0.077	0.325	0.254	0.085	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	<0,3	<0,3	0.458	<0,3	4.3	0.699	<0,3	20.1	3.47	0.852	<0,3	<0,3	<0,3	1.351	<0,3	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	<0,002	0.002	0.008	<0.002	0.798	0.003	0.004	2.4	0.039	0.002	<0,002	<0,002	<0,002	0.003	0.027	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	0.008	<0.002	<0.002	0.019	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	<0,002	<0,002	0.002	<0.002	0.06	0.002	<0,002	0.280	0.012	0.005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-
Cu	mg/L	0.005	0.033	0.024	0.006	5.6	0.064	0.006	26.8	0.143	0.219	< 0,002	0.003	0.011	0.013	0.008	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	< 0,002	0.002	0.007	< 0,002	0.153	0.004	0.002	0.6	0.389	1.281	0.244	0.947	0.672	0.077	0.044	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.008	<0.003	0.075	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	--	-	-
Co	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	0.003	0.004	<0,002	0.015	0.027	0.079	0.057	0.24	0.353	0.003	0.002	--	0.05	1
V	mg/L	<0,002	<0,002	0.002	<0.002	0.003	<0.002	0.002	0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	--	-	-
Zn	mg/L	<0,005	<0,005	0.005	<0.005	27.7	0.008	<0,005	112.4	0.06	0.232	0.007	0.01	0.015	0.029	0.019	1.5	2	24
Hg	mg/L	0.0011	0.0007	<0.00050	<0.00050	0.00169	0.0005	<0.00050	0.0009	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	<0.00050	-	-	-
Be	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-
Sb	mg/L	0.215	0.194	0.072	0.812	1.307	0.313	0.236	0.03	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0.004	<0,002	-	-	-
Al	mg/L	0.006	0.009	0.033	0.024	0.203	0.014	0.021	0.935	0.36	0.032	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0.025	0.048	-	5	5
Ba	mg/L	0.136	0.071	0.057	1.89	2.71	1.99	1.96	0.696	0.142	0.073	0.226	0.107	0.212	0.33	0.377	-	0.7	-
Ca	mg/L	24.91	23.48	45.88	10.28	17.10	26.63	13.58	44.28	2.11	8.49	3.39	9.59	5.36	2.07	1.45	-	200	-
Mg	mg/L	0.65	0.88	2.01	0.71	1.06	1.59	1.00	1.80	0.25	0.95	0.23	0.33	0.28	0.25	0.20	-	150	150
Ni	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	0.181	<0.002	<0.002	0.762	0.14	0.095	0.006	0.054	0.045	0.017	0.007	-	0.2	0.2
K	mg/L	0.99	0.97	2.28	0.84	0.70	2.37	0.74	1.71	0.83	1.05	0.89	0.99	0.80	0.80	0.80	-	-	-
Se	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	0.05	0.05
Ag	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	0.002	<0.002	<0.002	0.007	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	0.05	0.05
Na	mg/L	1.43	1.49	2.07	2.04	3.99	4.68	2.30	12.69	1.20	6.55	1.17	1.38	1.17	0.96	1.54	-	200	-
Ti	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0.002	<0,002	<0,002	-	-	-
pH final	--	7.17	9.47	9.68	9.35	7.49	8.6	9.44	6.85	3.87	5.03	7.16	7.07	6.24	5.06	4.75	6 - 9	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
sulfatos	mg/L	10.4	8.6	8	7.6	12.5	9.3	7.9	31.6	167	80	9.9	29.2	16.8	12	7.1	-	300	500
SDT	mg/L	60	48	44	28	60	29	33	123	62	55	16	35	22	15	15	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	123	98	90	57	123	59	67	252	126	111	32	72	45	31	31	--	2000	5000

**Nota:**

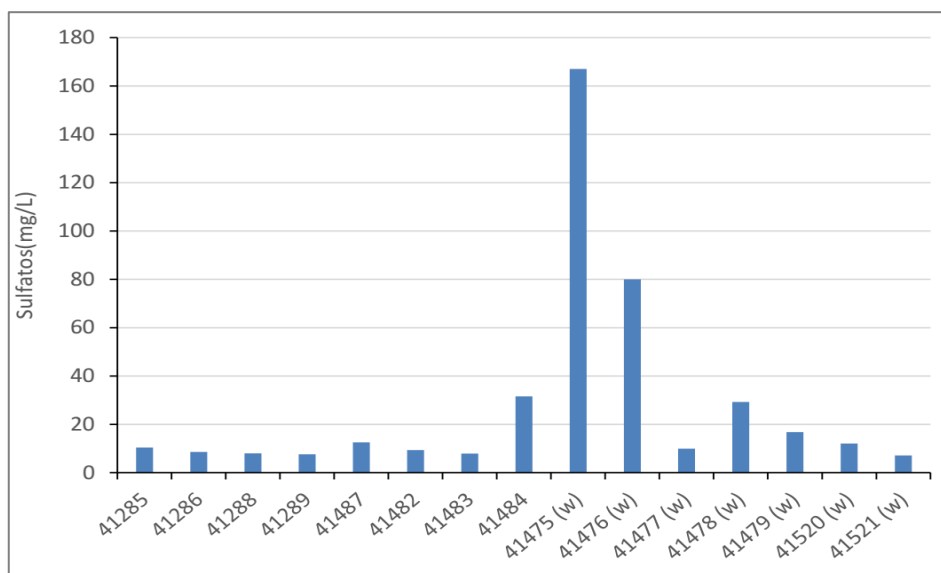
(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por <10  
excede el LMP o el EAC por >10  
excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

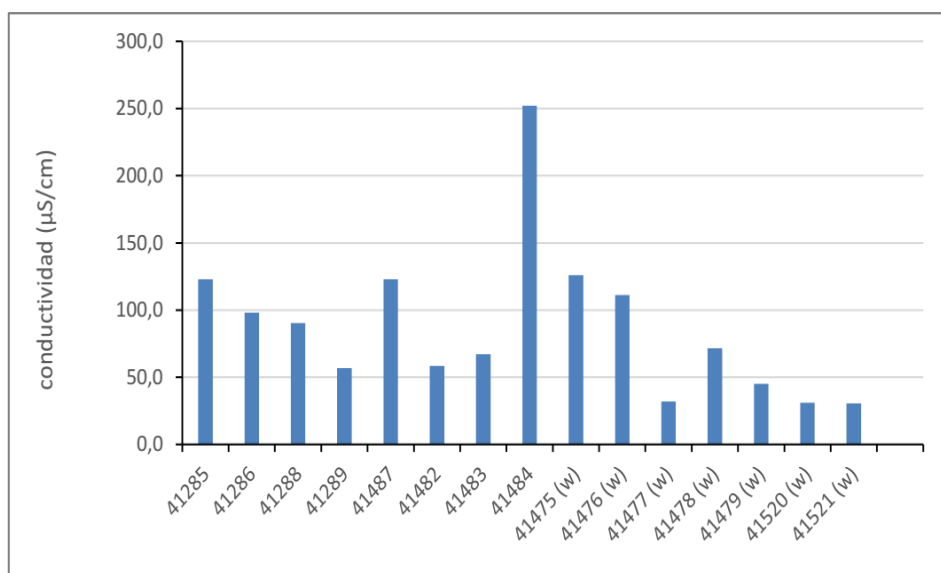
El gráfico de sulfato denota muy poca concentración de esta especie en este tipo de muestras (Gráfico 3.2.2.3-118, Lixiviación de Sulfato por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=desmonte), solo en la muestra 41484 presenta una mayor concentración. Esta muestra presenta una mayor conductividad y mayor cantidad de metales disueltos (Gráfico 3.2.2.3-119, Conductividad por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte y Gráfico 3.2.2.3-120, STD por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte). En los gráficos de lixiviación por muestra se puede evidenciar como los compósitos de óxidos lixiviados generan mayor cantidad de metales que las muestras de desmonte (Gráfico 3.2.2.3-121, Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte, Gráfico 3.2.2.3-122, Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte y Gráfico 3.2.2.3-123, Lixiviación de Bario por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte), con excepción del sulfato, Mn y Co (Tabla 3.2.2.3-77, Lixiviación por Compósito del Ensayo SPLP – Tajo Carachugo Fase III).

**Gráfico 3.2.2.3-118 Lixiviación de Sulfato por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=desmonte**

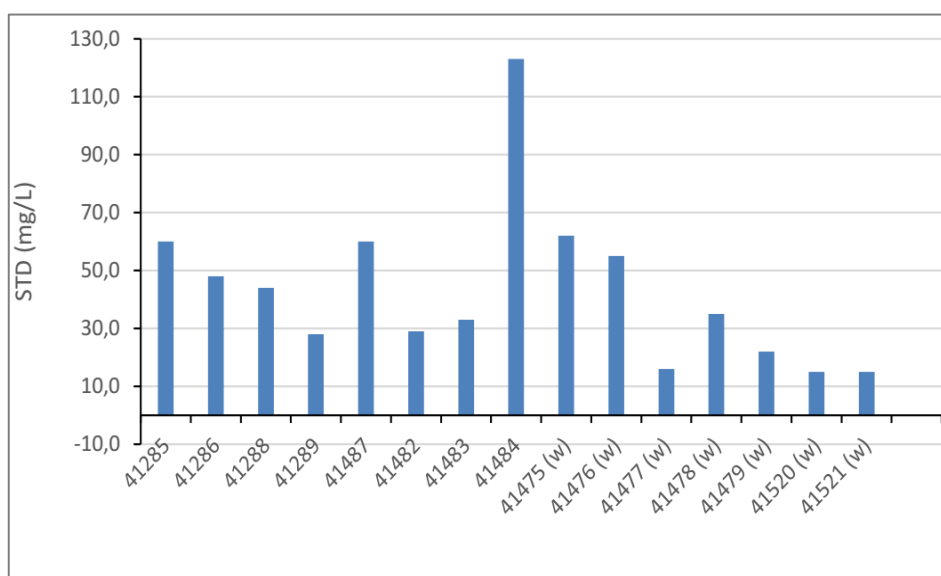


Fuente: MYSRL.

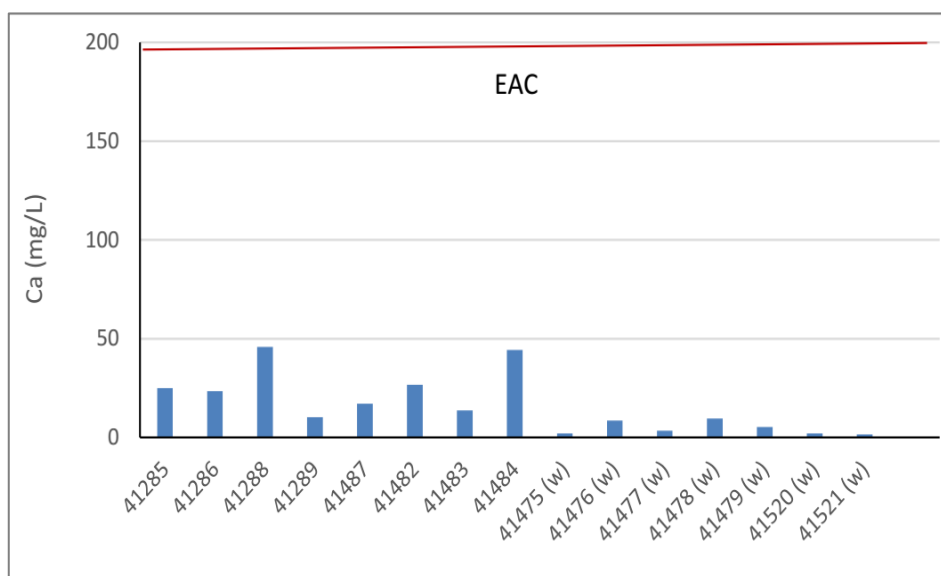
**Gráfico 3.2.2.3-119 Conductividad por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**



Fuente: MYSRL.

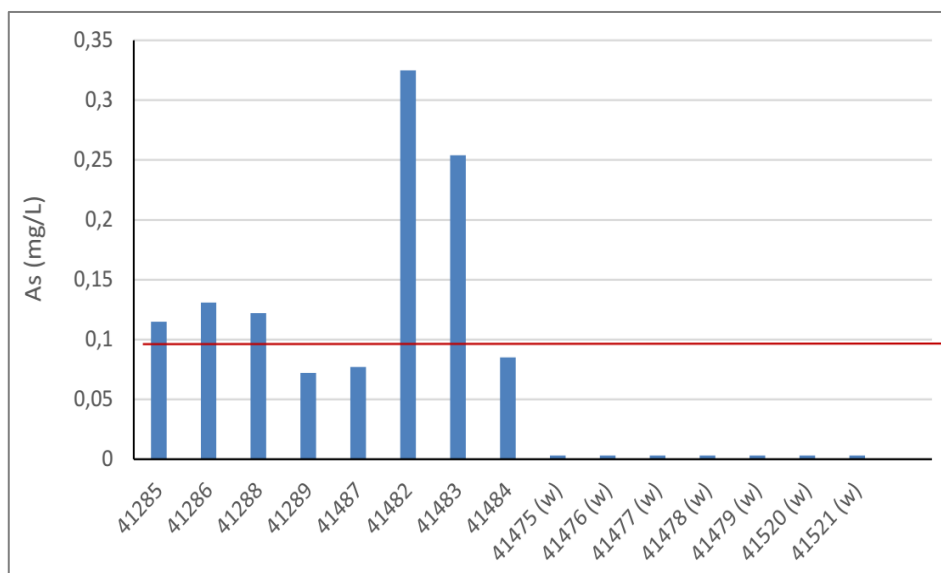
**Gráfico 3.2.2.3-120 STD por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-121 Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**

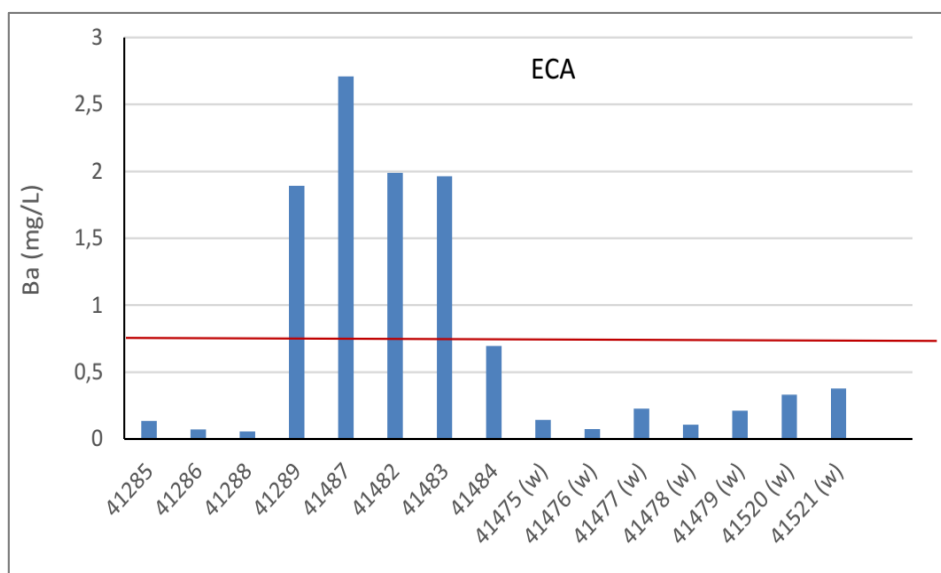
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-122 Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**



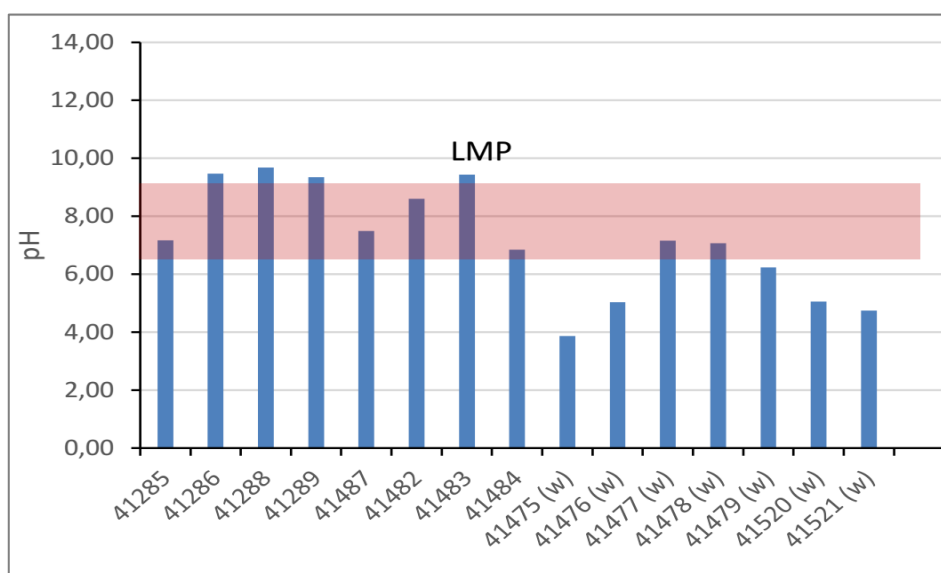
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-123 Lixiviación de Bario por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**

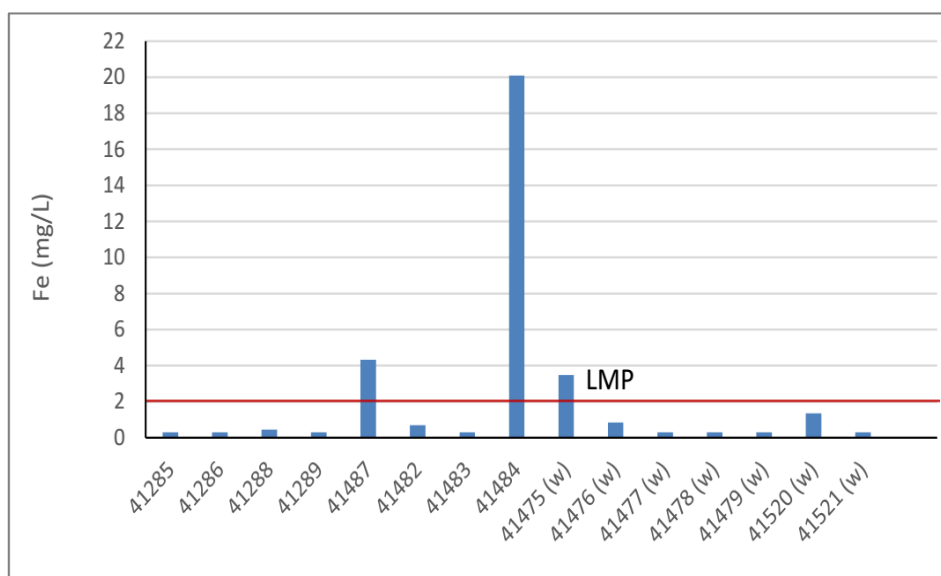


Fuente: MYSRL.

Las muestras de desmonte son ligeramente más ácidas que las de óxidos lixiviados (Gráfico 3.2.2.3-124, pH por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte). El Fe aunque no supera los límites de referencia correlaciona con el sulfato en la muestra 14475, donde presenta mayor concentración, lo que indica que la fase mineral mayoritaria en esta muestra son sales de sulfato solubles en medio ácido (Gráfico 3.2.2.3-125, Lixiviación de Hierro por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte).

**Gráfico 3.2.2.3-124 pH por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-125 Lixiviación de Hierro por Compósito de la Prueba SPLP-Carachugo Fase III. W=Desmonte**

Fuente: MYSRL.

Producción de Ácido por Potencial Biológico (BAPP)

La prueba BAPP denota una alta cantidad de metales lixiviando por encima de los valores de referencia entre los que se encuentran As y Hg, dos metales de preocupación ambiental y que exceden hasta 10 veces los límites establecidos. Otros metales que presentaron valores por encima de los límites de referencia fueron Fe, Pb, Cu, al igual que en la prueba de SPLP y adicionalmente Cd, Mn, Al y Ca (Tabla 3.2.2.3-78, Máximos, Mínimos y Promedio para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III).

Tabla 3.2.2.3-78 Máximos, Mínimos y Promedio para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Mineral			Material de Desmante			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	2.20	0.00	0.53	0.90	0.00	0.30	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	528	238	374	971	256	511	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	0.90	0.10	0.39	0.30	0.00	0.11	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.45	0.02	0.19	2.93	0.02	0.69	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	34	7	21	22	11	17	-	-	-
Cu	mg/L	4	2	3	27	1	10	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	9	5	6	42	4	20	--	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.10	0.000	0.03	0.00	0.000	0.00	--	-	-
Co	mg/L	1.10	0.200	0.54	13.8	0.100	4.3	--	0.05	1
Zn	mg/L	1.40	0.50	1.06	5.00	0.50	1.47	1.5	2 <sup>(3)</sup>	24
Sb	mg/L	0.60	0.000	0.113	0.00	0.000	0.000	-	-	-
Al	mg/L	42	7	20	54	16	25	-	5	5
Ba	mg/L	0.30	0.00	0.05	0.60	0.00	0.10	-	0.7	-
Ca	mg/L	555	20	216	240	23	100	-	200	-
Mg	mg/L	67	32	44	50	12	28	-	150	150
Ni	mg/L	5	1	2	4	1	3	-	0.2	0.2
K	mg/L	20	0.80	11	62	0.20	10	-	-	-
Se	mg/L	0.10	0.00	0.04	0.20	0.00	0.03	-	0.05	0.05
Na	mg/L	32	4	15	116	4	21	-	200	-
Tl	mg/L	0.10	0.00	0.01	0.10	0.00	0.03	-	-	-
Hg	mg/L	1.03E-02	4.00E-05	2.64E-03	1.23E-02	1.00E-04	2.35E-03	0.002	0.001	0.001
Li	mg/L	0.10	0.00	0.01	0.10	0.00	0.01	-	2.5	2.5
Ag	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	-	0.05	0.05
B	mg/L	1.10	0.00	0.56	1.00	0.00	0.54	-	-	-
V	mg/L	0.10	0.00	0.03	0.10	0.00	0.03	-	-	-
Bi	mg/L	0.60	0.00	0.11	0.10	0.00	0.04	-	-	-
Ga	mg/L	0.10	0.00	0.04	0.10	0.00	0.04	-	-	-
Sr	mg/L	0.80	0.10	0.36	0.30	0.00	0.11	-	-	-
Te	mg/L	0.10	0.00	0.06	0.20	0.00	0.07	-	-	-
Ti	mg/L	0.40	0.00	0.13	0.30	0.00	0.11	-	-	-
pH final	--	3.88	2.06	2.64	3.04	2.07	2.38	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
<b>Nota:</b> (1) Concentraciones de metales totales. (2) DS N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, DS N° 002-2008-MINAM. <div> <div></div>excede el LMP o el ECA por &lt;10  <div></div>excede el LMP o el EAC por &gt;10  <div></div>excede el LMP o el EAC por &gt; 100         </div> <b>Fuente:</b> MYSRL.										

Para los metales Fe, Mg, Cr y Cu no hay una diferencia significativa de grado de lixiviación entre las diferentes muestras (Tabla 3.2.2.3-79, *Lixiviación por Compósito para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III*). Para As y Ca se observa una mayor lixiviación en las muestras 41485, 41486, 41488, muestras de lixiviados de óxidos, en esta última lixivia la mayor concentración de As por lo que debe poseer minerales asociados a sulfuros que son fácilmente oxidados y liberados a solución en la prueba BAPP (Gráfico 3.2.2.3-126, *Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte* y Gráfico 3.2.2.3-127, *Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte*).

Los elementos Al, K, Ca y Hg lixivian en mayor concentración de las muestras 41486, 41485 y 41487 (Gráfico 3.2.2.3-128, *Lixiviación de Aluminio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte* y Gráfico 3.2.2.3-129, *Lixiviación de Mercurio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte*), las cuales tienen en común que poseen alteración de silica vuggy, en la que predominan alunita, sulfato de K y Al, entre otras arcillas. Ni y Zn, correlacionan en su comportamiento (Gráfico 3.2.2.3-130, *Lixiviación de Níquel por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte* y Gráfico 3.2.2.3-131, *Lixiviación de Zinc por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte*), a diferencia de los demás metales lixivian más en el ensayo SPLP que en la prueba BAPP (Tabla 3.2.2.3-78, *Máximos, Mínimos y Promedio del Ensayo SPLP-Carachugo Fase III* y Tabla 3.2.2.3-79, *Lixiviación por Compósito para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III*), lo que se puede deber a que en estas muestras están presentes como fases alteradas, sales solubles en medio ácido, por el contrario, al lixiviar en la prueba BAPP en otras muestras, refleja que se encontraban como sulfuros y que fueron oxidados durante la prueba.



Tabla 3.2.2.3-79 Lixiviación por Compósito para el Ensayo BAPP – Tajo Carachugo Fase III

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Material de Desmonte							Mineral									ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3		
		41475 (w)	41476 (w)	41477 (w)	41478 (w)	41479 (w)	41520 (w)	41521 (w)	41285	41286	41288	41289	41487	41482	41483	41484	LMP <sup>(2)</sup>	Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales	
Hg	µg/L	1E-05	5.6E-04	4.0E-04	2.23 E-3	6.0E-04	3.1E-04	0.0123	0.0103	1.96 E-3	2.0E-04	3.33 E-3	4.09 E-3	6.3E-04	5.7E-04	4.0E-05	0.002	0.001	0.001	
Ag	mg/L	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0.05	0.05	
Al	mg/L	16	54	18	18	16	21	29	38	42	27	11	7	8	18	12	-	5	5	
As	mg/L	0	0.1	0	0.9	0.8	0.3	0	0	1	2.2	0.2	0.1	0.2	0.5	0	0.1	0.05	0.1	
B	mg/L	0.5	1	0.9	0	0	1	0.4	0	0	0	1	0.7	1.1	0.6	1.1	-	-	-	
Ba	mg/L	0	0.6	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	-	0.7	-	
Bi	mg/L	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.6	0.1	0.2	0	0	-	-	-	
Ca	mg/L	23	206	69	240	98	44	24	548	555	416	110	24	20	29	23	-	200	-	
Cd	mg/L	0.03	0.88	0.67	0.28	0.02	0.04	2.93	0.02	0.03	0.05	0.05	0.24	0.45	0.29	0.36	0.05	0.005	0.01	
Co	mg/L	0.5	2.2	4	9.5	13.8	0.2	0.1	0.3	0.8	0.3	0.5	0.2	1.1	0.6	0.5	-	0.05	1	
Cr	mg/L	10.6	18.3	16.9	20.5	17.9	22.1	12	6.5	22.8	34.4	25.4	17.3	17.8	32.8	14.6	-	-	-	
Cu	mg/L	1.4	16.6	5.4	17.6	26.9	2.1	1.7	1.6	4	2.5	1.9	1.5	4.1	2.7	3.4	0.5	0.2	0.5	
Fe	mg/L	477	299	256	971	951	266	358	383	414	528	367	387	238	434	241	2 <sup>(3)</sup>	1	1	
Ga	mg/L	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0.1	0	-	-	-	
K	mg/L	1.8	3	1.9	0.2	1.2	1.2	62.2	20.2	15.9	17.8	3	16.6	1.3	0.8	11.8	-	-	-	
Li	mg/L	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	-	2.5	2.5	
Mg	mg/L	17	50	29	29	26	34	12	55	67	56	40	34	33	36	32	-	150	150	
Mn	mg/L	9	42	17	34	24	6	4	6	7	9	5	6	5	8	6	-	0.2	0.2	
Mo	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	-	-	-	
Na	mg/L	4	116	5	6	6	4	7	19	17	8	32	20	11	7	4	-	200	-	
Ni	mg/L	3.3	4.3	1.8	4.4	4.1	2.2	1	1.2	2.2	2.6	2.7	1.1	4.9	2.8	1.1	-	0.2	0.2	
Pb	mg/L	0	0.1	0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.4	0.9	0.7	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	0.2	0.05	0.05	
Sb	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.2	0.6	0	0	0	-	-	-	
Se	mg/L	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0.1	-	0.05	0.05	
Sr	mg/L	0	0.2	0	0.1	0	0.3	0.2	0.7	0.8	0.6	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	-	-	-	
Te	mg/L	0.1	0	0	0.2	0.2	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	-	-	-	
Ti	mg/L	0	0.3	0	0.2	0.2	0.1	0	0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.1	0	-	-	-	
Tl	mg/L	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	-	-	-	
V	mg/L	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	-	-	-	
Zn	mg/L	0.9	5	0.6	1.1	1.2	1	0.5	0.6	1.4	1.1	1.2	0.9	1.4	1.4	0.5	1.5	2	24	

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por <10

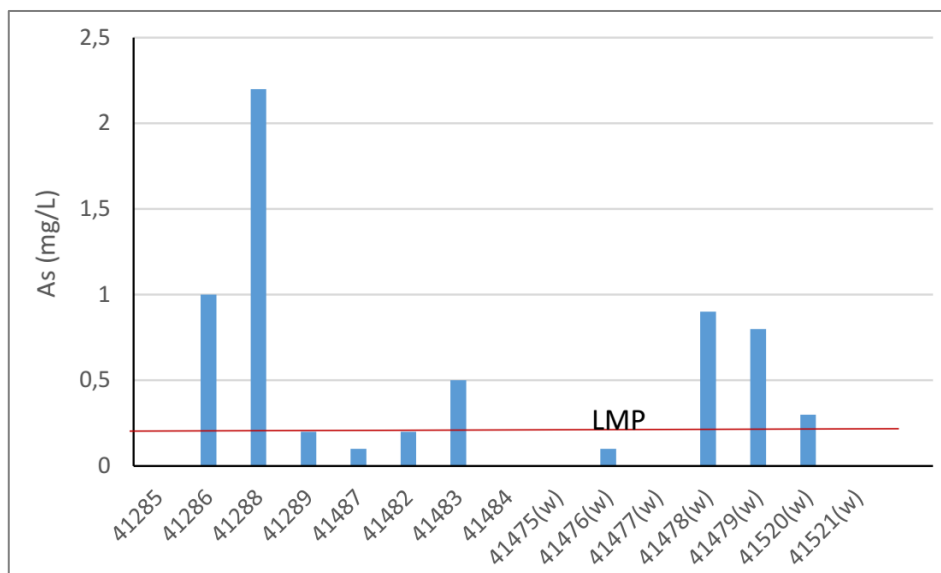
excede el LMP o el ECA por >10

excede el LMP o el ECA por > 100

fuente:MYSRL

**Gráfico 3.2.2.3-126**  
**III. W=Desmonte**

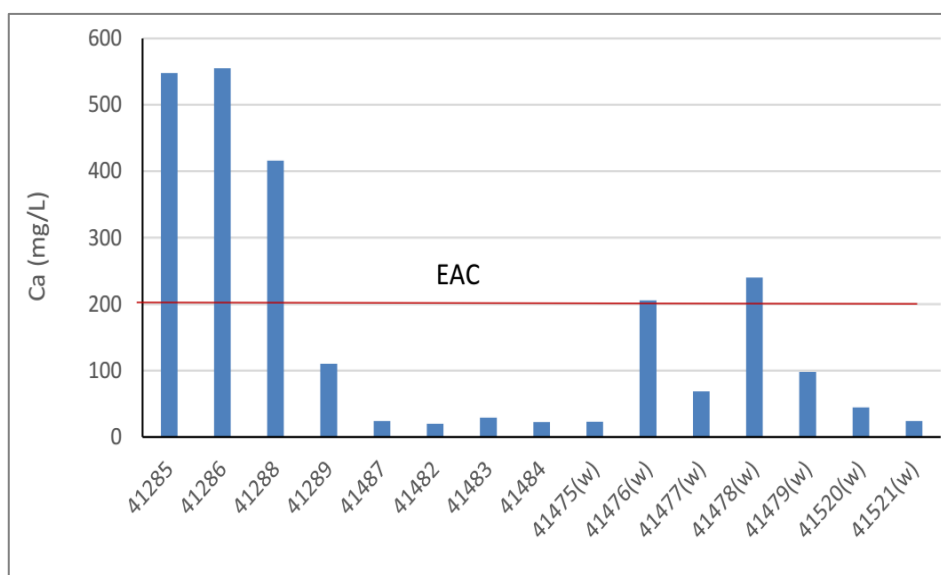
**Lixiviación de Arsénico por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-127**  
**III. W=Desmonte**

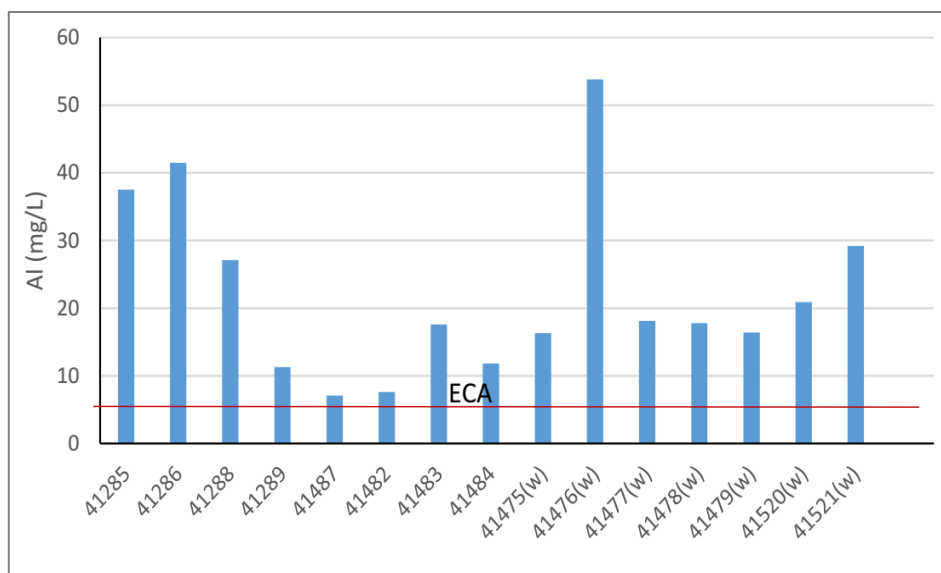
**Lixiviación de Calcio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-128**  
**III. W=Desmonte**

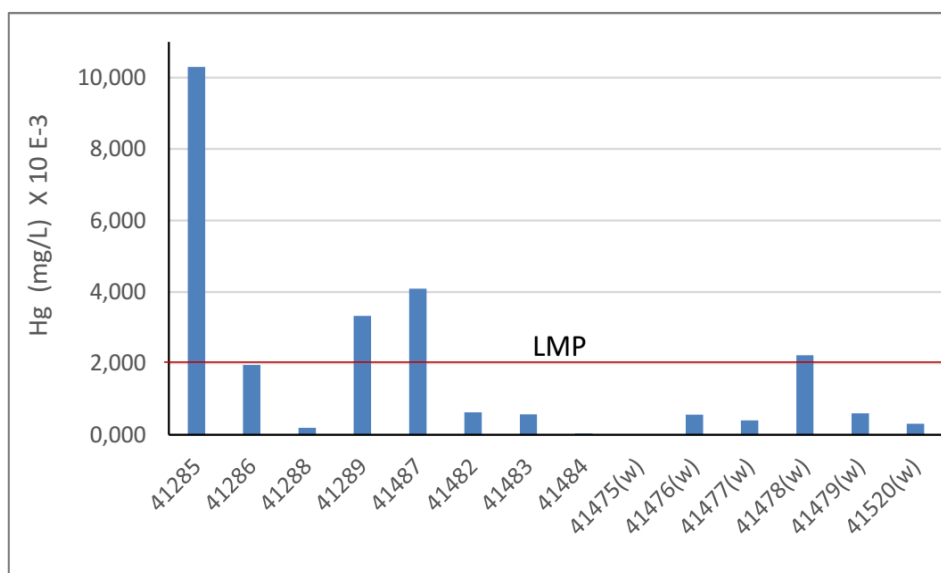
**Lixiviación de Aluminio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase**



Fuente: MYSRL.

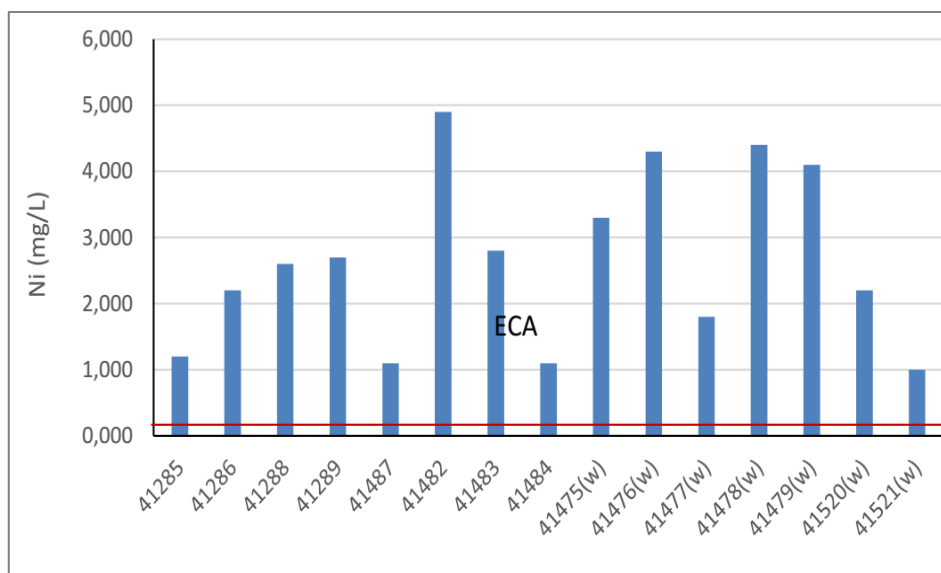
**Gráfico 3.2.2.3-129**  
**Fase III. W=Desmonte**

**Lixiviación de Mercurio por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo**



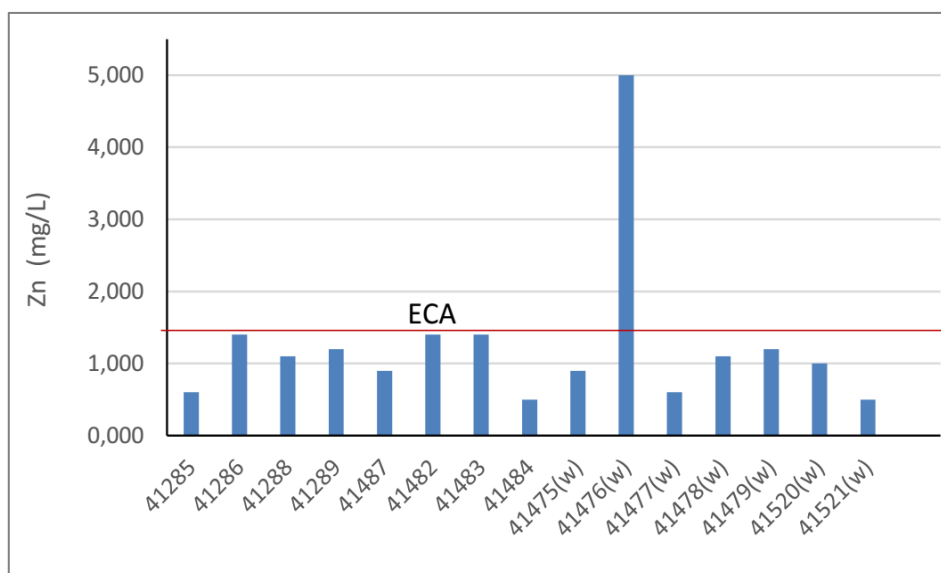
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-130 Lixiviación de Níquel por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-131 Lixiviación de Zinc por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte**

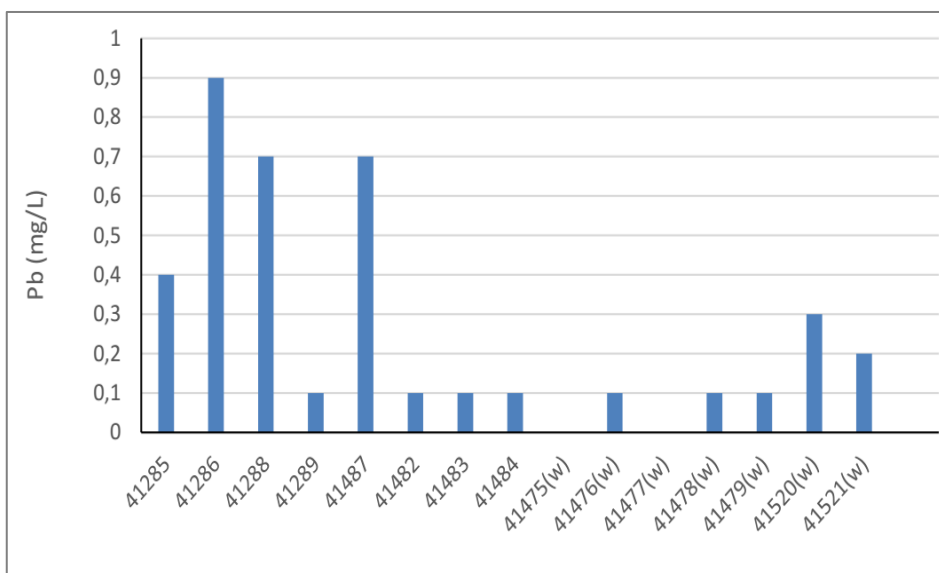


Fuente: MYSRL.

Los metales Pb y Cu mostraron poca lixiviación en la prueba BAPP, lo que permite inferir que no se encontraban como fases fácilmente oxidables, sino posiblemente se encuentran mayormente como sales solubles en medio ácido (Gráfico 3.2.2.3-132, *Lixiviación de Plomo por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte* y Gráfico 3.2.2.3-133, *Lixiviación de Cobre por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase III. W=Desmonte*).

**Gráfico 3.2.2.3-132**  
**III. W=Desmonte**

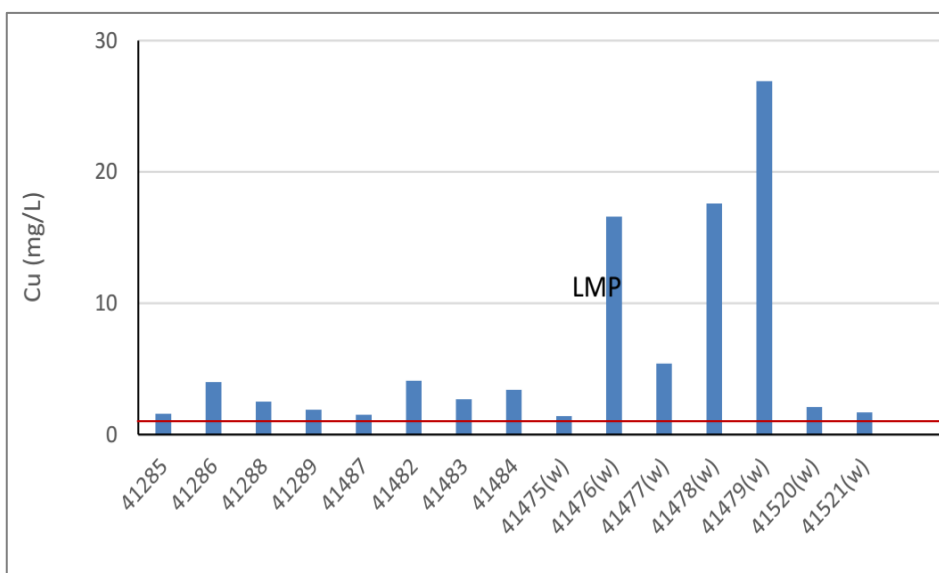
**Lixiviación de Plomo por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-133**  
**III. W=Desmonte**

**Lixiviación de Cobre por Compósito de la Prueba BAPP – Tajo Carachugo Fase**



Fuente: MYSRL.

**Relaves de Flotación, Residuos de Autoclave y Mezcla de Relaves (Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails)**

A continuación, se presentarán los resultados ya aprobados de los relaves de flotación y residuos de autoclave y posteriormente los resultados para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, el cual representa la mezcla de relaves, para poder, de esta forma, realizar una comparación entre la caracterización geoquímica de los mismos, ya que como se mencionó con anterioridad el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se formó a partir de algunos de estos relaves y residuos de autoclave.

Valor de Carbonato Neto (NCV)

*Relaves de Flotación y Residuos de Autoclave*

De acuerdo con lo señalado en la sección de Metodología, se prepararon 19 muestras a partir de los productos de las pruebas metalúrgicas: 12 del proceso de autoclave y 7 del proceso de flotación.

A las 19 muestras se le aplicó el ensayo NCV, para confirmar los resultados de este ensayo las muestras fueron sometidas a pruebas adicionales como mineralogía XRD, NNPC y especiación de azufre, las cuales permiten confirmar el comportamiento de algunas muestras con alto contenido de sulfuros. Los resultados de estas pruebas están resumidos en la Tabla 3.2.2.3-80, *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Residuos de Autoclave* y Tabla 3.2.2.3-81, *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Relaves de Flotación* (ver Apéndice E, *Caracterización Geoquímica-Anexo E.2, Yanacocha Sulfides Net Carbonate Value and Environmental Characterization*).

**Tabla 3.2.2.3-80 Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Residuos de Autoclave**

Prueba	Unidad	P5-1	P5-2	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	Comp 5 LR	Comp 6 LR	Run 1	Run 2	Run 3
NCV	%CO <sub>2</sub>	0	-0.19	-0.15	-0.37	0	0	-0.26	0.51	0.37	0	-0.14	-0.16
NNPC	%CO <sub>2</sub>	-1.74	-2.28	-1.75	-1.08	-1.71	-1.85	-1.15	0.95	0.97	-0.48	0.12	1.46
Clasificación NCV	-	I	LA	LA	LA	I	I	LA	LB	LB	I	LA	LA
Clasificación NNPC	-	MA	MA	MA	MA	MA	MA	MA	LB	LB	LA	LB	MB
NAG pH	-	3.89	3.61	4.35	3.53	3.7	3.66	3.64	9.9	11.1	3.17	3.65	3.77
Clasificación NAG	-	PAG	PAG	PAG	PAG	PAG	PAG	PAG	No PAG	No PAG	PAG	PAG	PAG
pH de pasta	-	1.7	1.5	1.8	2.5	1.6	1.5	2.2	11	11.4	2.2	2.2	2.2
S total	%CO <sub>2</sub>	-12.48	-2.53	-7.43	-23.61	-12.22	-9.59	-20.67	-9.23	-7.62	-22.61	-21.47	-22.22
AGP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	-1.47	-1.42	-1.23	0	-1.26	-1.37	-0.44	0	0	-1.88	-1.73	-1.63
AGP (SCIS)	%CO <sub>2</sub>	0	-0.19	-0.15	-0.37	0	0	-0.26	0	0	0	-0.14	-0.16
AGP (Pirítico)	%CO <sub>2</sub>	-0.01	-0.05	0	0	-0.05	-0.03	0	-0.14	-0.05	0	0	0
AGP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C total	%CO <sub>2</sub>	0.02	0.55	0.07	0.15	0.07	0.04	0.18	0.7	0.55	0.22	0.22	0.18
ANP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.15	0.02	0.02	0.02
ANP (CAI)	%CO <sub>2</sub>	0	0.44	0	0	0	0	0	0.51	0.37	0	0	0
ANP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANPA	%CO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0.97	0	0.26	1.62

Fuente: MYSRL.

**Tabla 3.2.2.3-81 Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Relaves de Flotación**

Prueba	Unidad	CSvT	CSvT/SI	CSvT/SI/LS	ClnrT	ClnrT/SI	ClnrT/SI/LS	ClnrT/SI/Run3
NCV	%CO <sub>2</sub>	-0.53	-0.38	-0.35	-8.41	-7.13	-6.63	-6.85
NNPC	%CO <sub>2</sub>	-0.06	-1.01	-0.13	-8.32	-7.77	-6.70	-7.54
Clasificación NCV	-	LA	LA	LA	AA	AA	AA	AA
Clasificación NNPC	-	N	MA	LA	AA	AA	AA	AA
NAG pH	-	2.98	2.97	3.36	2.46	3.36	2.47	-
Clasificación NAG	-	PAG	PAG	PAG	PAG	PAG	PAG	N/A

Prueba	Unidad	CSvT	CSvT/SI	CSvT/SI/LS	ClnrT	ClnrT/SI	ClnrT/SI/LS	ClnrT/SI/Run3
pH de pasta	-	7.20	4.70	6.40	5.80	4.50	6.90	7.90
S total	%CO <sub>2</sub>	-0.66	-2.73	-3.25	-9.01	-9.59	-9.38	-9.18
AGP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	-0.37	-0.29	-0.19	-8.48	-6.53	-6.06	-5.89
AGP (SCIS)	%CO <sub>2</sub>	-0.53	-0.45	-0.53	-8.41	-7.21	-7.11	-7.18
AGP (Pirítico)	%CO <sub>2</sub>	-0.21	-0.34	-0.27	-8.49	-6.25	-5.66	-7.40
AGP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	-0.51	-	-	-7.15	-	-	-
C total	%CO <sub>2</sub>	0.18	0.11	0.29	0.22	0.11	1.06	0.37
ANP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	0.02	0.04	0.11	0.02	0.04	0.59	0.04
ANP (CAI)	%CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.07	0.04	0.00	0.77	0.15
ANP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ANPA	%CO <sub>2</sub>	0.47	0.00	0.40	0.09	0.00	0.41	0.00
Fuente: MYSRL.								

El ensayo NCV pretende clasificar el material en cuanto al balance entre carbonatos y sulfuros para determinar el potencial de generar ácido o de neutralizar ácido. Encontrándose que las muestras de autoclaves se clasifican según el ensayo NCV entre inertes y ligeramente ácidas, mientras que las muestras de relaves de flotación se clasifican entre ligeramente ácidas y altamente ácidas.

Los resultados de AGP de las muestras de autoclave no son concluyentes (Tabla 3.2.2.3-80), pero sugieren una limitada capacidad para la generación de ácido debido al bajo o indetectable contenido de azufre sulfurado. Las muestras de autoclave tienen valores de azufre (como %CO<sub>2</sub>) de aproximadamente 2.5 a 23.6% como azufre total, 0 a 1.9% como sulfuro de azufre de pirólisis, 0 a 0.4% como SCIS sulfuro de azufre, <0.1% como sulfuro de azufre pirítico y no detectable por mineralogía (XRD). Resultando un buen acuerdo entre 3 de los métodos de detección de azufre sulfuro. El método de pirólisis puede mostrar valores más altos a partir de márgenes de error significativos para comparar el total de azufre como sulfuro en muestras tostadas con alto contenido de sulfato.

Por el contrario, en las muestras de relaves de flotación y mezclas de lodo de tratamiento (Tabla 3.2.2.3- 81, *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG a las Muestras de Relaves de Flotación*) se encontraron altos valores de azufre con capacidad de generar ácido para cuatro de las siete muestras (ClnrT, ClnrT/SI, ClnrT/SI/LS y ClnrT/SI/Run3). Se obtuvieron los siguientes rangos para cada uno de los ensayos (como %CO<sub>2</sub>), 0.7-9.6% como azufre total, 0.2-8.5% como sulfuro de azufre en pirólisis, 0.5-8.4% como sulfuro de azufre en SCIS, 0.2-8.5% como sulfuro pirítico en azufre y 0.5-7.2% por mineralogía (XRD), reportándose un buen acuerdo entre todos los métodos de detección de sulfuros de azufre.

De los ensayos de ANP se concluye que los carbonatos están presentes en niveles bajos e indetectables en las muestras. Existen bajos niveles en residuos de lixiviación y relaves de flotación con adición de piedra caliza, Comp 5 y Comp 6.

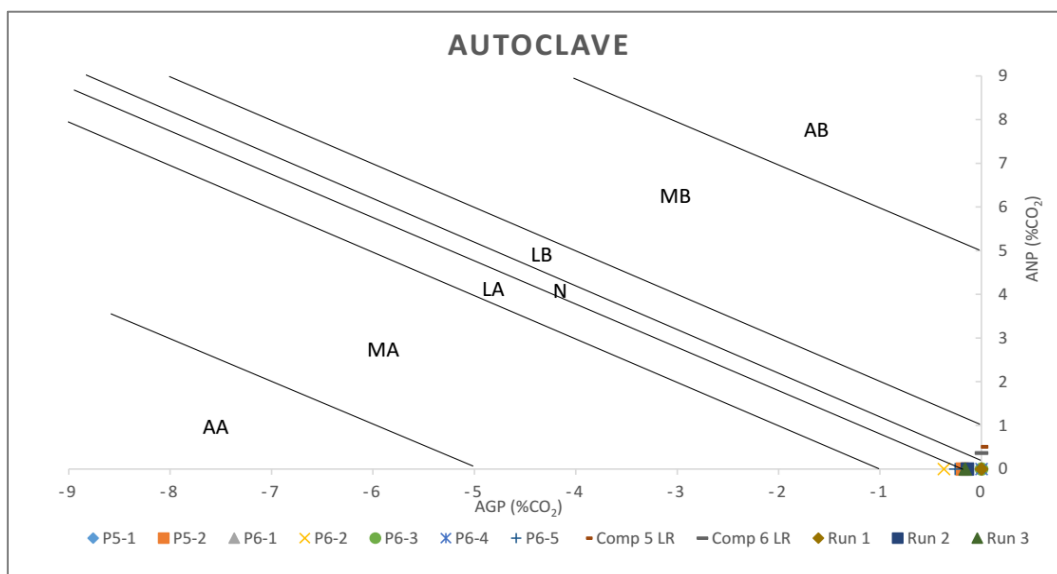
Las muestras tienen valores totales de carbono (incluidos carbonatos y especies de carbono orgánico) de 0.02 a 1.06%. El análisis de carbono después de la pirólisis a 550°F (CAP550) identificó un contenido de carbono de carbonatos de 0.02 a 0.15% para todas las muestras con la excepción de la muestra ClnrT/SI/LS (0.59%). El análisis de carbono insoluble en ácido (CAI) identificó un contenido de carbono no carbonatado de 0 a 0.77%. El ensayo ANPA 0 a 1.6% y el XRD resultó ser <0.1%, mostrando un acuerdo aceptable entre las estimaciones ANP basadas en métodos de detección de carbono.

Como conclusión de los resultados de AGP y ANP se tienen que en general hay muy bajo potencial de neutralización, las muestras de descarga de autoclaves muestran muy bajo o nulo potencial de generar acidez y cuatro muestras de los relaves de flotación presentan alto potencial de generar acidez, las restantes tres presentan un moderado potencial de generación. El gráfico AGP vs. ANP provee una



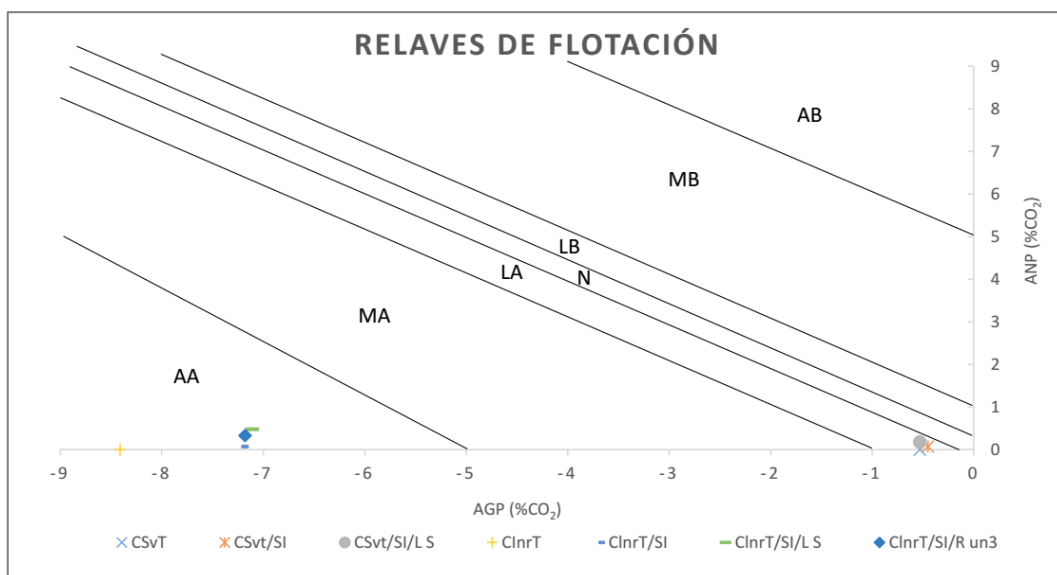
presentación visual de la clasificación de las muestras para el ensayo NCV, para interpretarlo mejor se separaron las muestras en autoclaves (Gráfico 3.2.2.3-134, AGP vs. ANP a las Muestras de Residuo de Autoclave) y relaves de flotación (Gráfico 3.2.2.3-135, AGP vs. ANP a las Muestras de Relaves de Flotación). En estos gráficos se puede confirmar como las muestras de autoclaves se distribuyen entre ligeramente ácido a inerte y los relaves de flotación entre ligeramente ácido a altamente ácido.

**Gráfico 3.2.2.3-134 AGP vs. ANP a las Muestras de Residuo de Autoclave**



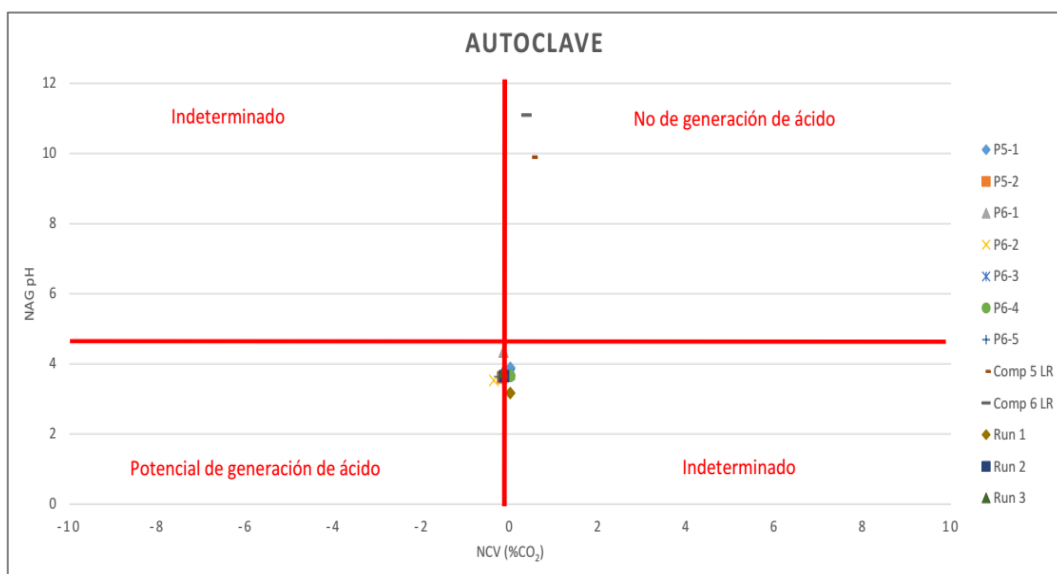
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-135 AGP vs. ANP a las Muestras de Relaves de Flotación**

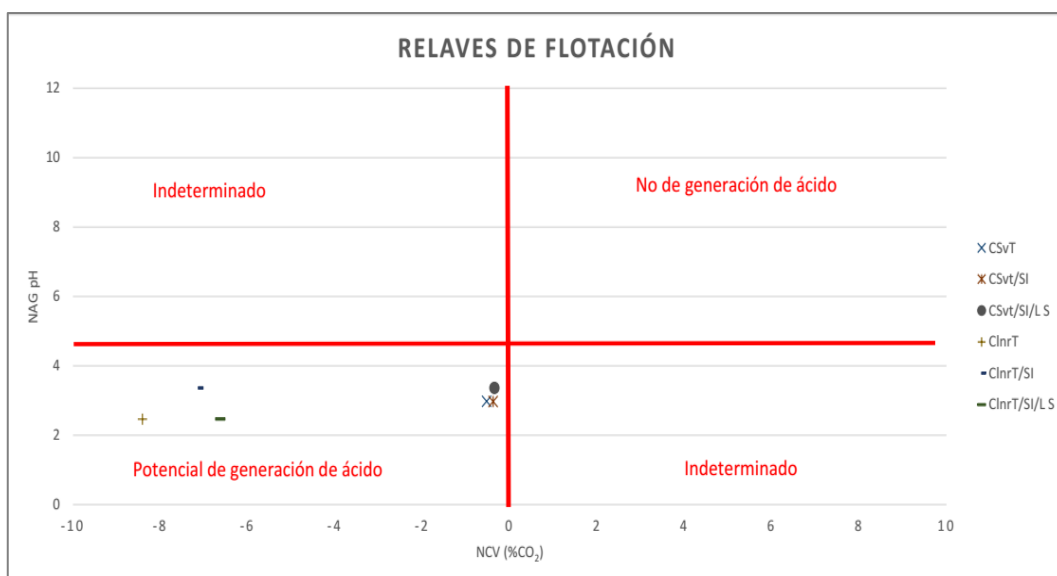


Fuente: MYSRL.

El gráfico NCV vs. NAG permite confirmar los resultados del ensayo NCV, los valores de pH NAG están reportados en la Tabla 3.2.2.3-75 y 3.2.2.3-76. Estos gráficos distinguen al material entre potencialmente generador de acidez y en no generador o indeterminado. Para las muestras de autoclave (Gráfico 3.2.2.2-136, NCV vs. pH NAG a las Muestras de Residuo de Autoclave) las muestras Comp 5 y Comp 6 son designadas no generadoras de ácido mientras que las restantes muestras están en el borde entre generadoras de ácido e indeterminado. Para las muestras de relaves de flotación (Gráfico 3.2.2.3-137, NCV vs. pH NAG a las Muestras de Relaves de Flotación) todas las muestras son designadas como generadoras de ácido.

**Gráfico 3.2.2.3-136 NCV vs. pH NAG a las Muestras de Residuo de Autoclave**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-137 NCV vs. pH NAG a las Muestras de Relaves de Flotación**

Fuente: MYSRL.

**Mezcla de Relaves - Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Tal y como se describió en la sección de Metodología, se preparará una muestra compósito conformada por: residuos de descargas de Autoclave, relaves de flotación y lodos de la planta de neutralización operada por la empresa Hazen Labs. Sin embargo, para los relaves de flotación no se especifica el origen de las muestras empleadas para realizar la mezcla compuesta.

Al compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails (mezcla de relaves) se le aplicó el ensayo NCV, para confirmar los resultados de este ensayo las muestras fueron sometidas a pruebas adicionales como mineralogía XRD, NNPC y especiación de azufre, las cuales permiten confirmar el comportamiento cuando la muestra posee alto contenido de sulfuros. Los resultados de estas pruebas para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y para las muestras que se mezclaron para formar este compósito están resumidos en la Tabla 3.2.2.3-82 *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails* (mayor detalle en Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2 Informes de Investigación y Memorandums, Yanacocha Sulfides Mixed Tailings Net Carbonate Value and Environmental Characterization*).

**Tabla 3.2.2.3-82 Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Prueba	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Comp 5 LR	Run 1	Run 3
NCV	%CO <sub>2</sub>	-2.67	0.51	0	-0.16
NNPC	%CO <sub>2</sub>	-3.05	0.95	-0.48	1.46
Clasificación NCV	-	MA	LB	I	LA
Clasificación NNPC	-	MA	LB	LA	MB
NAG pH	-	2.71	9.9	3.17	3.77
Clasificación NAG	-	PAG	No PAG	PAG	PAG
pH de pasta	-	9.76	11	2.2	2.2
S total	%CO <sub>2</sub>	-9.37	-9.23	-22.61	-22.22
AGP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	-3.26	0	-1.88	-1.63
AGP (SCIS)	%CO <sub>2</sub>	-3.81	0	0	-0.16
AGP (Pirítico)	%CO <sub>2</sub>	-3.96	-0.14	0	0
AGP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	-2.19	0	0	0
C total	%CO <sub>2</sub>	0.7	0.7	0.22	0.18
ANP (Pirolisis)	%CO <sub>2</sub>	0.18	0.02	0.02	0.02
ANP (CAI)	%CO <sub>2</sub>	0.59	0.51	0	0
ANP (XRD)	%CO <sub>2</sub>	0	0	0	0
ANPA	%CO <sub>2</sub>	0.21	0.95	0	1.62
Fuente: MYSRL.					

Según el ensayo NCV, el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se clasifica como moderadamente ácido, mientras que las muestras de autoclaves y lodos se clasifican entre ligeramente ácidos y ligeramente básicos. El valor de NCV para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails presenta valores ligeramente más ácidos que las muestras de autoclaves y lodos de neutralización (Tabla 3.2.2.3-81), este valor de acidez del compuesto puede ser debido a los relaves de flotación, sin embargo, no se poseen resultados de pruebas NCV para este material que permitan asegurar esta afirmación.

La especiación de carbono/azufre y los métodos de titulación ANPA se usan para calcular el NCV y el NNPC, y permiten confirmar los resultados obtenidos para el cálculo de NCV. La Tabla 3.2.2.3-82, *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*, presenta los datos para los análisis de especiación de carbono y azufre para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y las muestras con que se formó este compuesto. Los resultados obtenidos de los ensayos NCV y NNPC son coincidentes.

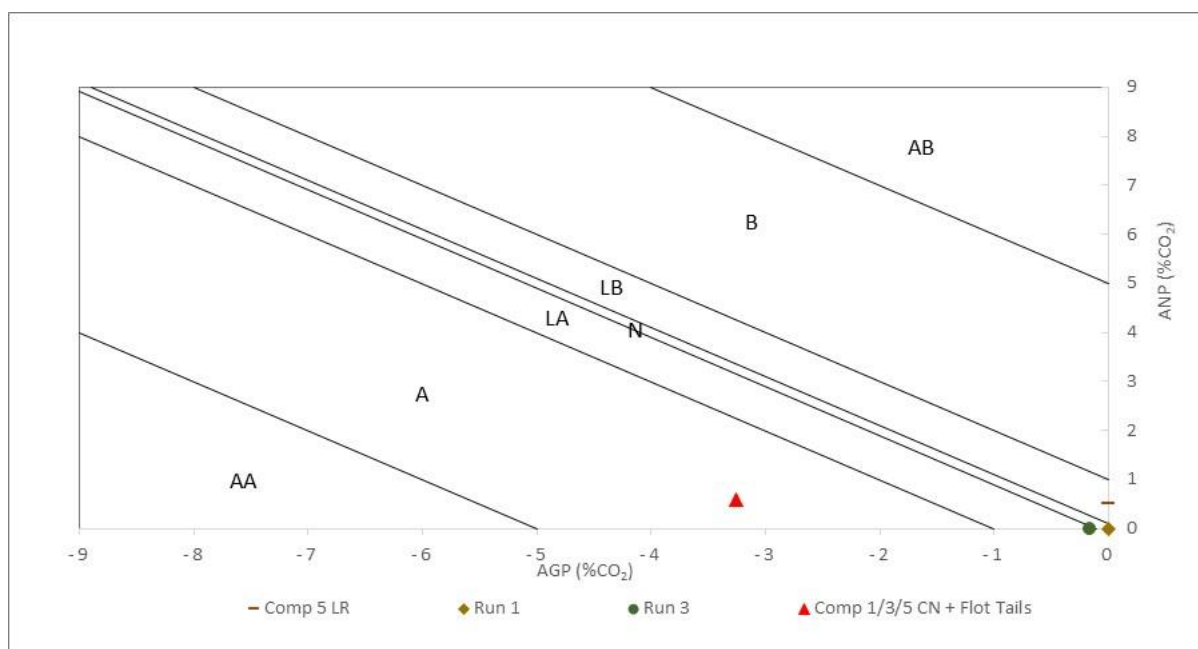
Los resultados de AGP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails presentan valores entre 3.96 a 2.19, lo que indica potencialidad para generar acidez (Tabla 3.2.2.3-82). El compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails tienen valores de azufre (como %CO<sub>2</sub>) de 9.37% como azufre total, de los cuales aproximadamente un tercio corresponde a azufre sulfuro, 3.26% como sulfuro de azufre de pirólisis, 3.28% como SCIS sulfuro de azufre, 3.96% como sulfuro de azufre pirítico y 2.19% por mineralogía (XRD). Resultando un buen acuerdo entre 4 de los métodos de detección de azufre sulfuro. Para estos ensayos los resultados obtenidos para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails son también ligeramente más ácidos que las muestras de autoclaves y lodos de neutralización.

De los ensayos de ANP se concluye que los carbonatos están presentes en niveles bajos e indetectables en todas las muestras, por lo que no poseen potencialidad para neutralizar ácido (Tabla 3.2.2.3-82). El compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails tiene un valor total de carbono (incluidos carbonatos y especies de carbono orgánico) de 0.7%. El análisis de carbono después de la pirólisis a 550°F (CAP550) identificó un contenido de carbono de carbonatos de 0.18%. El análisis de carbono insoluble en ácido (CAI) identificó un contenido de carbono no carbonatado de 0.59%. El ensayo ANPA 0.21% y el XRD no detectaron contenido de carbonatos, mostrando un acuerdo aceptable entre las estimaciones ANP basadas en métodos de detección de carbono. Los valores de estos ensayos para las muestras con que se

formó el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails presentan valores similares, por lo que la mezcla de estas muestras no afecta los valores de carbono presente.

Como conclusión de los resultados para AGP y ANP se tienen que en general hay muy bajo potencial de neutralización y el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails presentan potencial de generar acidez. El gráfico AGP vs. ANP provee una presentación visual de la clasificación de las muestras para el ensayo NCV (Gráfico 3.2.2.3-138, AGP vs. ANP para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails). En estos gráficos se puede confirmar que el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se clasifica como ácido y se ubica entre las muestras de autoclaves y de neutralización, que se clasifican entre ácido y ligeramente básico.

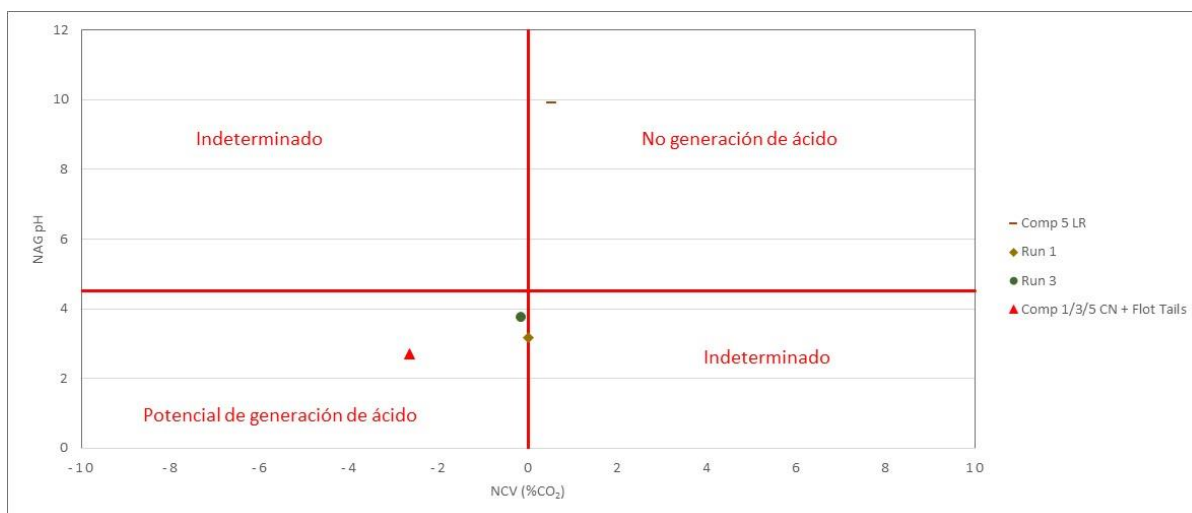
**Gráfico 3.2.2.3-138 AGP vs. ANP para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**



Fuente: MYSRL.

El resultado del ensayo pH NAG para el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se reporta en las Tabla 3.2.2.3-82, *Resultados y Clasificación de Ensayos NCV, NNPC y NAG del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*. Este ensayo muestra un resultado coincidente con la prueba NCV, ya que de él se concluye que el compuesto en cuestión es potencialmente generador de acidez. Similar al ensayo NCV se obtiene valores más ácidos de NAG del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails con las muestras de autoclaves y de neutralización.

El gráfico NCV vs. NAG permite confirmar los resultados del ensayo NCV. Este gráfico distingue al material entre potencialmente generador de acidez, en no generador o en indeterminado. Con la excepción de la muestra de autoclave Comp 5 LR todas las demás muestras, incluido el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, son designadas como potencialmente generador de acidez (Gráfico 3.2.2.3-139, NCV vs. pH NAG del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails).

**Gráfico 3.2.2.3-139 NCV vs. pH NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Fuente: MYSRL.

Índice de Abundancia Geoquímica*Relaves de Flotación y Residuos de Autoclave*

La Tabla 3.2.2.3-83, *Abundancia Elemental y GAI para Muestras de Relaves de Flotación, y Residuos de Autoclave*, presenta los análisis químicos realizados a las muestras, según lo previsto para análisis de caracterización medioambientales, en comparación con los valores de GAI. En ella puede observarse que los metales antimonio, arsénico, cobre, mercurio, y plomo, presentan valores de GAI entre 5 y 6 para casi todas las muestras y otros como calcio y molibdeno presentan un GAI de 1 a 3 en la mayoría de las muestras analizadas, mercurio, plomo y antimonio presentan valores de GAI de 6 en las muestras de autoclaves.

Estos resultados reflejan que hay un enriquecimiento significativo de metales de preocupación ambiental en las muestras sólidas de autoclaves y relaves de flotación. Sin embargo, el impacto que puedan tener estas muestras en el ambiente depende de otros factores además de su abundancia, depende del pH del medio lixiviante, de las condiciones redox y de la fase mineral en la cual se encuentre el metal. De esta prueba lo que se debe tener en cuenta es que son metales tóxicos y al estar en alta concentración son potenciales de contaminación y debe vigilarse su concentración en los lixiviados de estos residuos.

**Tabla 3.2.2.3-83 Abundancia Elemental y GAI de Elementos para Muestras de Relaves de Flotación, Relaves de Autoclave y Lodos de Tratamiento de Agua Ácida**

Elemento	Unid.	Contenido medio del suelo	P5-1	P5-2	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	Comp 5 LR	Comp 6 LR	Run 1	Run 2	Run 3	CSvT	CSvT/ SI	CSvT/ SV/LS	ClnrT	ClnrT/SI	ClnrT/SI ILS	ClnrT/SI /Run3
Ag	ppm		26,1	31,1	29,9	4,5	23	69,2	333	20,9	3,1	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	6	5,2	6,4	5,2
Al	ppm	71000	3598	3126	2183	869	2791	2920	9635	462	345	1773	2624	2147	14356	13513	12970	21164	12011	11623	12068
As	ppm	6	135	1229	1165	4166	1298	2405	3321	1778	4939	4080	3734	3089	351	629	676	2121	1954	1910	1887
Ba	ppm	500	3592	2285	2053	103	1311	1256	374	711	789	52	42	42	228	234	212	306	207	177	183
Be	ppm	6	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	2	3	<2	<2	<2	7	7	7	<2	7	7	7
C	%		<0,01	0,15	0,02	0,04	0,02	0,01	0,05	0,19	0,15	0,06	0,06	0,05	0,05	0,03	0,08	0,06	0,03	0,29	0,1
Ca	ppm	15000	89390	148	47684	21256	88231	65237	177687	87986	79630	174330	165749	177129	9549	20210	26207	14229	21222	28148	23408
Cd	ppm	0,35	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<2	<2	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Co	ppm	8	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	12	3	<2	<2	<2	4	4	3	<2	7	6	7
Cr	ppm	70	31	41	60	8	22	22	25	43	38	31	40	34	45	42	40	34	40	40	39
Cu	ppm	30	5589	6450	3972	1890	3918	5471	2516	2706	337	370	572	451	873	820	785	5676	5145	4996	4952
Fe	ppm	40000	5468	6829	10068	5853	3784	5942	13246	6809	12112	80588	105336	94256	21048	29180	30882	70152	74384	70812	71740
Hg	ppm	0,06	4,69	158	6,11	4,94	5,12	6,63	33	4,36	0,81	131	0,26	0,15	0,14	0,12	0,1	0,44	0,41	0,46	
K	ppm	14000	2108	848	1414	880	881	909	1135	471	427	977	1064	1228	2644	2050	2512	1889	2258	1627	1632
Mg	ppm	5000	290	184	298	103	127	128	102	196	163	240	281	195	3583	3392	2906	7334	2682	2933	2935
Mn	ppm	1000	44	8	24	18	26	19	21	32	20	27	34	31	478	428	413	444	381	323	343
Mo	ppm	2	3	2	5	2	<2	6	29	8	9	17	21	19	10	11	10	20	26	25	25
Na	ppm	5000	675	557	595	528	594	579	613	442	307	615	664	694	3965	3789	3477	3896	3320	2945	3054
Ni	ppm	50	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	6	4	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Pb	ppm	35	1342	7064	6250	81	1604	2080	3464	2734	830	25	<10	<10	194	187	177	315	236	227	251
S	%		9,11	185	5,42	17,2	8,92	7	15,1	6,74	5,56	16,5	15,7	16,2	0,48	199	2,37	6,58	7	6,85	6,7
Sb	ppm	5	282	419	374	31	288	743	3458	411	391	<25	<25	<25	57	67	59	173	127	130	122
Se	ppm	0,4	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sr	ppm	250	187	50	92	77	95	99	286	57	54	68	78	70	184	225	198	331	169	166	169
Ti	ppm		940	1868	1313	110	1104	1133	605	17	16	126	134	125	928	893	790	1183	715	658	700
Tl	ppm		<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
V	ppm	90	<2	3	<2	<2	<2	4	14	<2	<2	11	16	14	40	37	37	35	34	31	31
Zn	ppm	90	50	46	32	7	20	48	16	94	41	16	28	15	111	106	93	287	219	201	285

**Nota:**  
 GAI=0 <3 veces la mediana del contenido del suelo  
 GAI=1 3 a 6 veces  
 GAI=2 6 a 12 veces  
 GAI=3 12 a 24 veces  
 GAI=4 24 a 48 veces  
 GAI=5 48 a 96 veces  
 GAI=6 >96 veces

Fuente: MYSRL

**Mezcla de Relaves - Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Los resultados de los Índices de Abundancia Geoquímica para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails son reportados en la Tabla 3.2.2.3-83, *Abundancia Elemental y GAI para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*. En ella puede observarse que los metales antimonio, arsénico y cobre presentan valores de GAI entre 5 y 6 para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails. Mercurio y plomo presentan un GAI de 3 a 4 y el molibdeno presentan un GAI de 1 a 2.

En la Tabla 3.2.2.3-84 también se presentan los resultados de los análisis químicos a la muestra de Relaves de Flotación y a las muestras de autoclave y planta piloto de neutralización, que se usaron para generar el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails. De estos resultados se puede observar que los Relaves de Flotación presentan los mismos valores de GAI, para todos los metales, determinados en la muestra compuesta, lo que indica que en ambas muestras la abundancia de metales con respecto a la media es la misma. Esto puede hacer pensar que gran parte de la composición de la muestra compuesta está conformada por los relaves de flotación y estos condicionan su química. Para el caso de las otras muestras que dieron origen al compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, estas presentan resultados similares de abundancia para algunos de los metales (As y Mo) mientras que en otros metales presentan valores inferiores al compósito en estudio (Cu y Sb) y otros valores ligeramente superiores (Ca, Pb y Hg). Esto se debe a que la abundancia de cada metal es diferente para cada muestra y las proporciones de cada muestra en la mezcla también son diferentes. Adicionalmente, estos resultados reflejan que hay un enriquecimiento significativo de metales en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails de preocupación ambiental por lo que será necesario complementar con los ensayos de lixiviación, estáticos y cinéticos, en función al pH y ambiente redox para definir los cuidados ambientales que se tendrán que tomar en cuenta al disponer el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails.

**Tabla 3.2.2.3-84 Abundancia Elemental y GAI de Elementos para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Analito	Unidad	Contenido medio del suelo	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Relaves de flotación	Comp 5 LR	Run 1	Run 3
Ag	ppm	-	10.10	9.80	20.90	<3.0	<3.0
Al	ppm	71000.00	13969.00	14928.00	462.00	1773.00	2147.00
As	ppm	6.00	1619.00	1337.00	1778.00	4080.00	3089.00
Au	ppm	-	0.39	-	-	-	-
Ba	ppm	500.00	1247.00	262.00	711.00	52.00	42.00
Be	ppm	6.00	<2	<2	2.00	<2	<2
C	%	-	0.19	0.03	0.19	0.06	0.05
Ca	ppm	15000.00	33517.000	1570.00	87986.0	174330.0	177129.0
Cd	ppm	0.35	<30	<30	<2	<30	<30
Co	ppm	8.00	5.00	10.00	12.00	<2	<2
Cr	ppm	70.00	26.00	17.00	43.00	31.00	34.00
Cu	ppm	30.00	2571.00	2670.00	2706.00	370.00	451.00
Fe	ppm	40000.00	44468.00	55924.00	6809.00	80588.00	94256.00
Hg	ppm	0.06	2.454	1.495	4.360	1.310	0.150
K	ppm	14000.00	3684.0	3072.00	471.00	977.00	1228.00
Mg	ppm	5000.00	1473.00	557.00	196.00	240.00	195.00
Mn	ppm	1000.00	78.00	68.00	32.00	27.00	31.00
Mo	ppm	2.00	19.00	22.00	8.00	17.00	19.00
Na	ppm	5000.00	1568.00	1584.00	442.00	615.00	694.00
Ni	ppm	50.00	<20	<20	6.00	<20	<20
Pb	ppm	35.00	1186.00	954.00	2734.00	25.00	<10
S	%	-	6.84	5.7	6.7	16.5	16.2
Sb	ppm	5	251	262	411	<25	<25
Se	ppm	0.4	<10	<10	<10	<10	<10
Sr	ppm	250	585	281	57	68	70
Ti	ppm	-	738	1176	17	126	125
Tl	ppm	-	<20	<20	<20	<20	<20
V	ppm	90	12	24	<2	11	14
Zn	ppm	90	103	198	94	16	15

**Nota:**

GAI=0 &lt;3 veces la mediana del contenido del suelo

GAI=1 de 3 a 6 veces

GAI=2 de 6 a 12 veces

GAI=3 de 12 a 24 veces

GAI=4 de 24 a 48 veces

GAI=5 de 48 a 96 veces

GAI=6 &gt;96 veces

Estándar por debajo del límite de detección

Fuente: MYSRL.



## Mineralogía

### *Relaves de Flotación y Residuos de Autoclave*

Se realizó un análisis mineralógico por difracción de rayos X (XRD) en las muestras, para identificar los minerales de azufre y carbono presentes (Tabla 3.2.2.3-85, *Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en Muestras de Relaves de Flotación y Relaves de Autoclave*). La cantidad de minerales se determinó de manera semicuantitativa por refinamiento Rietveld y ajuste de patrones completos, usando armónicos esféricos para ayudar a corregir los efectos de orientación y la corrección del tamaño de partícula Brindley para ayudar a corregir las variaciones de los factores de microabsorción de las fases identificadas.

Los resultados confirman la presencia de calcita neutralizante en CSvT (0.3% en peso promedio), pirita generadora de ácido en CSvT y ClnrT (0.7% y 9.8% respectivamente) y enargita también un sulfuro de As y Cu generador de acidez (0.3%) en la muestra P5-2. Los minerales con mayor abundancia para todas las muestras fueron cuarzo y yeso.

La mineralogía permite establecer que el ensayo ANPA no debe emplearse en las muestras de autoclaves y relaves de flotación como un método para determinar el ANP, ya que no están presentes los carbonatos de hierro (ankerita y siderita).

Tabla 3.2.2.3-85 Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en Muestras de Relaves de Flotación, Relaves de Autoclave y Lodos de Tratamiento de Agua Ácida

	Unidad	P5-1	P5-2	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	Comp 5 LR	Comp 6 LR	Run 1	Run 2	Run 3	CSvT	ClnrT
Cuarzo - $\text{SiO}_4$	%	65.2	96.8	75.3	4.7	67.5	72.7	12.2	70.8	69.4	3.3	3.8	2.6	86.9	77.7
Yeso - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	%	32.4		21.7	95.3	30.4	24.3	84.9	28.3	30	96.7	96.2	97.4		
Romboclasa - $\text{H}_5\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2 \cdot 4(\text{H}_2\text{O})$	%	1.7	1.6	1.5		1.2	1.9	2.4						1.1	
Rutilo - $\text{TiO}_2$	%	0.7	0.6	0.7		0.9	1	0.5	0.9	0.6					0.4
Actinolita - $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	%													2.6	5.1
Plagioclasa - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	%													6	4.4
Anglesita - $\text{PbSO}_4$	%		0.7	0.8											
Calcita - $\text{CaCO}_3$	%													0.3	
Clorita - $\text{ClO}_2^-$	%													0.3	0.5
Enargita - $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$	%		0.3												0.8
Sericita	%													1.3	0.8
Pirita - $\text{FeS}_2$	%													0.7	9.8
Zunyita - $\text{Al}_{13}\text{Si}_5\text{O}_{20}(\text{OH,F})_{18}\text{Cl}$	%													0.9	0.5
Fuente: MYSRL.															

*Mezcla de Relaves - Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*

Se realizó un análisis de mineralogía por difracción de rayos X (XRD) en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails (Tabla 3.2.2.3-86, Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails).

Los resultados confirman pirita (2.5%) generadora de ácido y de sulfuro de hierro (0.5%), el cual también es un mineral que puede generar acidez. Este análisis confirma que no hay presencia de calcita neutralizante, lo que indica que no necesariamente todas las muestras de relaves fueron incluidas en la mezcla. Estos resultados están en concordancia con los obtenidos en el ensayo NCV, permitiendo inferir que la muestra compuesta exhibe una generación ácida neta. Los minerales con mayor abundancia para todas las muestras fueron cuarzo y yeso.

**Tabla 3.2.2.3-86 Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

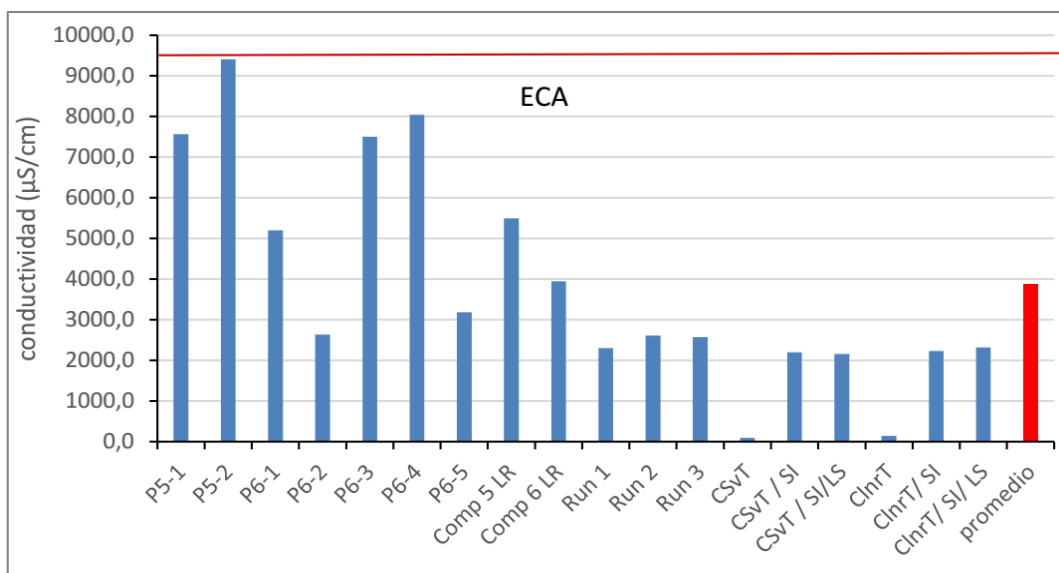
Mineral	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails
Cuarzo	%	62.9
Yeso	%	9.1
Anhidrita	%	7.8
Pirofilita	%	7.6
Bassanita	%	4.1
Ilita/Sericita	%	2.5
Pirita	%	2.5
Plagioclasa	%	2
Sulfuro de hierro	%	0.5
Kaolinita	%	0.5
Rutilo	%	0.4
<b>Fuente:</b> MYSRL.		

Procedimiento de Lixiviación por Precipitación Sintética*Relaves de Flotación y Residuos de Autoclave*

Este análisis permite identificar las especies que pueden pasar a solución o ser disueltas a partir de las muestras de descargas de autoclaves y relaves de flotación, originados en los procesos de extracción de oro y cobre. Las muestras fueron sometidas a agitación con agua desionizada durante 18 horas usando el método SPLP para luego analizar los lixiviados por ICP-MS en el laboratorio de Newmont Metallurgical Service, con la finalidad determinar las sales solubles, metales y aniones.

Se graficaron las abundancias de los metales y parámetros como acidez, alcalinidad, conductividad y pH determinados para las distintas muestras, cuyos valores se presentan en la Tabla 3.2.2.3-87, *Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación*. Se puede observar que los valores de conductividad se encuentran, para todas las muestras, por debajo de los estándares de calidad ambiental (ECA) y para la muestra Cstv la conductividad es cercana a cero lo que implica que no posee sales solubles que puedan pasar a solución acuosa (Gráfico 3.2.2.3-140, *Conductividad en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

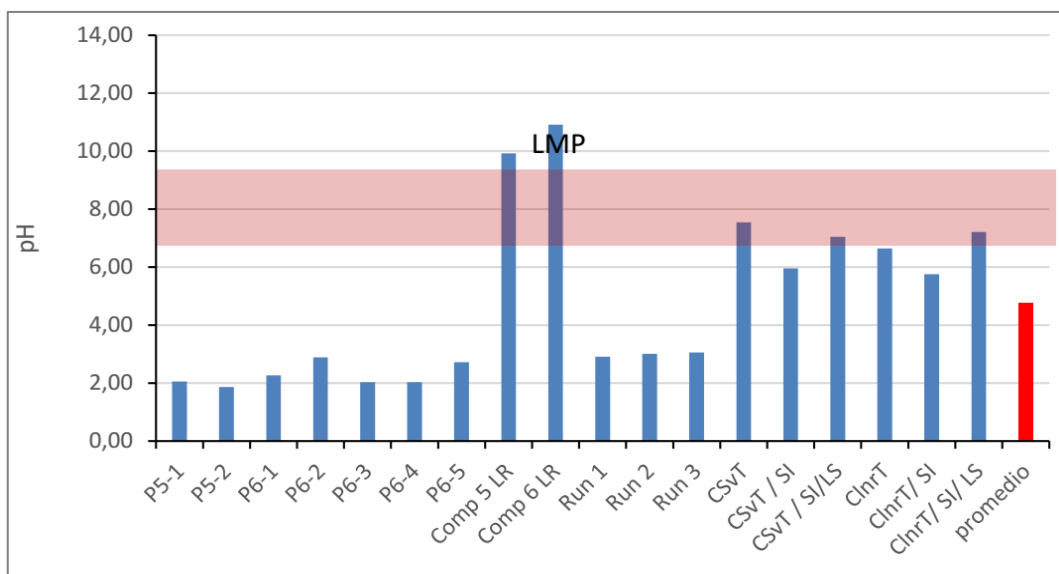
**Gráfico 3.2.2.3-140 Conductividad en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

El pH presenta valores tanto alcalinos para algunas muestras de relaves de flotación y ácidos para algunas muestras de descargas de autoclave. El pH alcalino que presentan estas colas de desechos ha ocasionado que los metales precipitaran como sulfatos o sales muy poco solubles en agua (Gráfico 3.2.2.3-141, pH en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Autoclaves y Relaves de Flotación). Las otras muestras de relaves poseen valores de pH ligeramente ácidos a neutros y cantidades variables de Ca, pero lixivian muy pocos metales de interés ambiental, sobre todo en las muestras que conforman la muestra compuesta.

**Gráfico 3.2.2.3-141 pH en el Ensayo SPLP comparado con LMP y ECA de Autoclaves y Relaves de Flotación**

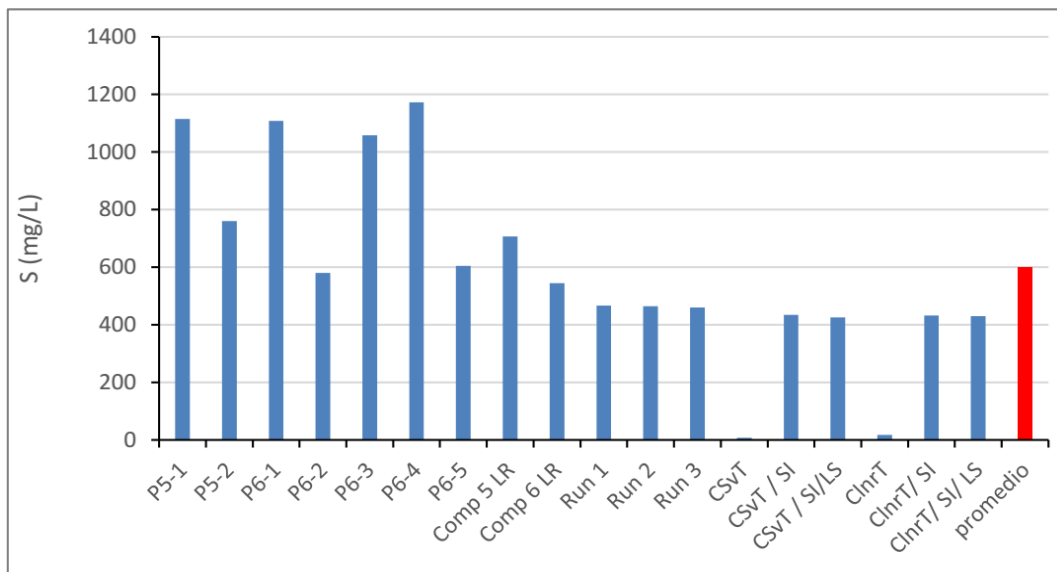


Fuente: MYSRL.

Las cantidades de Stotal en estas muestras de relave son más bajas que en las muestras de autoclaves y, según la litología de los sólidos (Tablas 3.2.2.3-85, Resultados de Ensayos Mineralógicos XRD en Muestras de Relaves de Flotación, Relaves de Autoclave y 3.2.2.3-87, Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación), el calcio y el azufre en solución provienen de la disolución del carbonato, la pirita, el yeso y de otros metales que se disolvieron durante el proceso de tratamiento, ya que estos metales se encuentran en equilibrio con la fase mineral (Gráfico 3.2.2.3-142, Lixiviación de Azufre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación y

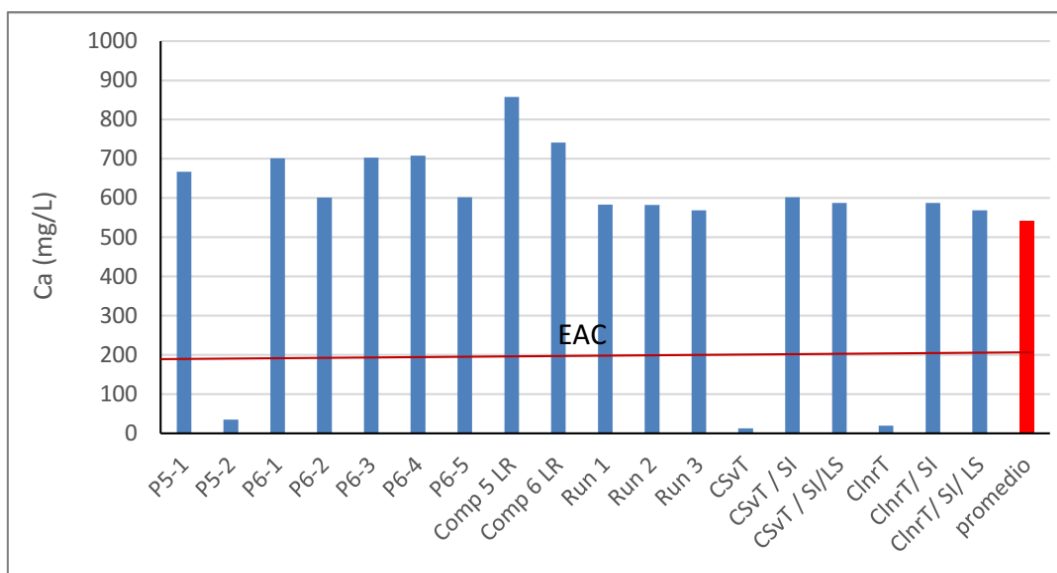
Gráfico 3.2.2.3-143, *Lixiviación de Calcio del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*). El yeso precipita como producto de los procesos de neutralización de ácido sulfúrico, producido por oxidación de sulfuros, con los carbonatos presentes.

**Gráfico 3.2.2.3-142 Lixiviación de Azufre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

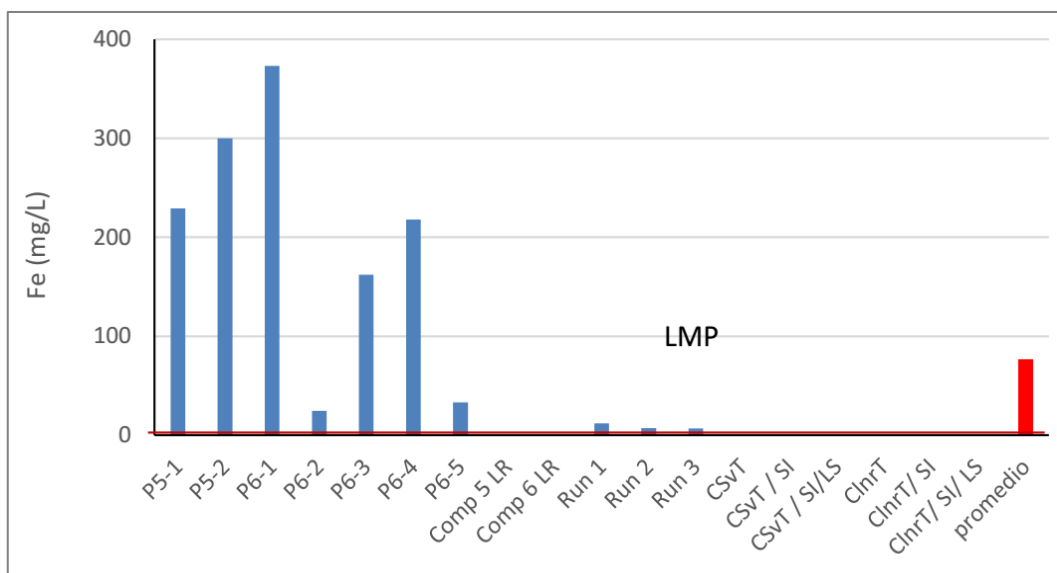
**Gráfico 3.2.2.3-143 Lixiviación de Calcio del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

Las muestras neutras muestran muy poco Fe en solución lo que indica que la pirita presente no se ha disuelto y que además lo que se pudo liberar de Fe precipitó como sulfato (Gráfico 3.2.2.3-144, *Lixiviación de Hierro del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

**Gráfico 3.2.2.3-144 Lixiviación de Hierro del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

En la Tabla 3.2.2.3-87, *Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación*, también se puede observar que las muestras provenientes de autoclaves lixivian mayor cantidad de metales y en altas concentraciones, que las de relaves de flotación, las muestras de autoclaves poseen los menores valores de pH los cuales coinciden con el pH medido en pasta, liberando en solución metales más contaminantes y que se encuentran por encima de los límites de referencia empleados, metales de importancia ambiental tales como, As, Fe, Cu y Pb, algunos de ellos superan en más de cien a los Límites Máximos Permisibles (Tabla 3.2.2.3-87, *Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación*, Gráfico 3.2.2.3-144, *Lixiviación de Hierro del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*, Gráfico 3.2.2.3-145, *Lixiviación de Arsénico del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*, Gráfico 3.2.2.3-146, *Lixiviación de Cobre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves* y Gráfico 3.2.2.3-147, *Lixiviación de Plomo del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

La muestra que lixivia menor contenido de metales y por debajo del rango de referencia es la muestra de relave Cstv, en la cual el lixiviado tiene pH alcalino, seguida por las de pH neutro en las cuales sólo Ca está por encima de los valores de referencia (Gráfico 3.2.2.3-143, *Lixiviación de Calcio del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

Tabla 3.2.2.3-87 Metales Lixiviados del Ensayo SPLP de Autoclaves y Relaves de Flotación

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	P5-1	P5-2	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	Comp 5 LR	Comp 6 LR	Run 1	Run 2	Run 3	CSvT	CSvT/ SI	CSvT/ SI/LS	ClnrT	ClnrT/ SI	ClnrT/ SI/ LS	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
																					Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	40.30	49.70	32.40	0.47	35.70	42.10	0.86	0.15	0.10	0.01	0.01	0.02	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	229.0	300.0	373.0	24.6	162.0	218.0	33.3	0.37	0.31	11.90	7.21	6.75	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	2.06	2.50	4.82	0.17	2.01	1.72	1.31	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.02	0.06	0.05	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	0.67	1.23	1.58	0.17	0.48	0.48	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Cu	mg/L	266.0	209.0	214.0	72.9	152.0	274.0	83.5	0.94	0.93	6.55	10.30	8.75	0.01	1.20	0.07	0.15	5.30	0.02	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.10	0.14	0.13	0.20	0.08	0.07	0.03	0.00	0.00	0.27	0.37	0.27	0.05	1.68	0.14	1.40	1.76	0.17	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.17	0.30	0.13	0.01	0.16	0.25	0.01	0.08	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	-	-	-
Co	mg/L	0.12	0.29	0.29	0.06	0.09	0.08	0.02	0.01	0.00	0.04	0.06	0.04	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	-	0.05	1
V	mg/L	0.13	0.09	0.07	0.00	0.08	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Zn	mg/L	2.50	2.37	2.01	0.75	1.35	2.39	0.96	0.00	0.00	0.56	0.83	0.62	0.01	0.87	0.05	0.27	1.35	0.01	1.5	2	24
Sb	mg/L	1.15	4.62	0.35	0.07	3.01	1.61	0.16	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	-	-	-
Al	mg/L	8.53	2.81	11.58	3.26	13.72	8.06	4.50	1.43	0.06	1.22	1.51	1.58	0.03	0.03	0.01	0.00	0.05	0.00	-	5	5
Ba	mg/L	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04	0.08	0.10	0.09	0.03	0.02	0.07	0.04	0.02	-	0.7	-
Ca	mg/L	667.0	34.6	701.0	601.0	703.0	708.0	602.0	858.0	741.0	583.0	582.0	569.0	13.1	602.0	587.0	19.9	587.0	569.0	-	200	-
Mg	mg/L	1.88	0.81	0.92	3.95	2.41	1.31	0.55	0.90	0.12	3.32	4.31	3.54	0.53	1.55	1.78	0.59	1.16	1.53	-	150	150
Ni	mg/L	0.10	0.11	0.13	0.06	0.08	0.12	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.00	0.07	0.05	0.02	0.09	0.05	-	0.2	0.2
K	mg/L	0.80	0.48	0.75	0.47	1.60	1.00	0.50	1.53	0.61	0.75	0.55	0.54	0.75	3.06	2.42	0.91	2.50	1.83	-	-	-
Se	mg/L	0.01	0.01	0.06	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.05	0.05
Ag	mg/L	0.11	0.30	0.10	0.01	0.05	0.37	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.05	0.05
Na	mg/L	1.25	1.58	1.47	1.39	0.91	0.68	1.23	7.21	2.74	2.39	2.29	2.08	0.87	1.48	1.68	0.75	1.11	1.10	-	200	-
Ti	mg/L	0.05	0.15	0.28	0.02	0.07	0.05	0.04	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Bi	mg/L	0.08	0.05	0.09	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
Ga	mg/L	0.17	0.20	0.29	0.05	0.14	0.17	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
Sr	mg/L	0.41	0.03	0.56	0.55	0.44	0.47	0.48	0.70	0.61	0.49	0.60	0.54	0.05	0.44	0.45	0.07	0.43	0.44			
pH final	-	2.05	1.87	2.27	2.89	2.03	2.03	2.72	9.93	10.91	2.91	3.01	3.06	7.55	5.96	7.05	6.65	5.76	7.21	6 - 9	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
SDT	mg/L	4460	1780	4570	2420	3660	4220	2490	2978	2530	2082	2090	2180	72	2206	2252	106	2160	2218	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	7565	9411	5203	2632	7505	8041	3180	5496	3945	2300	2610	2569	93	2201	2155	143	2231	2315	-	2000	5000

**Nota:**

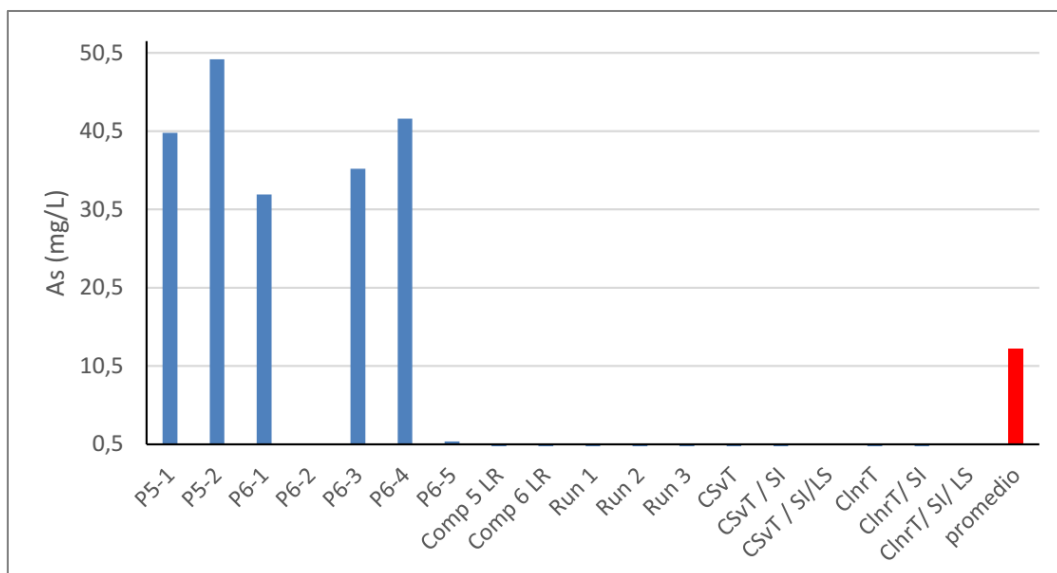
(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S

excede el LMP o el ECA por <10  
excede el LMP o el EAC por >10  
excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

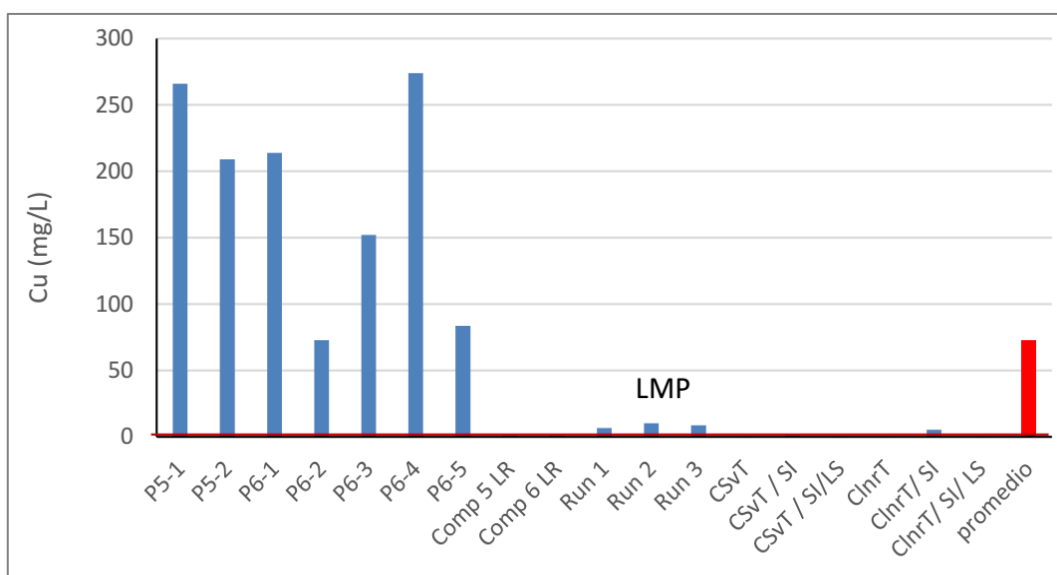


**Gráfico 3.2.2.3-145 Lixiviación de Arsénico del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



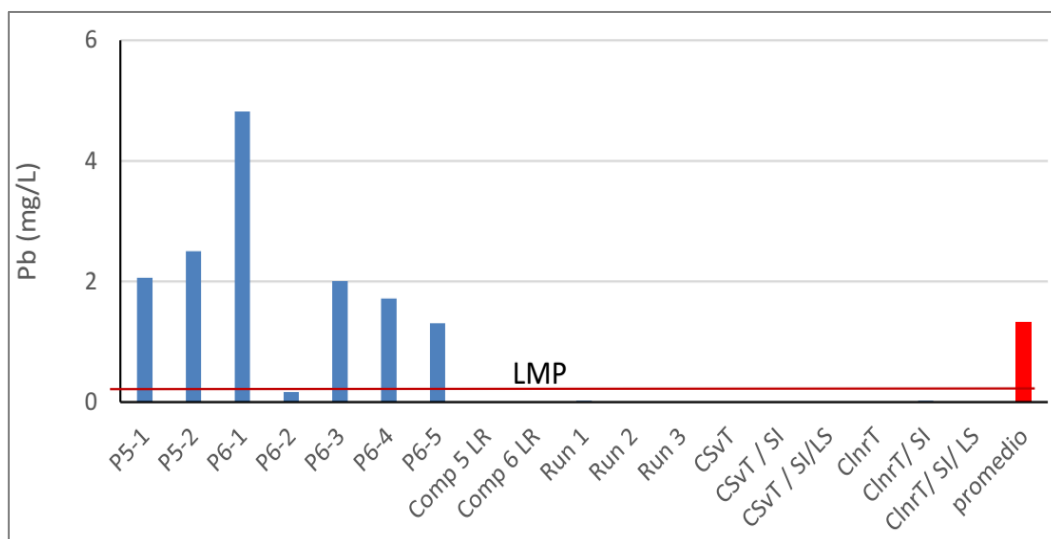
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-146 Lixiviación de Cobre del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

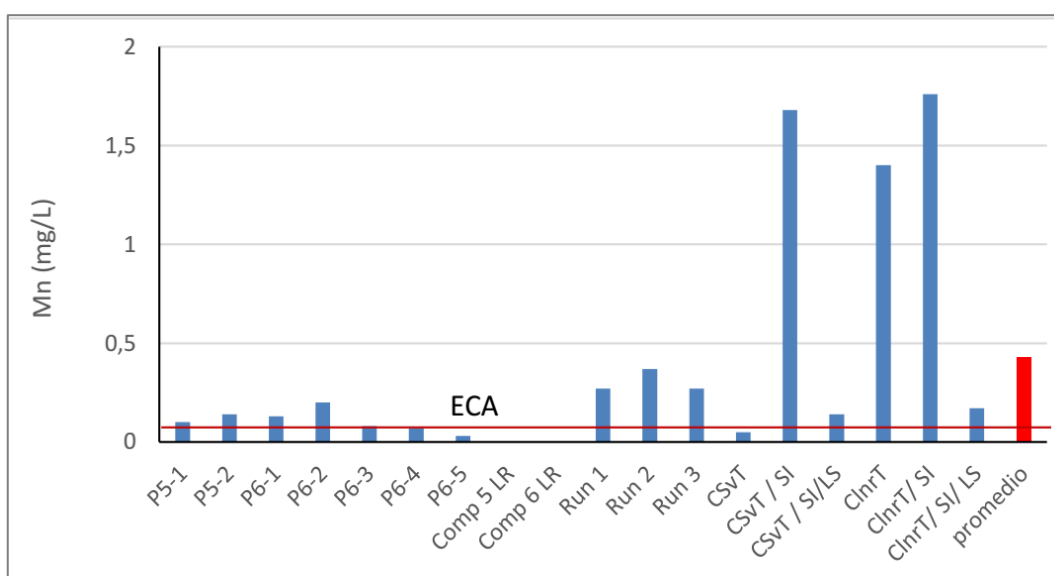
**Gráfico 3.2.2.3-147 Lixiviación de Plomo del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

Metales como Mn (Gráfico 3.2.2.3-148, Lixiviación de Manganeso del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación), por ejemplo, superan los LMP en mayor medida en las muestras de relaves mientras que en las de autoclaves apenas sobrepasan el límite.

**Gráfico 3.2.2.3-148 Lixiviación de Manganeso del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

En la Tabla 3.2.2.3-88, Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Fisicoquímicos del Ensayo SPLP de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA, se presentan máximos, mínimos y promedios de las muestras de autoclaves y relaves de flotación comparados con los LMP y ECA. El promedio de las muestras de relaves y autoclaves sigue mostrando valores por encima de los límites de referencia empleados para los metales As, Cu, Fe, Pb, que son de repercusión ambiental considerable, además de para Co, Ca y Ag.

De estos As y Cu se encuentran excediendo en más de 100 los límites de referencia, sobre todo en las muestras de autoclaves. Co excede en menos de 10 a los valores de referencia, también en las muestras de autoclave (Gráfico 3.2.2.3-149, Lixiviación de Cobalto del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación). Ca, por el contrario, está excediendo en menos de 10 veces los límites, pero tanto en muestras de autoclave como en las de relaves de flotación. Gráficos

adicionales son mostrados en el Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2, Informes de Investigación y Memorandums*.

**Tabla 3.2.2.3-88 Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Fisicoquímicos del Ensayo SPLP de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	49.7	0.01	12.62	0.1	0.1	0.2
Fe	mg/L	373	0.05	75.93	2 <sup>(3)</sup>	5	**
Pb	mg/L	4.82	0	0.81	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.062	0	0.01	0.05	0.01	0.05
Cr total	mg/L	1.58	0	0.26	-	0.1	1
Cu	mg/L	274	0.01	72.5	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	1.76	0	0.38	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.3	0	0.067	-	-	-
Co	mg/L	0.29	0	0.07	-	0.05	1
V	mg/L	0.21	0	0.03	-	-	-
Zn	mg/L	2.5	0	0.94	1.5	2	24
Sb	mg/L	4.62	0	0.63	-	-	-
Al	mg/L	13.72	0	3.24	-	5	5
Ba	mg/L	0.1	0	0.04	-	0.7	**
Be	mg/L	3.85	< 0.002	0.19	-	0.1	0.1
Ca	mg/L	858	13.1	540	-	200	-
Mg	mg/L	4.31	0.12	1.73	-	**	250
Ni	mg/L	0.13	0	0.06	-	0.2	1
K	mg/L	3.06	0.47	1.17	-	-	-
Se	mg/L	0.06	0	0.0067	-	0.02	0.05
Ag	mg/L	0.37	0	0.07	-	0.05	0.05
Na	mg/L	7.21	0.68	1.79	-	200	-
Tl	mg/L	0.28	0.001	0.04	-	-	-
Hg	mg/L	<0.0005	< 0.0005	<0.0005	0.002	0.001	0.01
Bi	mg/L	0.09	0.05	0.055	-	-	-
Sr	mg/L	0.7	0.03	0.431	-	-	-
Ti	mg/L	0.68	0.01	0.397	-	-	-
Si	mg/L	3.07	0.05	0.896	-	-	-
Ga	mg/L	0.29	0.05	0.09	-	-	-
pH final	--	10.91	1.87	4.77	6 - 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
SDT	mg/L	4570	72	2471	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	9411	93.4	3866	-	2500	5000

**Nota:**

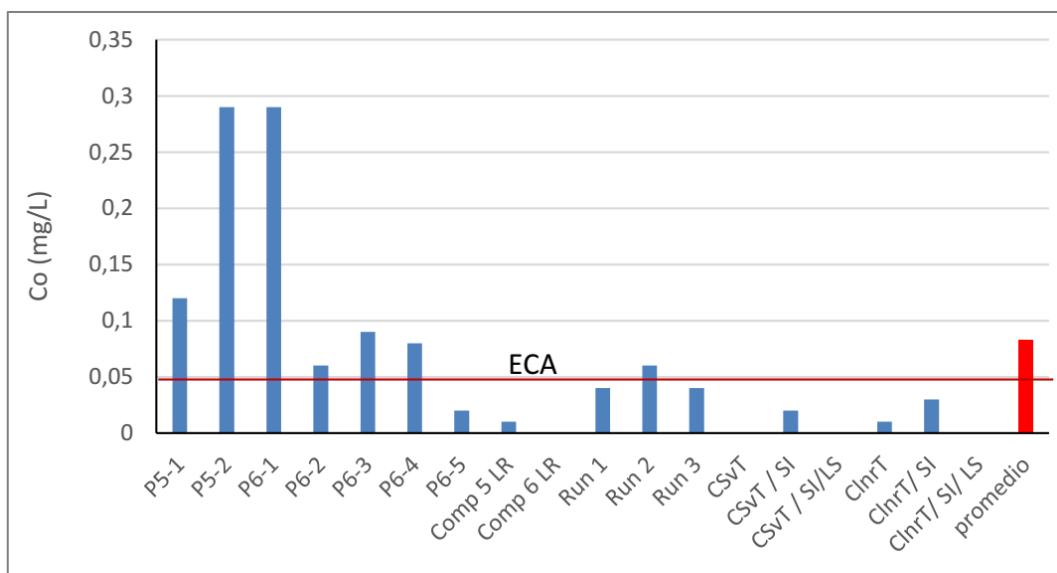
(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM.\*\* No aplica.

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por >100

**Fuente:** MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-149 Lixiviación de Cobalto del Ensayo SPLP comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**

Fuente: MYSRL.

*Mezcla de Relaves - Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*

Las abundancias de los metales y parámetros como acidez, alcalinidad, conductividad y pH determinados para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y para algunas de las muestras con que se formó dicho compósito se presentan en la Tabla 3.2.2.3-89, *Sales Solubles, Metales y Aniones Lixiviados del Ensayo SPLP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*. Es de hacer notar que el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails solo presenta al amoníaco con valores por encima de los LMP o ECA a diferencia de las muestras con las cuales se formó este compósito que según lo discutido anteriormente, presentan algunos metales por encima de los estándares (As, Ca, Cu, Fe y Mn), este comportamiento puede ser debido a que el pH del compósito fue ajustado a 11.5 con cal y este pH básico impide la lixiviación de especies, lo que implica que si se presenta un buen manejo de los valores de pH para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se puede evitar la lixiviación de metales y aniones. Es importante recordar que para el compósito y para las muestras con que este se conformó, el ensayo SPLP solo se realiza añadiendo agua desionizada debido a la presencia de CN que impide usar algún ácido para realizar este ensayo.

**Tabla 3.2.2.3-89 Sales Solubles, Metales y Aniones Lixiviados del Ensayo SPLP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Analito	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Comp 5 LR	Run 1	Run 3	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
							Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Ag	mg/L	0.002	0.02	0.00	0.00	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.7	1.43	1.22	1.58	-	5	5
As	mg/L	0.003	0.15	0.01	0.02	0.1	0.1	0.2
B	mg/L	0.016	-	-	-	-	1	5
Ba	mg/L	0.22	0.03	0.04	0.10	-	0.7	**
Be	mg/L	<0,0018	-	-	-	-	0.1	0.1
Bi	mg/L	<0,10	0.05	0.05	0.05	-	-	-
Ca	mg/L	11.5	858.00	583.00	569.00	-	200	-
Cd	mg/L	0.0002	0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.05
Co	mg/L	0.003	0.01	0.04	0.04	-	0.05	1
Cr (Total)	mg/L	<0,0008	0.03	0.01	0.01	-	0.1	1
Cu	mg/L	0.032	0.94	6.55	8.75	0.5	0.2	0.5

Analito	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Comp 5 LR	Run 1	Run 3	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
							Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Fe	mg/L	<0,10	0.37	11.90	6.75	2 <sup>(2)</sup>	5	**
Ga	mg/L	<0,10	0.05	0.05	0.05	-	-	-
Hg	mg/L	<0,0001	-	-	-	0.002	0.001	0.01
K	mg/L	4.86	1.53	0.75	0.54	-	-	-
Li	mg/L	<0,02	-	-	-	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	1.8	0.90	3.32	3.54	-	**	250
Mn	mg/L	0.01	0.00	0.27	0.27	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.02	0.08	0.00	0.00	-	-	-
Na	mg/L	7.51	7.21	2.39	2.08	-	200	-
Ni	mg/L	0.001	0.04	0.05	0.05	-	0.2	1
Pb	mg/L	<0,0014	0.00	0.02	0.01	0.2	0.05	0.05
S	mg/L	12.4	-	-	-	-	-	-
Sb	mg/L	0.005	0.17	0.00	0.00	-	-	-
Sc	mg/L	<0,10	-	-	-	-	-	-
Se	mg/L	0.002	0.02	0.00	0.00	-	0.02	0.05
Si	mg/L	<0,10	-	-	-	-	-	-
Sn	mg/L	<0,10	-	-	-	-	-	-
Sr	mg/L	1.88	0.70	0.49	0.54	-	-	-
Ti	mg/L	0.002	-	-	-	-	-	-
Tl	mg/L	<0,0016	0.01	0.01	0.01	-	-	-
U	mg/L	0.0003	-	-	-	-	-	-
V	mg/L	<0,0006	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Zn	mg/L	<0,005	0.00	0.56	0.62	1.5	2	24
Acid-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	0.2	-	-	-	-	-	-
Alk-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	39	-	-	-	-	-	-
Cond. eléctrica	µS/cm	151	5496	2300	2569	-	2500	5000
Dureza	mg/L	36.1	-	-	-	-	-	-
pH final	-	9.29	9.93	2.91	3.06	6 – 9	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
SDT	mg/L	84	2978.00	2082.00	2180.00	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/L	1.46	-	-	-	-	-	-
F <sup>-</sup>	mg/L	0.45	-	-	-	-	1	**
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0,45 <sup>+</sup>	-	-	-	-	0.053	0.053
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	<0,04	-	-	-	-	10	10
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	0.26	-	-	-	-	90	90
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	<0,02	-	-	-	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	40.3	-	-	-	-	1000	1000

**Nota:**

(1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) LMP para hierro disuelto. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM. \*\* No aplica. + Comparado con los valores ECA a pH 9 y 25 °C.



excede el LMP o el ECA por <10

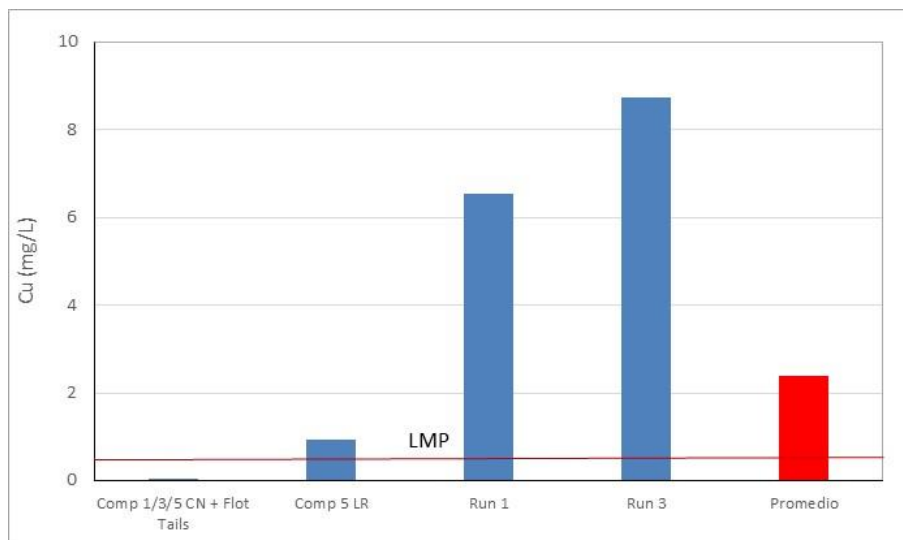
excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

Para obtener una mejor perspectiva de la baja tasa de lixiviación mostrada por el compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se realizó una gráfica donde se comparó la lixiviación de cobre del compuesto con las muestras que generaron el mismo, gráficamente también el promedio ponderado de las mismas (calculado considerando los porcentajes de las mezclas de cada residuo) y el LMP (Gráfico 3.2.2.3-150, *Lixiviación de Cobre en el Ensayo SPLP comparados con LMP del Residuo del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*). En esta gráfica claramente se observa que los valores para la muestra compuesta no representan un riesgo ambiental ya que se encuentran por debajo de los LMP.

**Gráfico 3.2.2.3-150 Lixiviación de Cobre en el Ensayo SPLP comparados con LMP del Residuo del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**



Fuente: MYSRL.

#### Lixiviación por Generación Ácida Neta (NAG)

##### *Relaves de Flotación y Residuos de Autoclave*

Las soluciones de lixiviado en el ensayo NAG de las muestras de autoclaves y relaves de flotación fueron ácidas (pH 3.2 y 4.4), con la excepción de los residuos de lixiviación Comp 5 y Comp 6 (pH 9.9 y 11.1), lo cual las clasifica como generadoras de acidez. Ahora bien, según el análisis mineralógico solo una de estas muestras presenta sulfuros y no hay carbonatos presentes. El pH inicial de la pasta de autoclaves y relaves de flotación es ácido (Tabla 3.2.2.3-90, *Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) por lo que se debe comparar el pH antes y después de esta prueba, si el pH disminuye mucho más se genera acidez, si por el contrario se alcaliniza ocurre un proceso de dilución por la adición de la solución de peróxido. Las únicas muestras que cambiaron sustancialmente el valor de pH son las muestras de relaves de flotación lo que indica que estas fueron generadoras de acidez (pH 2.5-3.4). El ácido fue generado a partir de sulfuros reactivos que están presentes en mayor cantidad en comparación a minerales con potencial de neutralización del ácido.

En la Tabla 3.2.2.3-90, *Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*, también se presentan los valores del ensayo de NAG para las muestras comparados con los LMP y ECA. En ella se observa que, la concentración del Cu en el lixiviado excede hasta 100 veces los valores de referencia establecidos mientras que los metales Mn, Ag, Fe, Pb y As exceden hasta 10 veces en la mayoría de las muestras. El pH de la solución resultante del ensayo, de todas las muestras de relaves de flotación es ácido lo que favorece la disolución de ciertas sales y que los metales estén en fase soluble.

En la Tabla 3.2.2.3-91, *Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Fisicoquímicos del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA*, se presentan máximos, mínimos y promedios de las muestras de autoclaves y relaves de flotación comparados con los LMP y ECA. Los metales como As, Pb y Cu presentan alta lixiviación y en estos resultados se evidencia que se encuentran en fases minerales que son atacadas por agentes oxidantes como peróxidos, es decir en sulfuros reactivos. Por lo que debe tomarse este hecho en consideración en el momento de tratar ambientalmente estos desechos.

Tabla 3.2.2.3-90 Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	P5-1	P5-2	P6-1	P6-2	P6-3	P6-4	P6-5	Comp 5 LR	Comp 6 LR	Run 1	Run 2	Run 3	CSvT	CSvT / SI	CSvT / SI/LS	ClnrT	ClnrT/ SI	ClnrT/ SI/ LS	LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
																					Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.13	0.13	0.20	0.03	0.06	0.39	0.62	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.05	0.1
Fe	mg/L	10.40	15.80	10.20	0.87	6.92	8.91	0.63	0.03	0.01	1.43	0.84	1.04	1.67	0.91	1.09	47.00	39.20	14.60	2 <sup>(3)</sup>	1	1
Pb	mg/L	3.39	4.08	3.20	0.36	2.84	2.96	0.44	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.44	0.38	0.29	0.89	2.10	0.72	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05	0.005	0.01
Cr total	mg/L	0.14	0.20	0.25	0.06	0.09	0.07	0.01	0.14	0.15	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	-	-	-
Cu	mg/L	45.00	37.50	36.20	14.10	25.90	39.40	13.90	0.01	0.01	2.01	2.88	1.96	5.83	5.14	4.12	16.10	15.00	22.90	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.06	0.05	0.06	0.07	0.05	0.04	0.04	0.00	0.00	0.09	0.09	0.06	0.72	0.54	0.55	0.85	0.60	0.61	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.17	0.02	0.01	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.01	0.04	0.01	0.00	-	-	-
Co	mg/L	0.02	0.05	0.06	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	-	0.05	1
V	mg/L	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	-	-	-
Zn	mg/L	0.50	0.44	0.43	0.19	0.31	0.49	0.22	0.01	0.00	0.38	0.44	0.41	0.74	0.64	0.67	1.27	1.16	1.29	1.5	2	24
Sb	mg/L	0.72	0.63	0.05	0.03	0.81	1.36	0.16	0.56	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	-	-	-
Al	mg/L	1.75	0.49	2.54	0.86	2.67	1.53	0.72	0.21	0.44	0.35	0.38	0.28	1.51	1.24	0.22	3.24	2.82	2.01	-	5	5
Ba	mg/L	0.04	0.01	0.00	0.03	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.18	0.25	0.37	0.10	0.04	0.04	0.08	0.06	0.06	-	0.7	-
Mg	mg/L	0.60	0.14	0.23	0.81	0.49	0.29	0.13	0.72	0.13	1.20	1.16	0.78	0.77	0.64	0.86	0.99	0.75	1.86	-	150	150
Ni	mg/L	0.04	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.24	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	-	0.2	0.2
Se	mg/L	0.01	0.02	0.01	0.03	0.04	0.01	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05
Ag	mg/L	0.11	0.30	0.10	0.01	0.05	0.37	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.05	0.05
Ti	mg/L	0.03	0.03	0.08	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	-	-	-
pH final	-	2.51	2.38	2.39	3.00	2.42	2.37	2.90	9.87	11.09	2.13	2.27	2.42	2.98	2.97	3.36	2.46	3.36	2.47	6 - 9	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5

**Nota:**

(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 002-2008-MINAM.

excede el LMP o el ECA por &lt;10

excede el LMP o el EAC por &gt;10

excede el LMP o el EAC por &gt; 100

Fuente: MYSRL

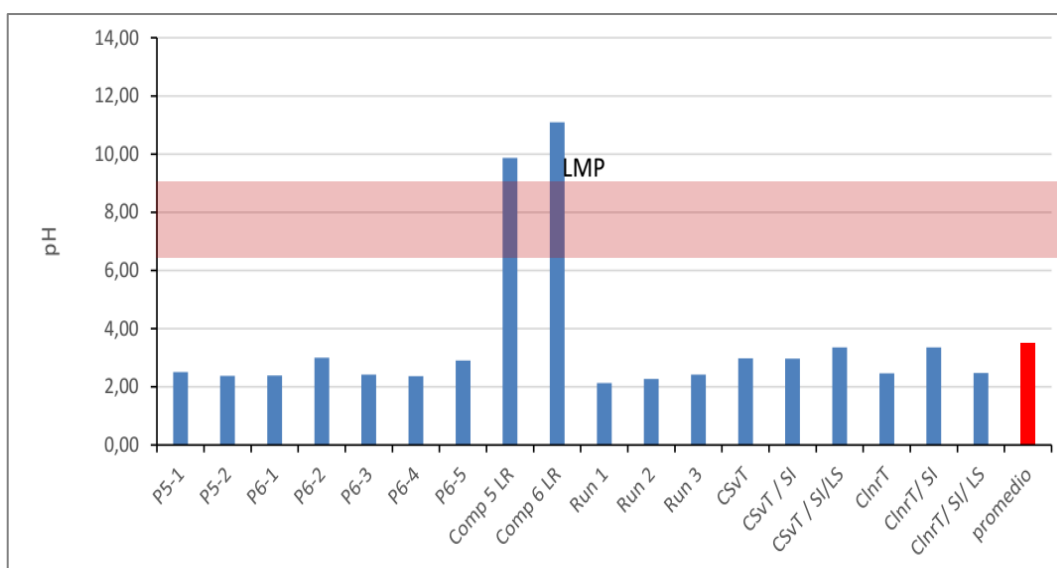


**Tabla 3.2.2.3-91 Máximos, Mínimos y Promedio de Metales y otros Parámetros Fisicoquímicos del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación comparados con LMP y ECA**

Analito <sup>(1)</sup>	Unidad	Resultados			LMP <sup>(2)</sup>	ECA <sup>(4)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
As	mg/L	0.61	0.00	0.22	0.1	0.1	0.2
Fe	mg/L	47.00	0.01	8.98	2 <sup>(3)</sup>	5	**
Pb	mg/L	4.08	0.00	1.23	0.2	0.05	0.05
Cd	mg/L	0.02	0.00	0.01	0.05	0.01	0.05
Cr total	mg/L	0.25	0.01	0.08	-	0.1	1
Cu	mg/L	45.00	0.01	16.00	0.5	0.2	0.5
Mn	mg/L	0.85	0.00	0.25	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.04	0.000	0.02	-	-	-
Co	mg/L	0.06	0.00	0.02	-	0.05	1
Zn	mg/L	1.29	0.00	0.53	1.5	2	24
Sb	mg/L	1.36	0.00	0.245	-	-	-
Al	mg/L	3.24	0.21	1.29	-	5	5
Ba	mg/L	0.37	0.00	0.08	-	0.7	**
V	mg/L	0.03	0	0.011	-	-	-
Be	mg/L	0.011	0.0	0.002	-	0.1	0.1
Mg	mg/L	1.86	0.13	0.70	-	**	250
Ni	mg/L	0.24	0.02	0.05	-	0.2	1
Se	mg/L	0.05	0.01	0.02	-	0.02	0.05
Tl	mg/L	0.08	0.00	0.02	-	-	-
Hg	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.002	0.001	0.01
Ag	mg/L	0.62	0.00	0.09	-	0.05	0.05
pH final	--	11.09	2.13	3.5	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Nota:							
(1) Concentraciones de metales totales. (2) D.S. N° 010-2010-MINAM. (3) LMP para hierro disuelto. (4) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM.** No aplica.							
	excede el LMP o el ECA por <10						
	excede el LMP o el EAC por >10						
	excede el LMP o el EAC por > 100						
Fuente: MYSRL							

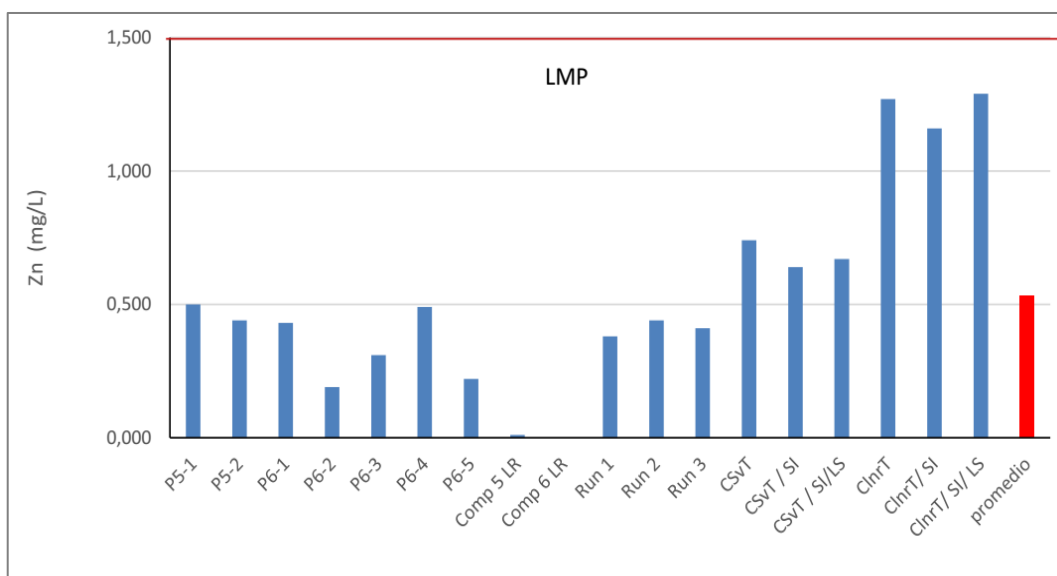
Aunque el pH final del ensayo es ácido para las muestras de autoclave es menos ácido que el pH original de la pasta, lo que favorece que muchas especies que estaban disueltas precipiten (Gráfico 3.2.2.3-151, *pH en el Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*); asimismo, la disolución de ciertas especies colocan iones en solución que al estar en equilibrio con ciertos metales origina su precipitación, lo que a su vez produce que muchos metales se encuentren por debajo de los valores de referencia como es el caso de Zn y Al (Gráfico 3.2.2.3-152, *Lixiviación de Zinc del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación* y Gráfico 3.2.2.3-153, *Lixiviación de Aluminio del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

**Gráfico 3.2.2.3-151 pH en el Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



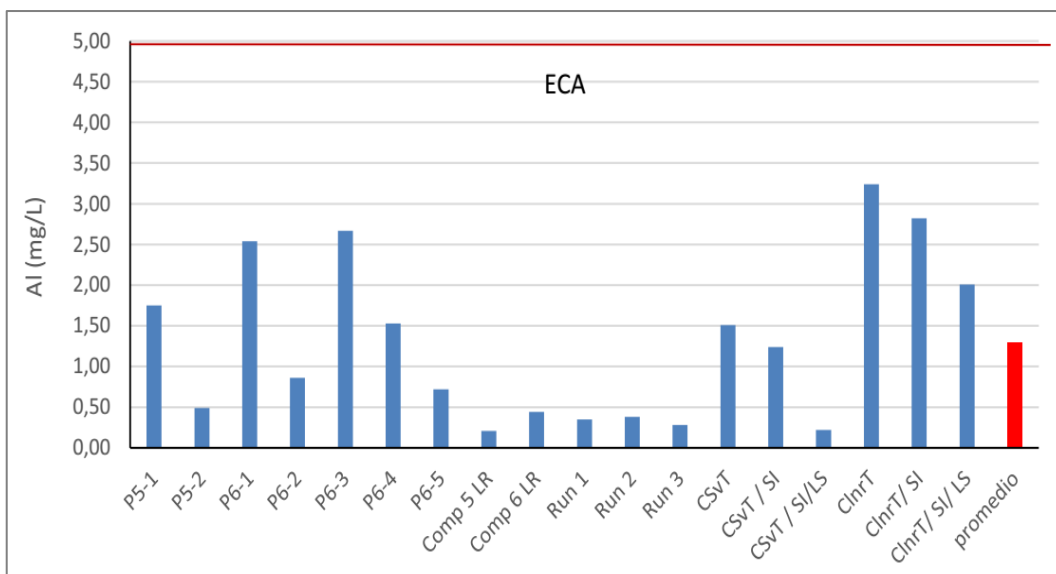
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-152 Lixiviación de Zinc del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-153 Lixiviación de Aluminio del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



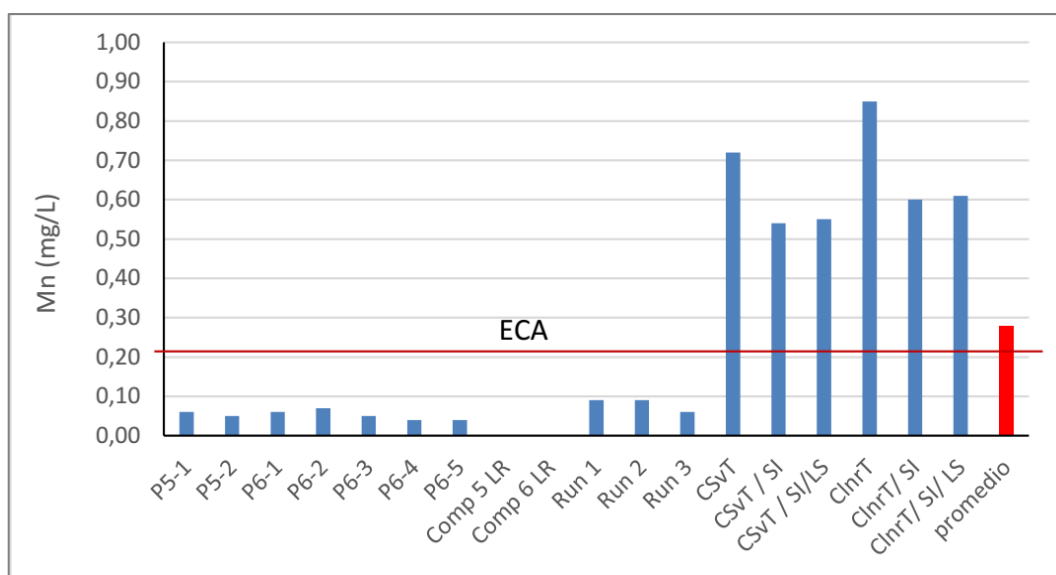
Fuente: MYSRL.

En los gráficos que muestra la distribución de los metales analizados en todas las muestras. Se observa que con respecto a la prueba de SPLP, algunos metales son afectados más que otros en el proceso de oxidación por peróxido. Por ejemplo, el Mn (Gráfico 3.2.2.3-154, *Lixiviación de Manganeso del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) presenta aumento en la concentración del lixiviado en todas las muestras de relaves, lo que significa que se encuentra en una fase mineral soluble en estas condiciones.

El Fe (Gráfico 3.2.2.3-155, *Lixiviación de Hierro del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*), también presenta un aumento significativo de lixiviación en los relaves ya que estas muestras contienen pirita según el análisis mineralógico. La lixiviación de Ag (Gráfico 3.2.2.3-156, *Lixiviación de Plata del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) se favorece aún más en las muestras de autoclave, en las de relaves su concentración es casi cero.

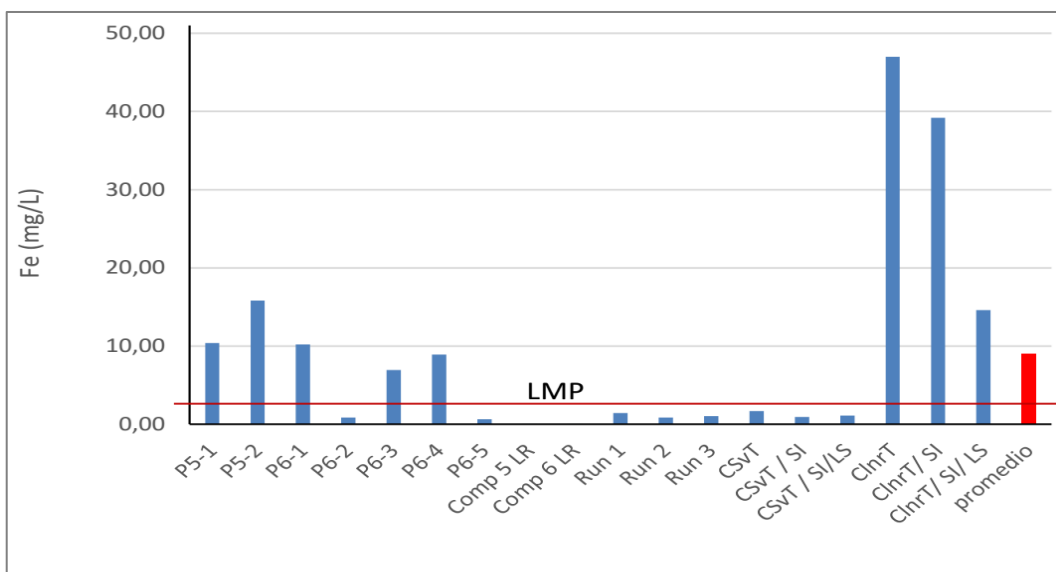
El Pb (Gráfico 3.2.2.3-157, *Lixiviación de Plomo del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) y el As (Gráfico 3.2.2.3-158, *Lixiviación de Arsénico del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) se favorecen en ambos grupos de muestras, relaves y autoclaves, su dependencia es con el pH ya que lixivian en las muestras que presentan pH más ácido. Zn (Gráfico 3.2.2.3-152, *Lixiviación de Zinc del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) y Al (Gráfico 3.2.2.3-153, *Lixiviación de Aluminio del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*) lixivian en mayor cantidad en las muestras de relaves, aunque se encuentran siempre por debajo del límite de referencia.

**Gráfico 3.2.2.3-154 Lixiviación de Manganeso del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



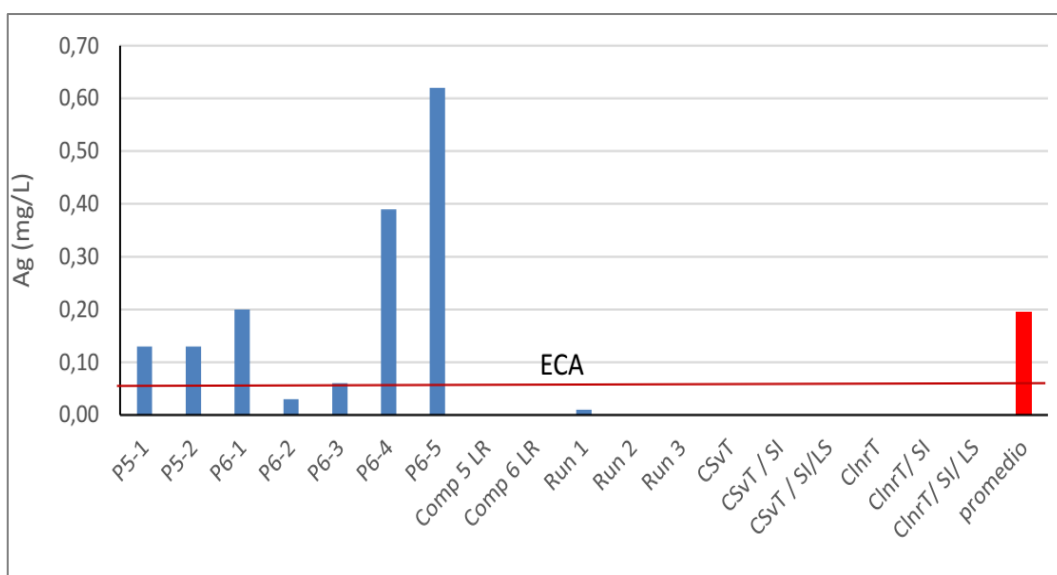
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-155 Lixiviación de Hierro del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



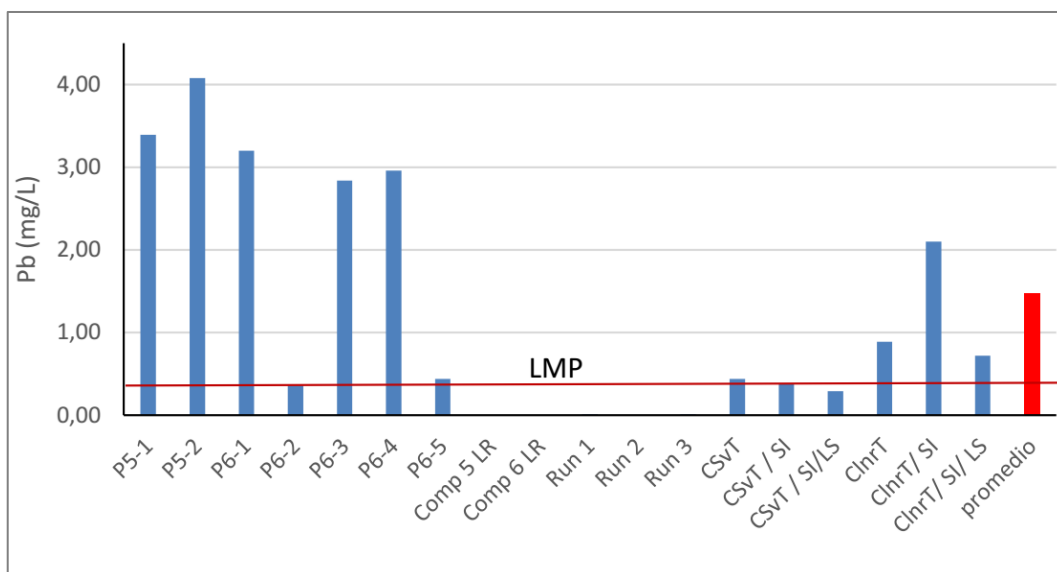
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-156 Lixiviación de Plata del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



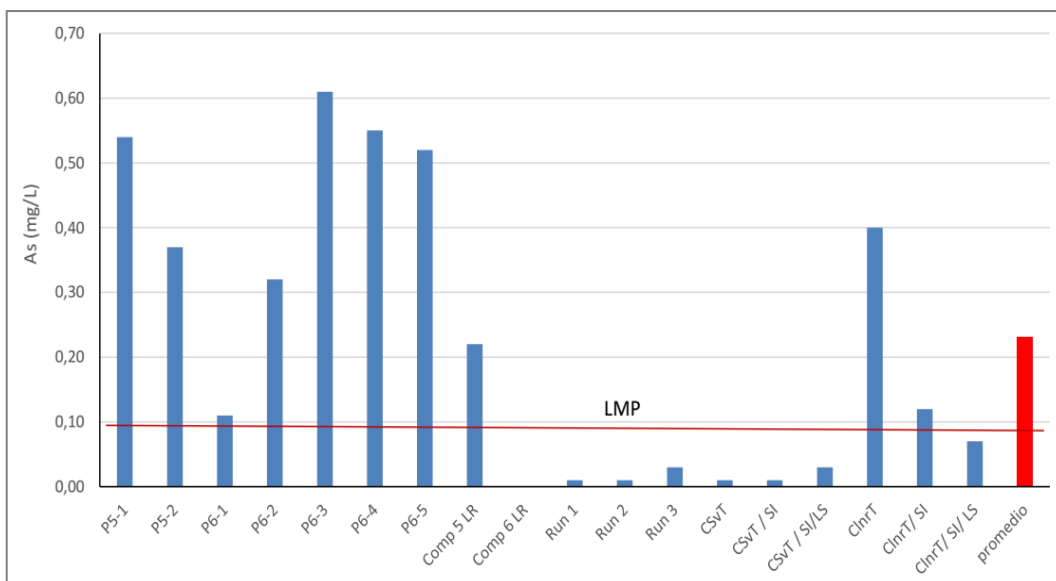
Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-157 Lixiviación de Plomo del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

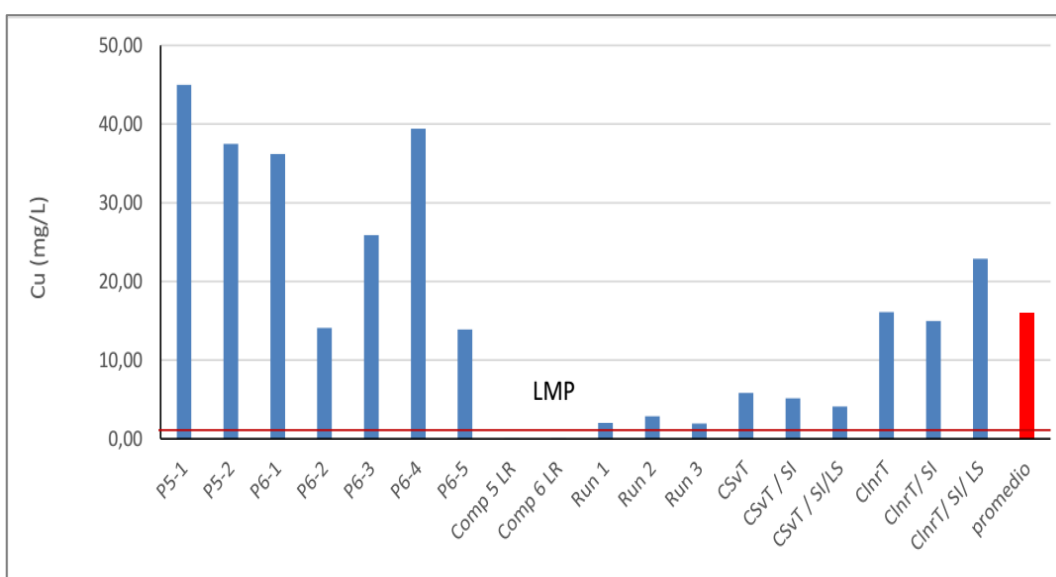
**Gráfico 3.2.2.3-158 Lixiviación de Arsénico del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

Por otra parte, la muestra P5-2 de autoclave, es la que presenta menor valor de pH y mayor acidez, mayor valor de conductividad y mayor contenido de metales como Cd, As, Ni y Sb (Tabla 3.2.2.2-90, *Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*). La concentración de Ca es baja en esta muestra lo que significa que no posee muchos minerales que permitan la neutralización, lo cual se confirma al observar su mineralogía en la Tabla 3.2.2.2-86. Otras muestras presentan también altos valores de acidez, P5-1, P6-1, P6-3, P6-4, P6-2 y P6-5, y mayor concentración de metales en el lixiviado, tales como, Fe, Cu, Cr, Pb, As, Cd, Co, Ni, Zn, Se, Sb, Al. El metal Mn se presenta con mayor abundancia en las muestras de pH ligeramente ácido, superando los límites de referencia. El Cu para todas las muestras con excepción de Comp 5 LR y Comp 6 LR se encuentra por encima del LMP, en estas muestras el pH básico impide que este metal quede en solución, las muestras de autoclaves lixivian Cu en mayor proporción que los relaves (Gráfico 3.2.2.2-159, *Lixiviación de Cobre del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación*).

**Gráfico 3.2.2.3-159 Lixiviación de Cobre del Ensayo NAG comparados con LMP y ECA de Residuo de Autoclave y Relaves de Flotación**



Fuente: MYSRL.

## Mezcla de Relaves - Compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails

Los valores de metales de la solución lixiviada del ensayo NAG para el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails se reporta en la Tabla 3.2.2.3-92, Metales Lixiviados del Ensayo NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, esta tabla también presenta los valores del ensayo de NAG para algunas de las muestras con que se formó el compósito, todos comparados con los LMP y ECA. La concentración de los metales Cu y Pb en el lixiviado del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails excede los valores de referencia establecidos más de 100 veces, mientras que los metales Cd, Co, Fe, Hg y Mn exceden hasta 10 veces los valores. A diferencia del ensayo de lixiviación por SPLP el pH de la solución resultante del ensayo NAG del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails es ácido lo que favorece la disolución de ciertas sales pasando los metales a fase soluble.

Tabla 3.2.2.3-92 Metales Lixiviados del Ensayo NAG de Residuo del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails

Analito	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Comp 5 LR	Run 1	Run 3	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
							Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Ag	mg/L	0.021	0.02	0.00	0.00	-	0.05	0.05
Al	mg/L	1.57	0.21	0.35	0.28	-	5	5
As	mg/L	0.044	0.00	0.01	0.00	0.1	0.1	0.2
B	mg/L	<0.04	-	-	-	-	1	5
Ba	mg/L	0.05	0.05	0.18	0.37	-	0.7	**
Be	mg/L	<0.002	-	-	-	-	0.1	0.1
Cd	mg/L	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05
Co	mg/L	0.077	0.00	0.01	0.01	-	0.05	1
Cr (Total)	mg/L	0.081	0.14	0.07	0.04	-	0.1	1
Cu	mg/L	22.6	0.01	2.01	1.96	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	9.27	0.03	1.43	1.04	2 <sup>(2)</sup>	5	**
Hg	mg/L	0.002	-	-	-	0.002	0.001	0.01
Li	mg/L	<0.02	-	-	-	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	3.74	0.72	1.20	0.78	-	**	250
Mn	mg/L	0.22	0.00	0.09	0.06	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.02	-	-	-
Na	mg/L	0.93	-	-	-	-	200	-
Ni	mg/L	0.079	0.03	0.24	0.04	-	0.2	1
Pb	mg/L	5.04	0.00	0.01	0.01	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.016	0.56	0.00	0.00	-	-	-
Se	mg/L	0.031	0.05	0.03	0.02	-	0.02	0.05
Tl	mg/L	0.029	0.01	0.00	0.00	-	-	-
V	mg/L	0.01	0.00	0.02	0.03	-	-	-
Zn	mg/L	0.91	0.01	0.38	0.41	1.5	2	24
pH final	-	2.71	9.87	2.13	2.42	6 - 9	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5

**Nota:**

(1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) LMP para hierro disuelto. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM. \*\* No aplica.



excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por >100

Fuente: MYSRL

Otro aspecto que resaltar en los valores de los metales lixiviados en el ensayo NAG, los cuales se reportan en la Tabla 3.2.2.3-92 es que la concentración de los metales presente en el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails en casi todos los casos es mayor a la presentada por las muestras de descarga de autoclaves y de planta de neutralización con las cuales se formó este compósito.



Para profundizar en este aspecto se calculó el promedio ponderado de los metales lixiviados tomando en cuenta el porcentaje que presenta cada muestra en el compósito, los resultados de este promedio y la comparación con los valores lixiviados del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y los LMP y ECA se presentan en la Tabla 3.2.2.2-94, *Promedio Ponderado de Metales Lixiviados del Ensayo NAG de las muestras que forman el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*, resultando que los valores lixiviados siempre fueron mayores que los valores del promedio ponderado. A partir de este resultado pueden inferirse que al no poseer datos exactos de las muestras de relaves de flotación empleadas en la preparación de la muestra compuesta se presume que muchos de los metales que se encuentran lixiviando en este ensayo pueden provenir de este residuo. Por lo tanto, debe considerarse que en las condiciones oxidantes del ensayo NAG la mezcla de los diferentes residuos mineros favorece la lixiviación de metales.

**Tabla 3.2.2.3-93 Promedio Ponderado de Metales Lixiviados del Ensayo NAG de las muestras que forman el compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Analito	Unidad	Comp 1/3/5 CN + Flot Tails	Promedio ponderado	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
					Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Ag	mg/L	0.021	0.00	-	0.05	0.05
Al	mg/L	1.57	1.82	-	5	5
As	mg/L	0.044	0.00	0.1	0.1	0.2
B	mg/L	<0.04	-	-	1	5
Ba	mg/L	0.05	0.12	-	0.7	**
Be	mg/L	<0.002	-	-	0.1	0.1
Cd	mg/L	0.03	0.01	0.05	0.01	0.05
Co	mg/L	0.077	0.01	-	0.05	1
Cr (Total)	mg/L	0.081	0.05	-	0.1	1
Cu	mg/L	22.6	8.35	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	9.27	18.04	2 <sup>(2)</sup>	5	**
Hg	mg/L	0.002	-	0.002	0.001	0.01
Li	mg/L	<0.02	-	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	3.74	0.90	-	**	250
Mn	mg/L	0.22	0.59	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.01	0.03	-	-	-
Na	mg/L	0.93	-	-	200	-
Ni	mg/L	0.079	0.04	-	0.2	1
Pb	mg/L	5.04	0.49	0.2	0.05	0.05
Sb	mg/L	0.016	0.08	-	-	-
Se	mg/L	0.031	0.02	-	0.02	0.05
Ti	mg/L	0.029	0.01	-	-	-
V	mg/L	0.01	0.01	-	-	-
Zn	mg/L	0.91	0.80	1.5	2	24
pH final	-	2.71	3.71	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5

**Nota:** (1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) LMP para hierro disuelto. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM. \*\* No aplica.

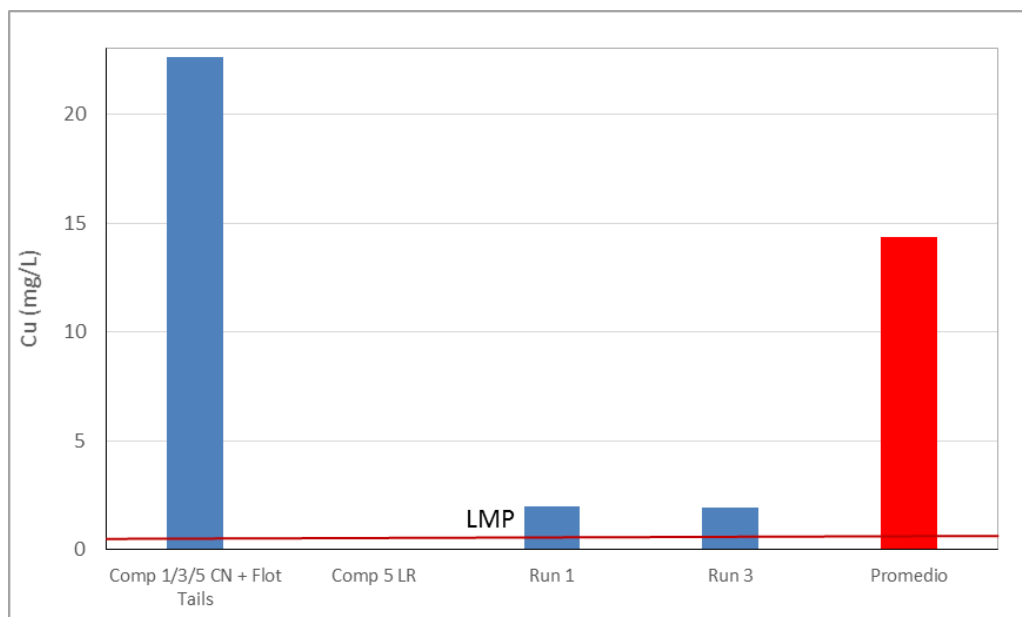
	excede el LMP o el ECA por <10
	excede el LMP o el EAC por >10
	excede el LMP o el EAC por >100

**Fuente:** MYSRL

Para visualizar mejor estas observaciones, se graficaron las abundancias lixiviadas de los metales y parámetros como pH que exceden los LMP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, de las muestras que generaron el compósito y del promedio ponderado para de esta manera facilitar la comparación entre los mismos (Gráfico 3.2.2.2-160, *Cobre en el Ensayo NAG comparado con LMP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails*, Gráfico 3.2.2.2-161, *Plomo en el Ensayo NAG comparado con LMP del compósito*

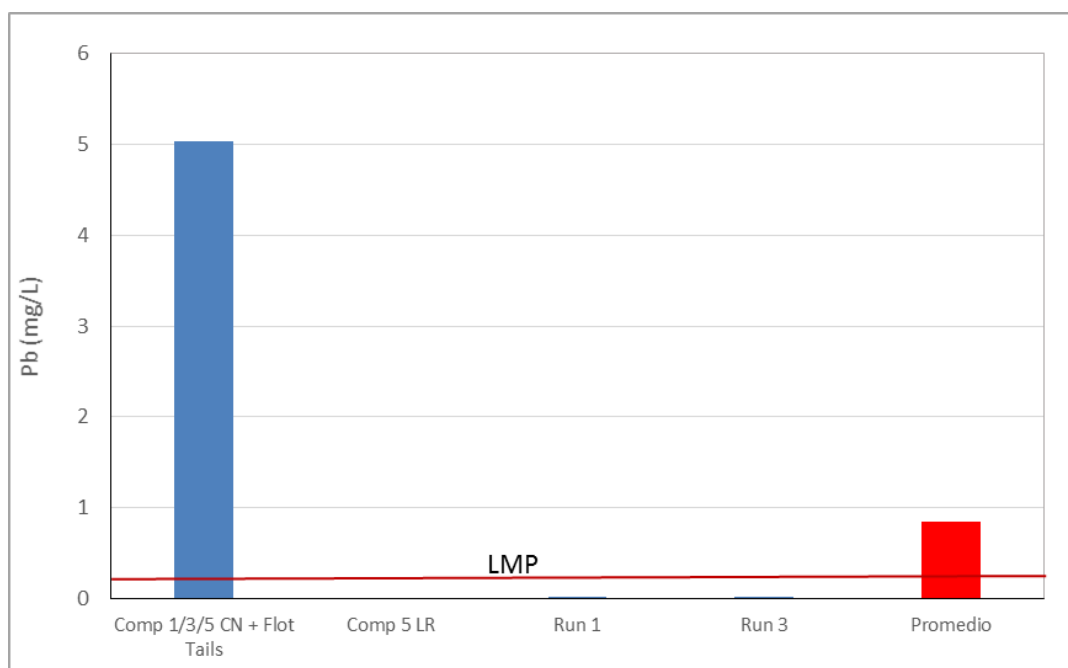
Comp 1/3/5 CN + Flot Tails, Gráfico 3.2.2.3-162 , Hierro en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails y Gráfico 3.2.2.3-163, pH en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails). En esta gráfica se observa la mayor concentración de lixiviados en el compuesto en comparación a los residuos originales y el promedio ponderado. De los ensayos de lixiviación por SPLP y NAG se puede concluir que es importante monitorear las condiciones en el momento de tratar ambientalmente estos desechos, ya que a pH alcalinos no se observa lixiviación por encima de los valores establecidos mientras que, en ambientes oxidantes, sin control del pH, se presenta lixiviación de los metales Cu, Pb, Cd, Co, Fe, Hg y Mn, algunos de estos de importancia ambiental.

**Gráfico 3.2.2.3-160 Cobre en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

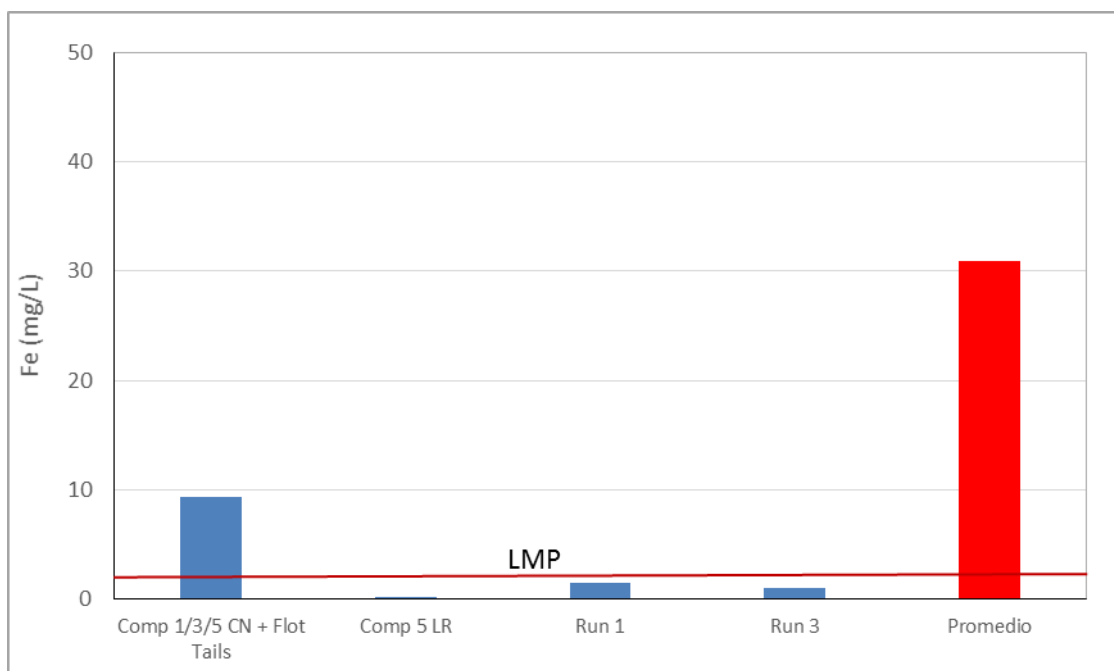


Fuente: MYSRL.

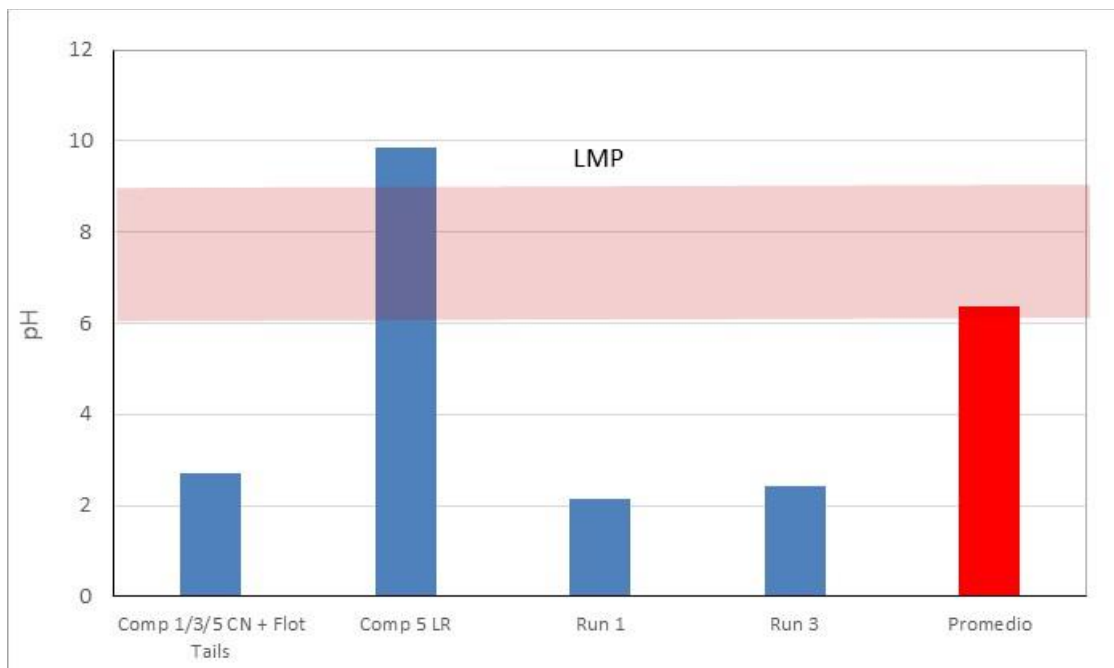
**Gráfico 3.2.2.3-161 Plomo en el Ensayo NAG comparado con LMP del compuesto Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**



Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-162****Hierro en el Ensayo NAG comparado con LMP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-163****pH en el Ensayo NAG comparado con LMP del compósito Comp 1/3/5 CN + Flot Tails**

Fuente: MYSRL.

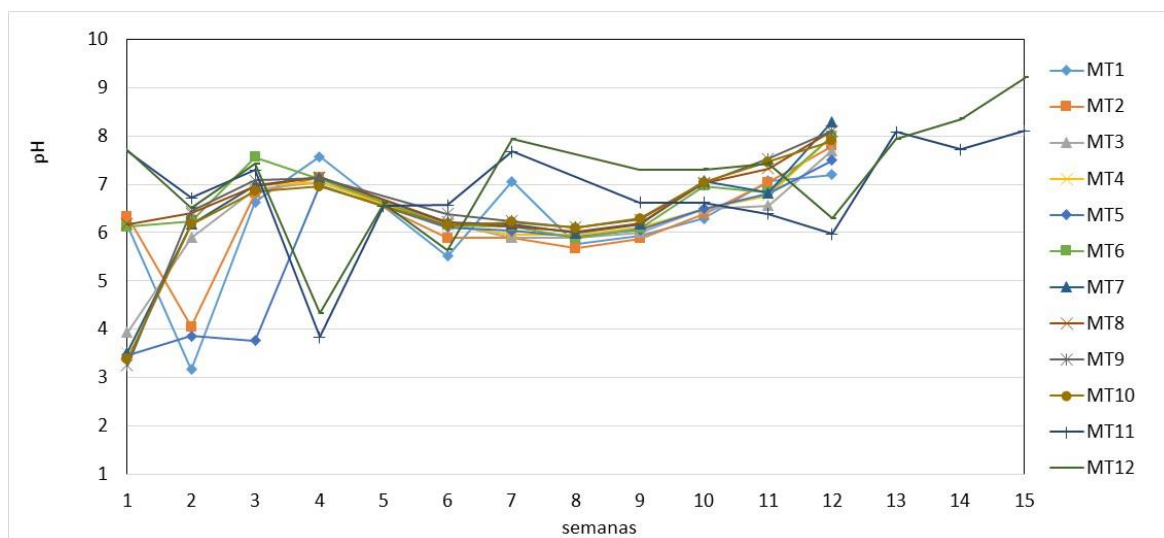
Caracterización ambiental por HCT de muestras compuestas de residuos (MT)

Con el fin de conocer el comportamiento en el tiempo, de los compósitos "MT", se realizaron pruebas de celdas de humedad (HCT), las cuales dan a conocer la cinética del proceso de lixiviación, para ello se estudió el comportamiento en el tiempo de parámetros químicos; tales como pH, alcalinidad, acidez, concentración de aniones y de algunos metales. Las pruebas HCT contemplan un tiempo de 20 semanas, sin embargo, a continuación, se presentan resultados preliminares donde se han evaluado 12 semanas para el grupo de compósitos ENV Comp y 15 semanas para el grupo MT Comp (mayor detalle

en Apéndice E, *Caracterización Geoquímica - Anexo E.2 Informes de Investigación y Memorandums, Yanacocha Sulfides Mixed Tailings Humidity Cell Testing for Environmental Characterization*).

El primer parámetro analizado fue el pH, para ello se evaluó la evolución de los valores de pH durante las semanas que ha durado el análisis (Gráfico 3.2.2.3-164, *Evolución del pH en la Prueba HCT – Compósitos de residuos*). Para todos los compósitos ENV Comp las muestras presentan una constancia del valor de pH con respecto al tiempo a partir de la cuarta semana con rangos de pH entre 6 a 8, las semanas previas mostraron variación de pH entre 3 a 6 con alta dispersión entre las muestras. Por el contrario, los compósitos MT Comp mostraron poca variación de pH manteniéndose entre valores de 6 a 8 durante todo el ensayo, con excepción de la semana 4 que el pH bajo a 4.

**Gráfico 3.2.2.3-164 Evolución del pH en la Prueba HCT – Compósitos de residuos**

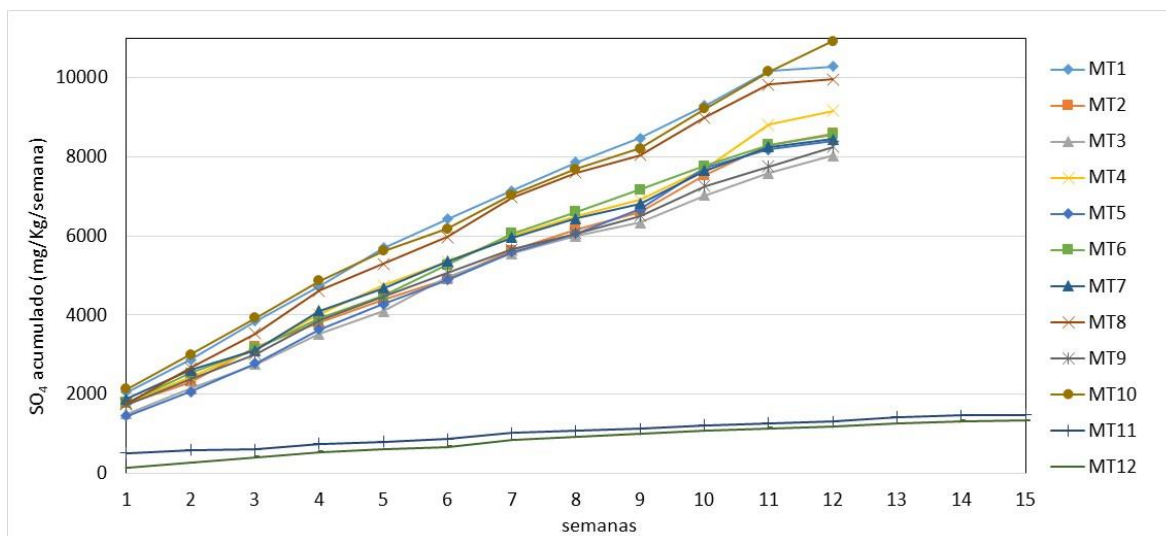


Fuente: MYSRL.

A continuación, se presentan los gráficos de concentración de los parámetros químicos que se analizaron en función del tiempo, los resultados se presentaran de forma acumulada para poder evidenciar mejor los cambios en el tiempo con respecto a la liberación de las diferentes especies al medio lixivante y no las condiciones iniciales de cada compósito.

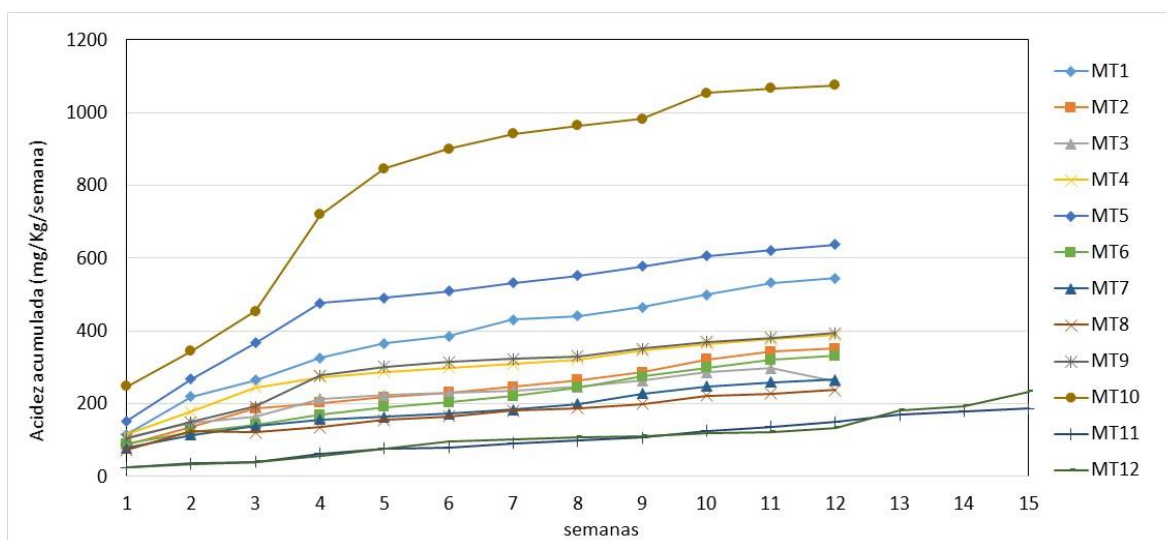
El Gráfico 3.2.2.3-165, *Sulfato acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, muestra la lixiviación de sulfato en el tiempo, este gráfico presenta un comportamiento lineal para todas las muestras, lo que denota una producción constante de sulfatos posiblemente por oxidación de sulfuros. La pendiente de los compósitos ENV Comp es marcadamente mayor en comparación al grupo de compósitos MT Comp lo que pudiera estar indicando que los compósitos ENV Comp presentan mayor cantidad de sulfuros que pueden ser oxidados en comparación a los MT Comp.

Las pendientes no muestran variación en el tiempo lo que denota que la lixiviación de sulfatos se ha mantenido similar durante todo el periodo que ha durado el test. Las muestras MT1, MT8 y MT10 son las que presentan mayor cantidad de liberación de sulfato. Las muestras MT1, MT4, MT7 y MT8 parecen evidenciar una disminución en la producción de sulfato entre las semanas 11 y 12, esto se infiere debido al cambio de pendiente hacia valores cercanos a cero entre estas dos semanas. Esto último podría indicar un cese en la producción de sulfato debido al término del proceso de oxidación en estas muestras, sin embargo, habrá que esperar los resultados de las semanas que restan del ensayo HCT para asegurar esta última conjetura.

**Gráfico 3.2.2.3-165 Sulfato acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

El Gráfico 3.2.2.3-166, *Acidez acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, nos permite determinar que fracción del sulfato producido es producto de la oxidación de sulfuros. Todas las muestras presentan un comportamiento lineal de producción de acidez, aunque a valores muy bajos en comparación a los valores de sulfatos (Gráfico 3.2.2.3-165). Las muestras MT1, MT4, MT5, MT9 y MT10 presentan una pendiente mayor en la gráfica de acidez acumulada hasta la semana número cuatro, lo que puede significar un proceso acelerado de oxidación por este periodo de tiempo para estas muestras. Al igual que lo que se observa en el gráfico de acumulación de sulfato los compósitos ENV Comp también presentan mayor acumulación de acidez en comparación a los compósitos MT Comp, sin embargo, para esta última variable la diferencia entre los valores de los dos grupos de compósitos es mucho menor.

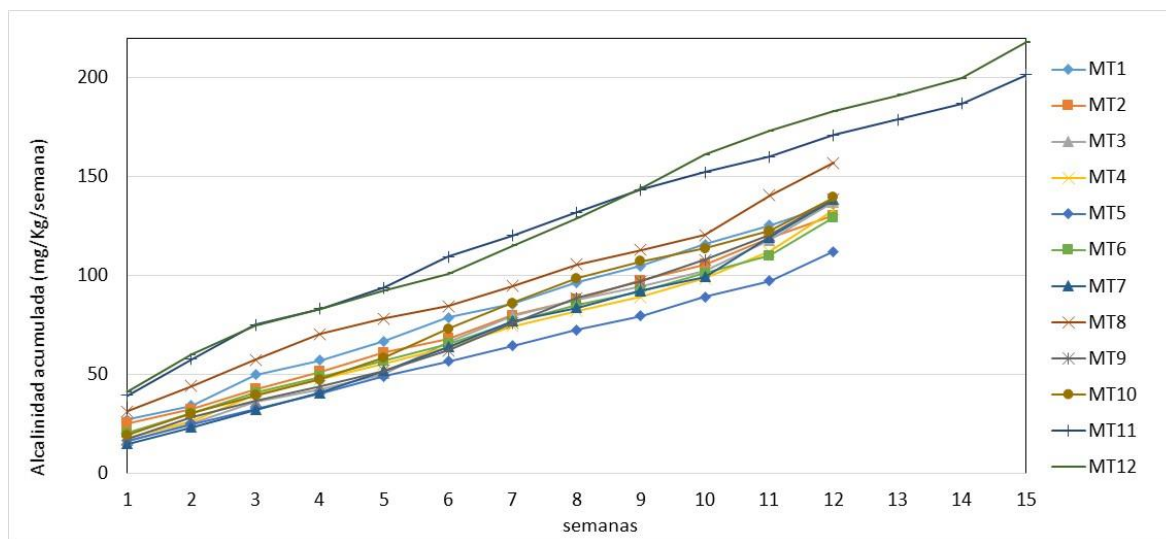
**Gráfico 3.2.2.3-166 Acidez acumulada en la Prueba HCT – Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

A diferencia de los valores de sulfato y acidez los valores de alcalinidad acumulada mostrados en el Gráfico 3.2.2.3-167, *Alcalinidad acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, son mayores para los compósitos MT Comp en comparación a los ENV Comp. Los valores de alcalinidad acumulada mostrados por los compósitos MT Comp son muy parecidos a los valores de acidez acumulada para estos mismos compósitos (Gráfico 3.2.2.3-166), lo que implica que estos compósitos poseen minerales capaces de neutralizar los protones producidos por el proceso de oxidación de sulfuros. Por el contrario, los compósitos ENV Comp no poseen la suficiente cantidad de minerales capaces de neutralizar todos los protones generados por el proceso de oxidación de sulfuros debido a que los valores de alcalinidad

son bajos en comparación a los de acidez (Gráfica 3.2.2.3-166, *Acidez acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*). Las muestras MT3, MT4, MT6, MT7 y MT8 presentan un ligero aumento de la pendiente a partir de la semana 10, habrá que evaluar los resultados de las semanas sucesivas para determinar que implica este aumento.

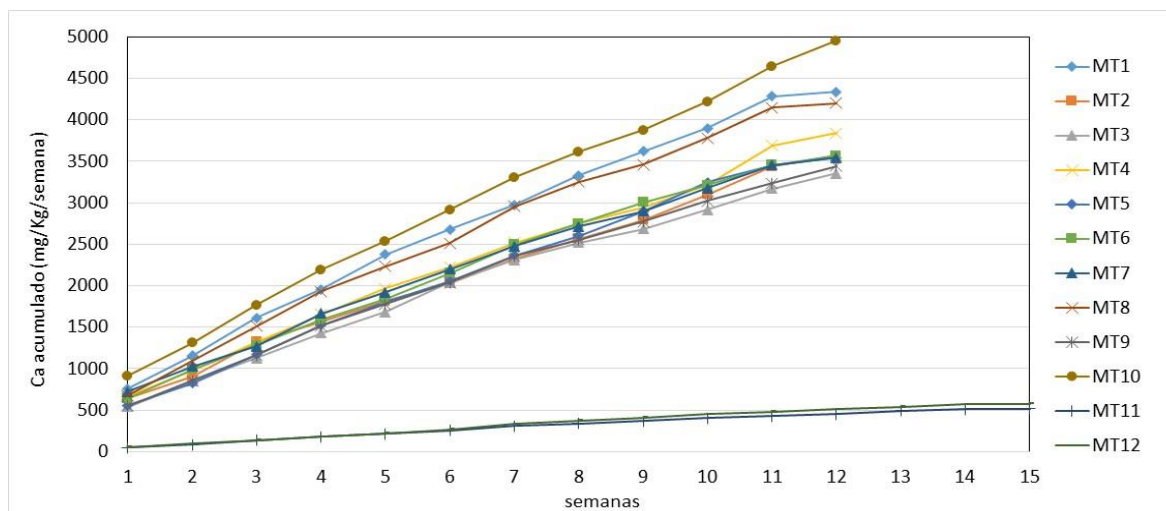
**Gráfico 3.2.2.3-167 Alcalinidad acumulada en la Prueba HCT – Compósitos de residuos**



Fuente: MYSRL.

La marcada diferencia mostrada entre el gráfico de lixiviación de sulfato y el gráfico de generación de acidez en los compósitos ENV Comp (Gráfico 3.2.2.3-165, *Sulfato acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos* y Gráfico 3.2.2.3-166, *Acidez acumulada en la Prueba HCT – Compósitos de residuos*, respectivamente) parece ser debido a que existe otra fuente de sulfato además de la oxidación de sulfuros, esta fuente podría ser la disolución de un mineral con alta solubilidad como el sulfato de calcio. Esta inferencia se puede corroborar con el Gráfico 3.2.2.3-168, *Calcio acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos*, ya que los valores de calcio para los compósitos ENV Comp también son altos en comparación a los valores de acidez, a su vez existe una marcada diferencia entre los valores de calcio presente en los compósitos ENV Comp en comparación a los mostrados por los compósitos MT Comp. Similar a los resultados de sulfato (Gráfico 3.2.2.3-165, *Sulfato acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos*) las muestras MT1, MT8 y MT10 son las que presentan mayor cantidad de liberación de calcio. Y las muestras MT1, MT4, MT6, MT7 y MT8 también muestran una disminución en la pendiente hacia valores cercanos a cero entre las semanas 11 y 12. Con los resultados de las semanas subsiguientes se podrá determinar si este hecho es debido al cese de oxidación de sulfuros como se ha sugerido o a la disminución de la disolución de minerales como el sulfato de calcio.

**Gráfico 3.2.2.3-168 Calcio acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos**

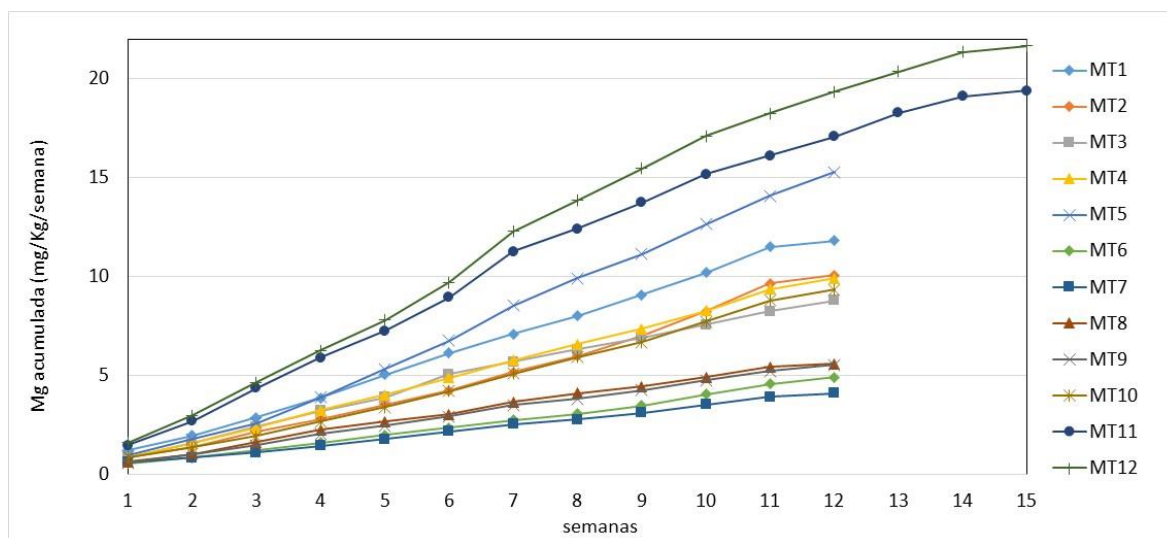


Fuente: MYSRL.



En el Gráfico 3.2.2.3-169, *Magnesio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, se puede evidenciar que los compósitos MT Comp presentan mayor liberación de magnesio en comparación a los compósitos ENV Comp, similar a lo mostrado por los valores de alcalinidad (Gráfico 3.2.2.3-167, *Alcalinidad acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*). Estos resultados indican que el magnesio lixiviado se produce por la neutralización, a partir de disolución de minerales de carbonato, como consecuencia del ácido generado por la oxidación de sulfuros. Al ser menores los valores de Mg de los compósitos ENV Comp en comparación a los compósitos MT Comp implica que la disolución de sales de sulfatos no debería ser la fuente del magnesio lixiviado. Es bastante probable que los compósitos del grupo ENV Comp posean minerales con contenido de calcio que aporten a la neutralización de acidez, pero la alta cantidad de sulfato y calcio proveniente de la disolución de minerales tipo sulfato de calcio no permite observar este aporte.

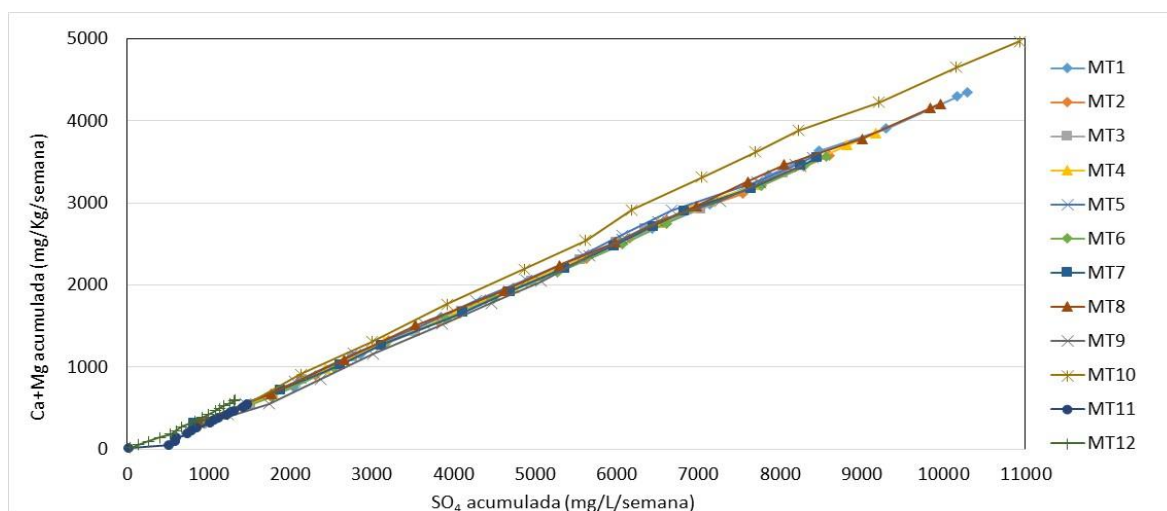
**Gráfico 3.2.2.3-169** Magnesio acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos



Fuente: MYSRL

Con la finalidad de corroborar la fuente de sulfato, calcio y magnesio se realizó el Gráfico 3.2.2.3-170, *Sulfato acumulado vs. Ca+Mg acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos*, en el cual se observa un comportamiento lineal para todas las muestras, lo que indica una correlación entre la liberación de sulfatos y estos dos metales, confirmando lo discutido hasta ahora porque esta correlación puede ser debido a que la oxidación de sulfuros genera ácido sulfúrico que produce sulfatos al disolver el Ca y Mg de minerales con potencial de neutralización o a la disolución de minerales que contenga ambos iones como es el caso del sulfato de calcio. En esta ocasión ambos procesos están ocurriendo.

**Gráfico 3.2.2.3-170** Sulfato acumulado vs. Ca+Mg acumulado en la Prueba HCT – Compósitos de residuos



Fuente: MYSRL.



Adicionalmente, la Tabla 3.2.2.3-94, *Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las muestras Compósitos de residuos*, muestra las velocidades de liberación de especies neutralizantes y generadoras de acidez en el rango lineal para las muestras estudiadas. Al comparar los valores para sulfato con los de Ca y Mg, se observa que los valores de sulfato superan a los de Ca y Mg en un poco más de la mitad, lo que implica que, la generación de acidez y neutralización de la misma están prácticamente balanceadas debido a que el peso del ion sulfato es 96 mientras el peso de Ca+Mg es 64 por lo que su relación molar es prácticamente 1:1 en todos los compósitos. Por otro lado, la Tabla 3.2.2.3-95, *Rangos de Parámetros para las muestras Compósitos de residuos*, muestra los valores máximos y mínimos para ciertos parámetros químicos de todos los compósitos y su comparación con los valores ECA y LMP, nótese que solo el grupo de compósitos ENV Comp presenta valores por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA), para conductividad, SO<sub>4</sub> y Ca.

**Tabla 3.2.2.3-94 Velocidades de Liberación de SO<sub>4</sub>, Ca y Mg para las muestras Compósitos de residuos**

Parametro	Unidad	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MT6	MT7	MT8	MT9	MT10	MT11	MT12
SO <sub>4</sub> liberado promedio	mg/Kg/s em	791.5	661.0	617.8	705.1	645.5	658.5	650.0	765.8	634.5	840.5	92.3	82.9
Semanas en Rango lineal de SO <sub>4</sub>	-	11-12	11-12	10-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	10-12	9-12	7-13	7-13
Ca liberado promedio	mg/Kg/s em	333.7	274.3	258.1	295.1	272.5	274.3	272.7	323.3	264.8	381.1	32.4	36.1
Semanas en Rango lineal de Ca	-	11-12	11-12	9-12	11-12	11-12	11-12	11-12	11-12	7-12	1-12	7-14	7-14
Mg liberado promedio	mg/Kg/s em	0.908	0.775	0.676	0.762	1.175	0.377	0.314	0.430	0.425	0.718	1.213	1.354
Semanas en Rango lineal de Mg	-	11-12	6-9	10-12	5-10	7-12	1-12	1-11	1-11	1-12	6-9	7-14	7-14

Fuente: MYSRL

**Tabla 3.2.2.3-95 Rangos de Parámetros para las muestras Compósitos de residuos**

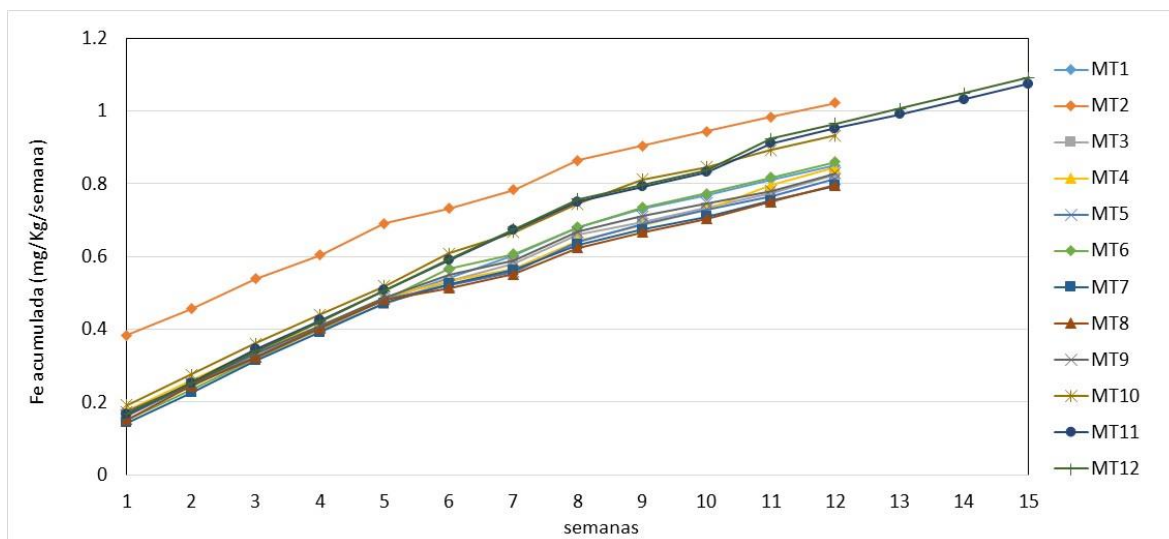
Analito	Unidad	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MT6	MT7	MT8	MT9	MT10	MT11	MT12	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(2)</sup> Categoría 3	
															Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
pH	-	3.2-7.6	3.8-7.8	3.9-7.7	3.5-8	3.5-7.5	3.7-8	3.5-8.3	6-8.1	3.3-8.1	3-7.9	3.8-8.7	4.3-9.2	6-9	6.5-8.5	6.5-8.5
Conduc. Eléct.	µS/cm	405-2136	801-1815	841-1757	724-2101	495-1747	628-1859	570-1897	325-1952	972-1706	1215-2188	61-441	139-428	-	2500	5000
Acidez, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	mg/L	14.1-145	11.2-69	-35.8-77	11.8-83	16.4-140	12.8-64	9.2-68	-4.6-69	8.9-114	10.9-336	4.5-28	2.7-59	-	-	-
Alcalin CaCO <sub>3</sub>	mg/L	10-23	10-21	10-19	10-22	10-16	10-22	10-23	10-23	10-19	10-22	10-25	10-26	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	162-1304	405-1212	436-1173	363-1319	223-1319	296-1418	246-1401	134-1324	504-1137	621-1489	5-626	17-199	-	1000	1000
Ca	mg/L	72-559	173-504	184-458	150-572	98-451	131-494	112-535	59-565	215-479	309-541	9-64	11-79	-	200	-
Mg	mg/L	0.4-1.8	0.5-1.8	0.5-1.3	0.4-1.3	0.5-2.3	0.3-0.8	0.2-0.7	0.2-0.8	0.2-0.8	0.3-1.6	0.4-2.8	0.3-3.1	-	**	250

Nota:

(1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM.\*\* No aplica.

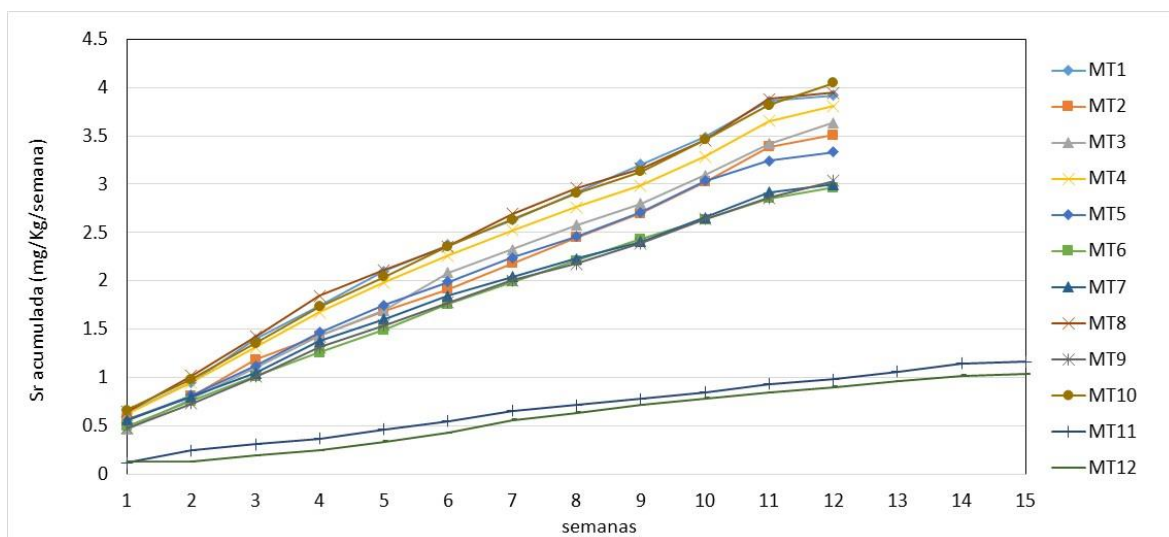
Fuente: MYSRL

En cuanto a la lixiviación de metales se observa que, el Fe, en el Gráfico 3.2.2.3-171, *Hierro acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, mantiene una continua liberación para todas las muestras, sin embargo, a partir de la quinta semana existe una ligera disminución de la pendiente lo que implica menor lixiviación de Fe. Esta menor liberación de Fe a partir de la semana 5 coincide con la disminución de acidez a partir de la cuarta semana (Gráfico 3.2.2.3-166, *Acidez acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*) y un aumento de los valores de pH también a partir de la quinta semana (Gráfico 3.2.2.3-164, *Evolución del pH en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*). Estas coincidencias se pueden deber a que hasta la quinta semana se presentó una alta tasa de oxidación de pirita (sulfuro de hierro con alto potencial de generar acidez), lo cual traería como consecuencia la disminución del pH y una alta liberación de Fe y acidez, tal y como sucedió con estos parámetros. La muestra que presenta mayor lixiviación de Fe es la MT2.

**Gráfico 3.2.2.3-171 Hierro acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

Otros metales que presentan linealidad en cuanto a su tasa de liberación son el Sr, Ni, Ti y Tl (Gráfico 3.2.2.3-172, Estroncio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos, Gráfico 3.2.2.3-173, Níquel acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos, Gráfico 3.2.2.3-174, Titanio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos y Gráfico 3.2.2.3-175, Talio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos, respectivamente). Para todos ellos los compósitos ENV Comp presentan mayor liberación en comparación a los compósitos MT Comp. El Sr generalmente se encuentra como sustitución del Ca en los carbonatos de calcio por lo que la presencia de este elemento podría ser otro indicio de la presencia de minerales capaces de neutralizar acidez. Las muestras MT1, MT2, MT4, MT5, MT7 y MT8 presentan una marcada disminución de la pendiente entre las semanas 11 y 12 para este elemento; este comportamiento coincide con el mostrado por el Ca (3.2.2.2-168) y sulfato (3.2.2.2-165), por lo tanto esto indica que otra posible fuente del Sr es la disolución de sulfato de estroncio, ya que como se discutió previamente el comportamiento mostrado por el Ca y sulfato parece estar determinado por la disolución de sulfato. Los resultados de las siguientes semanas podrán dar mayores indicios para definir la fuente de Sr.

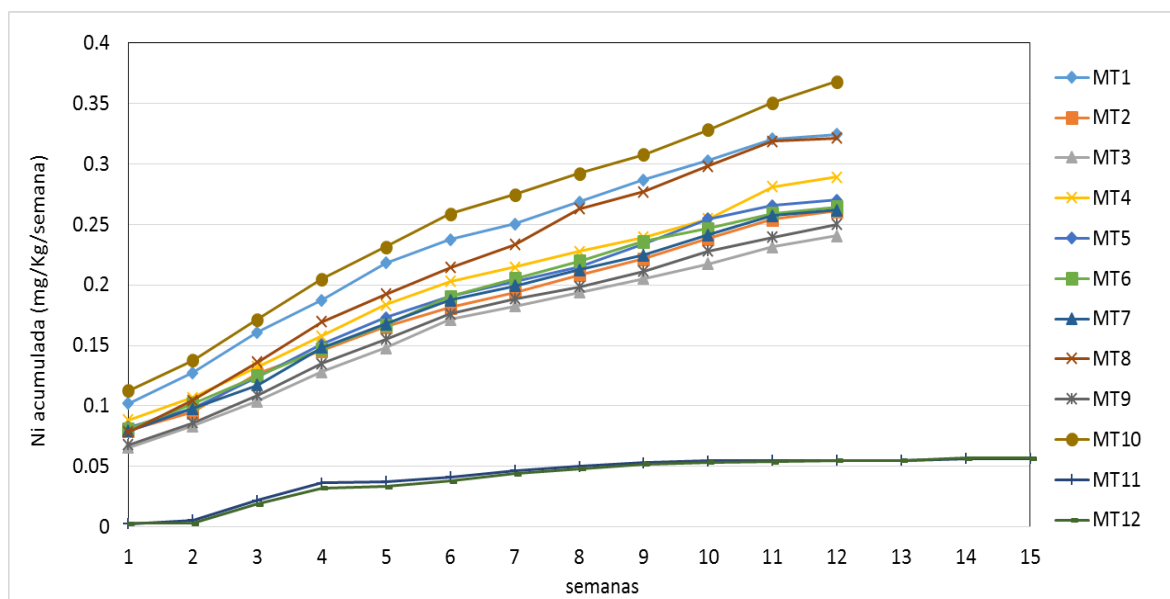
**Gráfico 3.2.2.3-172 Estroncio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

El comportamiento mostrado por los elementos Ni y Ti en cuanto a su lixiviación es muy parecido entre ellos (Gráfico 3.2.2.3-173, Níquel acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos y Gráfico 3.2.2.3-174, Titanio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos), para los dos elementos las muestras que presentan mayor liberación son MT10, MT1 y MT8. Este comportamiento

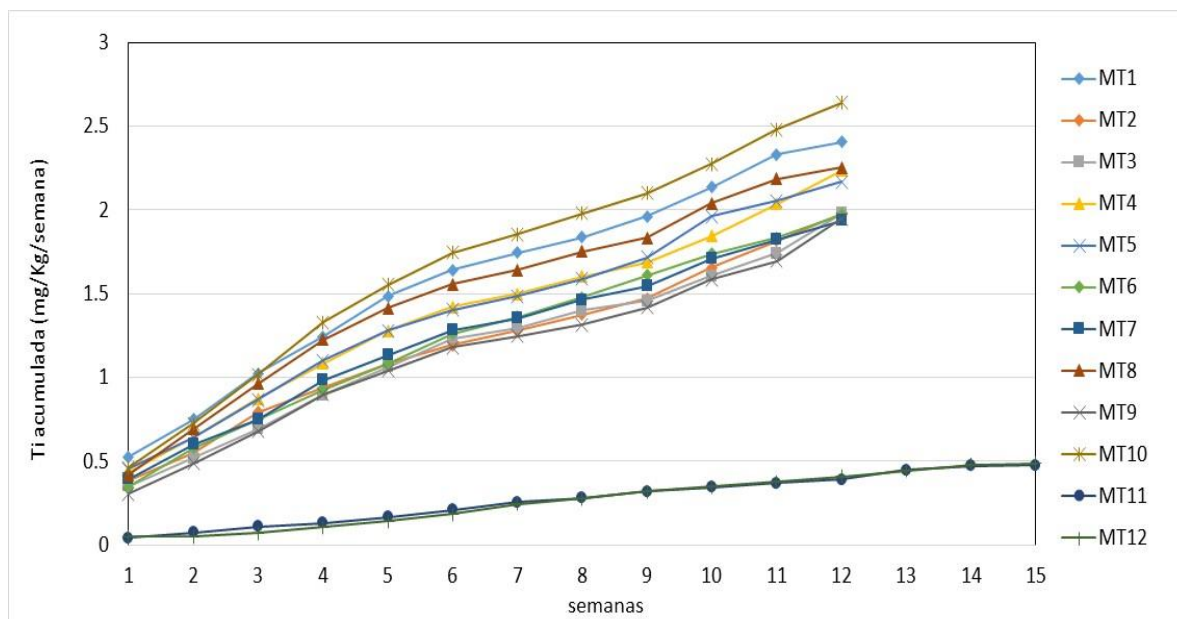
similar puede ser debido a que ambos elementos están asociados a la misma fase mineral, que en esta ocasión parecen ser los sulfuros. El Ti (Gráficas 3.2.2.3-175, *Talio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*) presenta comportamiento similar para las muestras MT10 y MT8.

**Gráfico 3.2.2.3-173 Níquel acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

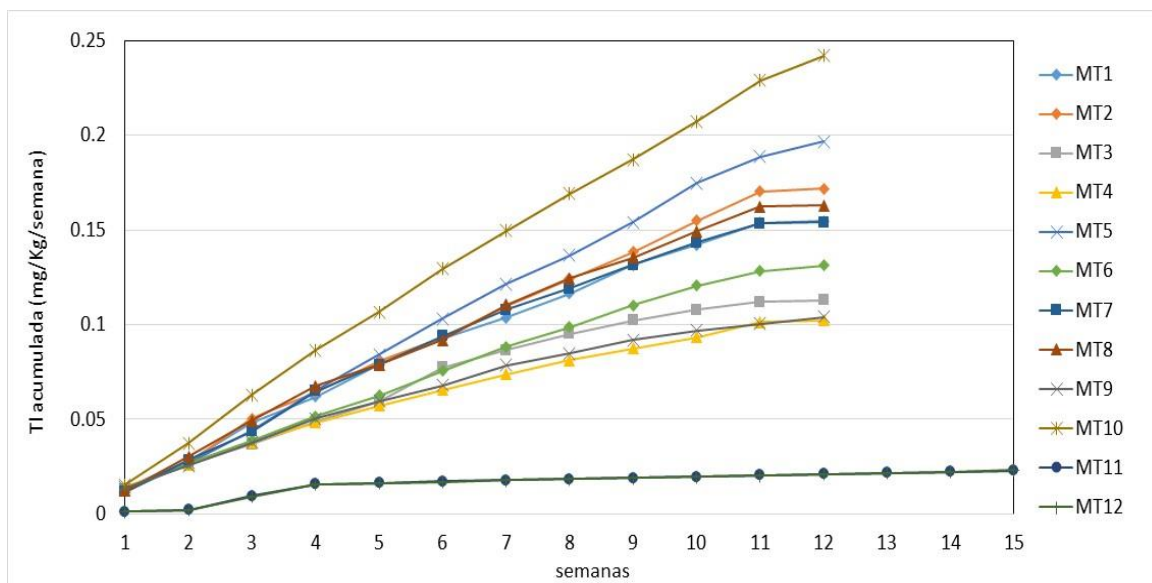


Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-174 Titanio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

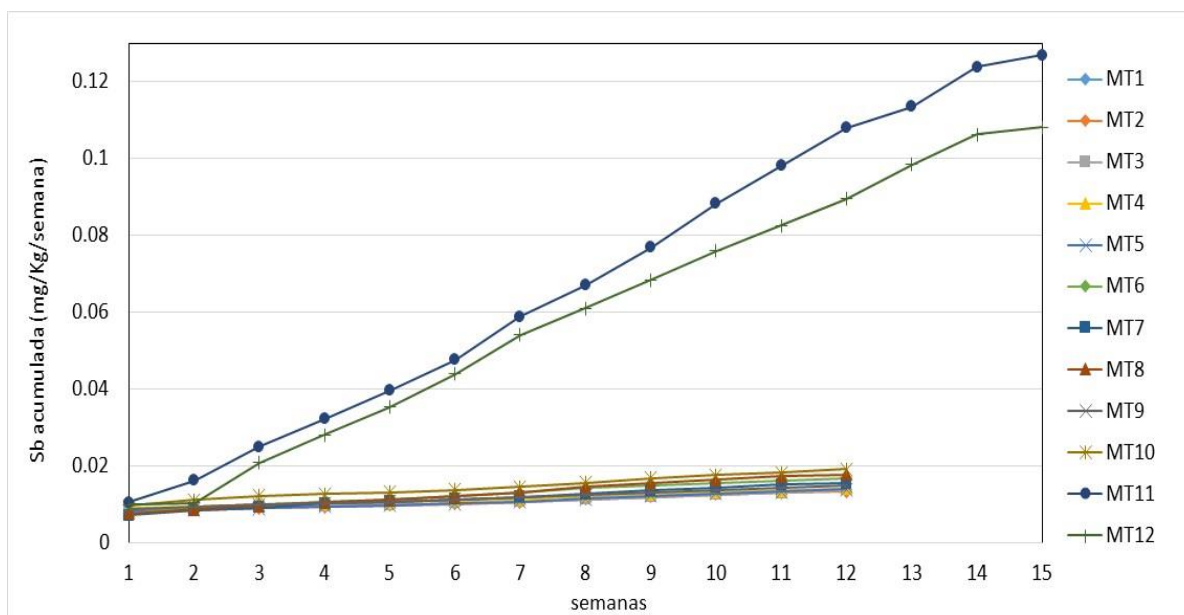


Fuente: MYSRL.

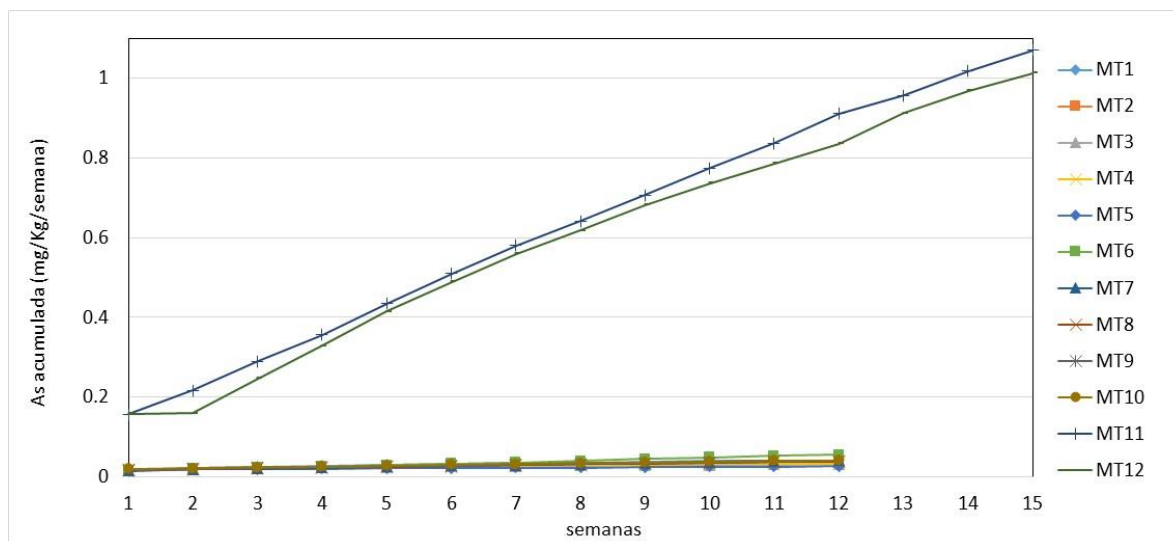
**Gráfico 3.2.2.3-175 Talio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

Los elementos Sb y As muestran un comportamiento completamente diferente a los discutidos hasta ahora (Gráfico 3.2.2.3-176. Antimonio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos y Gráfico 3.2.2.3-177. Arsénico acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos, respectivamente), ya que los compósitos que lixivian en mayor grado estos elementos son los que pertenecen al grupo MT Comp en comparación a los ENV Comp. Ambos elementos están asociados a los sulfuros y la diferencia de comportamiento con los otros elementos puede ser debido a que el Sb y el As no se encuentran presente en los materiales con los que se formó los compósitos ENV Comp. Para ambos elementos la muestra MT11 lixivia más que la MT12, lo cual puede ser debido a que la muestra MT12 es similar a la MT11 más piedra caliza (Tabla 3.2.2.3-21) lo que le confiere mayor potencial de neutralización a este último compósito y puede esta ser la razón de que la pendiente para ambos gráficos sea prácticamente cero para la muestra MT12 entre las semanas 1 y 2. Este resultado es coincidente con los gráficos de alcalinidad y Mg (Gráfico 3.2.2.3-167, Alcalinidad acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos y Gráfico 3.2.2.3-169, Magnesio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos respectivamente), en las cuales la muestra MT12 se encuentra en ambos casos por encima de la MT11 a causa de la piedra caliza añadida.

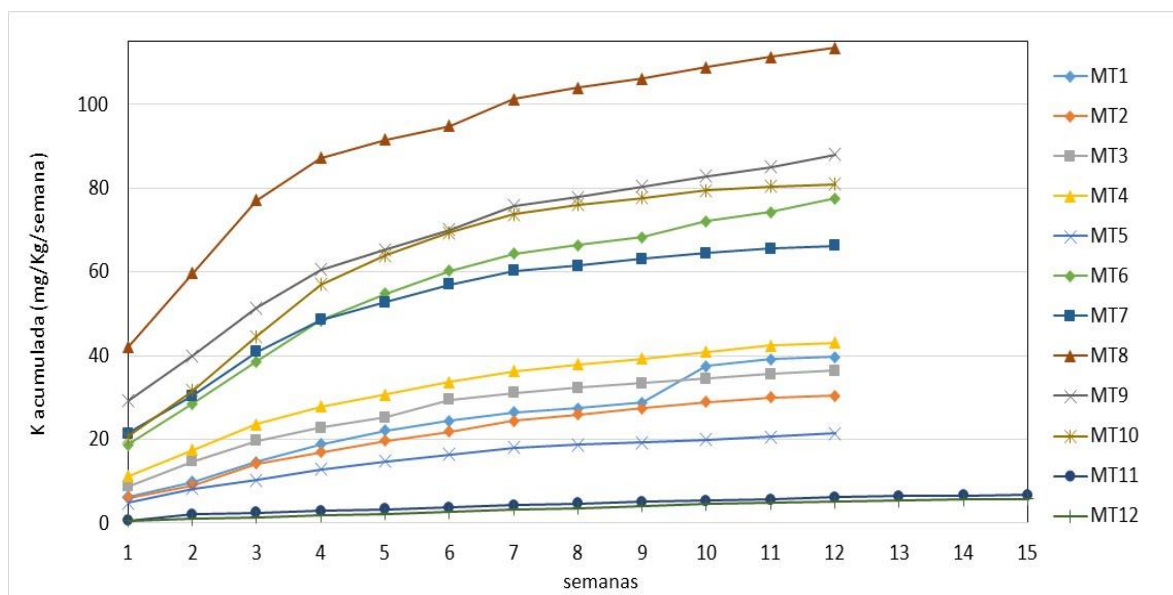
**Gráfico 3.2.2.3-176 Antimonio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

**Gráfico 3.2.2.3-177      Arsénico acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

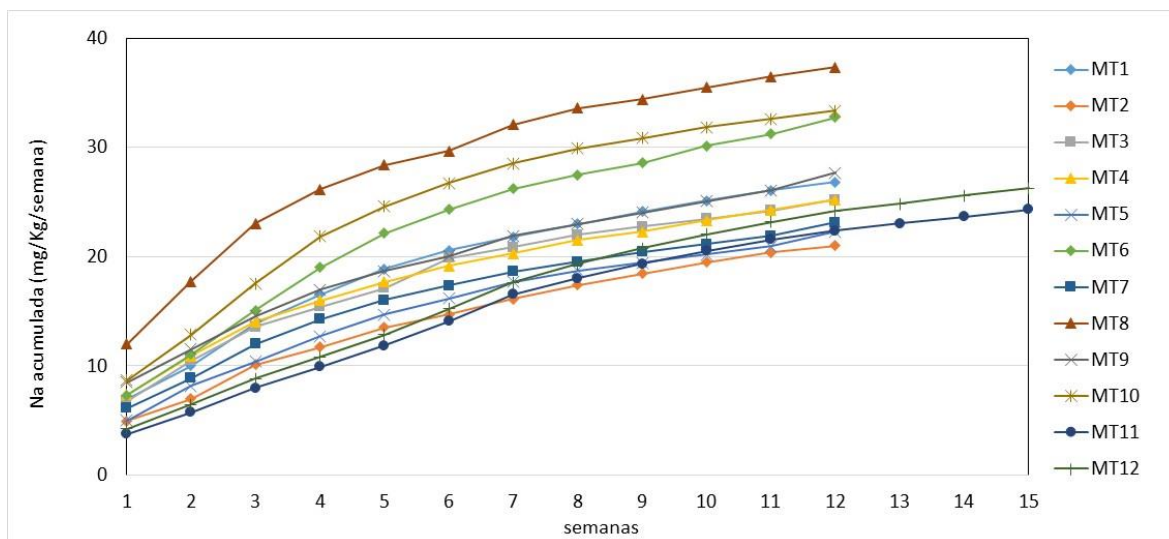
Fuente: MYSRL.

Los elementos K y Na se asocian a silicatos y a evaporitas, sin embargo, las bajas cantidades cloruro encontradas en todas las muestras nos permite descartar la presencia de evaporitas. Los silicatos solo son solubles a valores de pH bajos, lo cual explica la mayor pendiente de los Gráficos de K y Na acumulado (Gráfico 3.2.2.3-178, *Potasio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos* y Gráfico 3.2.2.3-179, *Sodio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, respectivamente) hasta la semana 4, ya que coincide con los valores bajos de pH encontrados en estas semanas (Gráficas 3.2.2.3-164, *Evolución del pH en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*) y la alta pendiente mostrada por las gráficas de acidez y Fe acumulado para estas semanas (Gráfico 3.2.2.3-166, *Acidez acumulada en la Prueba HCT - Compósitos de residuos* y Gráfico 3.2.2.3-171, *Hierro acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos*, respectivamente).

**Gráfico 3.2.2.3-178      Potasio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.



**Gráfico 3.2.2.3-179 Sodio acumulado en la Prueba HCT - Compósitos de residuos**

Fuente: MYSRL.

Las muestras que en general presentaron mayor grado de lixiviación fueron: MT10 (conformada por FT Comp 1 y AC Comp 2), MT5 (FT Comp 1 y AC Comp 2), MT1 (FT Comp 1 y AC Comp 1) y MT8 (FT Comp 4 y AC Comp 2). Por lo tanto, en función a estos resultados los compósitos maestros con mayor potencial de generar acidez y lixiviar metales son: FT Comp 5, AC Comp 2, FT Comp 1 y FT Comp 4.

En la Tabla 3.2.2.3-96, *Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Fisicoquímicos – Compósitos de residuos*, se presentan los promedios, mínimos y máximos de lixiviación de todos los parámetros, para todos los compósitos estudiados, comparados con los LMP y ECA. En ellas se observa que el Ca muestra valores promedios hasta 10 veces por encima de los límites de referencia establecidos. En la Tabla 3.2.2.3-97, *Parámetros para cada Compósito de residuos*, se presentan los resultados detallados para cada muestra. En la misma se observa como el Ca excede a los ECA en menos de 10 veces en todos los compósitos del grupo ENV Comp, el Cu y el SO<sub>4</sub> solo excede para la muestra MT1 y el Hg excede para las muestras MT1 hasta la MT6.

**Tabla 3.2.2.3-96 Máximos, Mínimos y Promedios para Iones y Parámetros Fisicoquímicos – Compósitos de residuos**

Analito	Unidad	Resultados			LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Ag	mg/L	0.0791	0.0001	0.001	-	0.05	0.05
Al	mg/L	3.6947	0.001	0.170	-	5	5
As	mg/L	0.1113	0.001	0.016	0.1	0.1	0.2
B	mg/L	0.0636	0.002	0.009	-	1	5
Ba	mg/L	0.0641	0.0006	0.02	-	0.7	**
Be	mg/L	0.009	0.0009	0.002	-	0.1	0.1
Bi	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Ca	mg/L	572.42	8.77	318.46	-	200	-
Cd	mg/L	0.0011	0.0001	0.0003	0.05	0.01	0.05
Co	mg/L	0.01	0.001	0.002	-	0.05	1
Cr (Total)	mg/L	0.004	0.0004	0.001	-	0.1	1
Cu	mg/L	12.1268	0.0015	0.083	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	0.37	<0.1	<0.1	2 <sup>(2)</sup>	5	**
Ga	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Hg	mg/L	0.042	0.0001	0.001	0.002	0.001	0.01
K	mg/L	33.04	0.14	4.856	-	-	-
Li	mg/L	0.1	0.01	0.023	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	3.13	0.17	0.955	-	**	250
Mn	mg/L	0.0167	0.0005	0.002	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.1131	0.0002	0.006	-	-	-
Na	mg/L	9.05	0.77	2.512	-	200	-
Ni	mg/L	0.0764	0.0001	0.024	-	0.2	1
Pb	mg/L	0.007	0.0007	0.002	0.2	0.05	0.05
S	mg/L	526.46	6.39	267.01	-	-	-
Sb	mg/L	0.0142	0.0005	0.003	-	-	-
Sc	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Se	mg/L	0.0404	0.0007	0.005	-	0.02	0.05

Analito	Unidad	Resultados			LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(3)</sup> Categoría 3	
		Máximo	Mínimo	Promedio		Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Si	mg/L	1.57	0.05	0.252	-	-	-
Sn	mg/L	0.16	<0.1	<0.1	-	-	-
Sr	mg/L	0.5257	0.0003	0.30	-	-	-
Ti	mg/L	0.3952	0.001	0.179	-	-	-
Tl	mg/L	0.03	0.0008	0.013	-	-	-
U	mg/L	0.0044	0.000003	0.001	-	-	-
V	mg/L	0.003	0.0003	0.001	-	-	-
Zn	mg/L	6.5925	0.0025	0.054	1.5	2	24
Acid-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	335.7	-35.8	38.840	-	-	-
Alk-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	26	10	13.448	-	-	-
Cond. Elec.	uS/cm	2188	61	1247.86	-	2500	5000
Dureza	mg/L	1436.33	23.38	800.07	-	-	-
pH	-	9.2	2.99	6.331	6 – 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
STD	mg/L	2160	50	1097.45	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/L	10.2	0.1	1.219	-	-	-
F <sup>-</sup>	mg/L	2	0.2	0.340	-	1	**
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	4	<0.4	0.478	-	10	10
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	22.2	0.2	2.492	-	90	90
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	93	<0.2	1.435	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	1489.1	5	755.00	-	1000	1000
<b>Nota:</b>							
(1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) LMP para hierro disuelto. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S N° 004-2017-MINAM. ** No aplica.							
	excede el LMP o el ECA por <10						
	excede el LMP o el EAC por >10						
	excede el LMP o el EAC por > 100						
<b>Fuente:</b> MYSRL							

Como conclusión tenemos que para ambos grupos de compósitos (ENV Comp y MT Comp) la lixiviación de metales, aunque se mantiene constante durante todo el periodo del ensayo no alcanza altos valores y con excepción del Ca todos los promedios se encuentran por debajo de los LMP y ECA, además los parámetros que muestra mayor grado de liberación (Ca y sulfato) son debido a disolución de minerales y no a la oxidación de sulfuros. Para la producción de acidez, aunque se mantiene hasta la última semana que se ha evaluado, la pendiente disminuye a partir de la semana 5 y la alcalinidad parece mostrar una tendencia a aumentar en las últimas semanas evaluadas. Sin embargo, solo se poseen resultados donde se determina directamente el potencial de generación de acidez (ensayo NCV) para la muestra MT11, la cual resultó ser moderadamente ácida, por lo tanto, se recomienda realizar estos ensayos al grupo de compósitos ENV Comp, ya que estos compósitos mostraron mayor lixiviación de metales y generación de acidez que la muestra MT11.



Tabla 3.2.2.3-97 Parámetros para cada Compósitos de residuos

Analito	Unidad	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	MT6	MT7	MT8	MT9	MT10	MT11	MT12	LMP <sup>(1)</sup>	ECA <sup>(2)</sup> Categoría 3	
															Riego de vegetales de tallo alto y bajo	Bebida de animales
Ag	mg/L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.007	0.002	-	0.05	0.05
Al	mg/L	0.1154	0.0702	0.1361	0.2511	0.3003	0.0824	0.1886	0.0850	0.0422	0.3212	0.170	0.272	-	5	5
As	mg/L	0.0039	0.0033	0.0029	0.0030	0.0025	0.0054	0.0041	0.0037	0.0036	0.0036	0.0809	0.0755	0.1	0.1	0.2
B	mg/L	0.0135	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0050	0.0237	0.0296	-	1	5
Ba	mg/L	0.0125	0.0130	0.0123	0.0132	0.0150	0.0197	0.0191	0.0192	0.0177	0.0167	0.0436	0.0390	-	0.7	**
Be	mg/L	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	-	0.1	0.1
Bi	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Ca	mg/L	426.73	349.33	327.07	366.77	346.16	350.01	353.81	417.75	332.55	468.59	39.448	43.296	-	200	-
Cd	mg/L	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.05	0.01	0.05
Co	mg/L	0.0025	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025	0.0024	0.0026	0.0021	0.00213	-	0.05	1
Cr (Total)	mg/L	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0009	0.00085	-	0.1	1
Cu	mg/L	0.9360	0.0037	0.0036	0.0049	0.0040	0.0037	0.0036	0.0036	0.0036	0.0040	0.0174	0.01183	0.5	0.2	0.5
Fe	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2 <sup>(2)</sup>	5	**
Ga	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Hg	mg/L	0.0033	0.0018	0.0019	0.0015	0.0015	0.0014	0.0009	0.0009	0.0008	0.0010	0.0001	0.0001	0.002	0.001	0.01
K	mg/L	3.9431	2.9954	3.4969	4.0923	2.0638	7.4762	6.4608	11.0823	8.3200	7.4062	0.5038	0.43438	-	-	-
Li	mg/L	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.0238	0.02125	-	2.5	2.5
Mg	mg/L	1.1731	0.9869	0.8569	0.9562	1.4938	0.4800	0.4108	0.5569	0.5392	0.9085	1.475	1.62375	-	**	250
Mn	mg/L	0.0017	0.0017	0.0012	0.0012	0.0024	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0014	0.0027	0.00354	-	0.2	0.2
Mo	mg/L	0.0018	0.0021	0.0018	0.0018	0.0026	0.0068	0.0259	0.0055	0.0075	0.0034	0.0081	0.00778	-	-	-
Na	mg/L	2.5946	2.0615	2.4069	2.3654	2.1346	3.1785	2.2785	3.6538	2.6162	3.0669	1.8325	1.95438	-	200	-
Ni	mg/L	0.0315	0.0255	0.0234	0.0272	0.0262	0.0261	0.0322	0.0239	0.0338	0.0042	0.00425	-	-	0.2	1
Pb	mg/L	0.0012	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0015	0.00149	0.2	0.05	0.05
S	mg/L	361.21	289.55	270.83	304.24	298.34	293.41	288.47	348.08	279.58	408.32	29.7	32.3513	-	-	-
Sb	mg/L	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0017	0.0016	0.0018	0.0014	0.0017	0.0097	0.00809	-	-	-
Sc	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Se	mg/L	0.0064	0.0043	0.0037	0.0039	0.0044	0.0046	0.0033	0.0055	0.0042	0.0054	0.0049	0.00493	-	0.02	0.05
Si	mg/L	0.1738	0.1369	0.1238	0.1169	0.1162	0.0954	0.0854	0.1223	0.0869	0.1354	0.895	0.93875	-	-	-
Sn	mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Sr	mg/L	0.3856	0.3437	0.3544	0.3644	0.3251	0.2907	0.2965	0.3910	0.2935	0.3847	0.0885	0.07783	-	-	-
Ti	mg/L	0.2354	0.1947	0.1897	0.2100	0.2088	0.1931	0.1904	0.2223	0.1858	0.2482	0.0364	0.03661	-	-	-
Tl	mg/L	0.0152	0.0169	0.0111	0.0099	0.0193	0.0128	0.0151	0.0163	0.0100	0.0234	0.0017	0.0017	-	-	-
U	mg/L	0.0005	0.0011	0.0008	0.0011	0.0007	0.0009	0.0017	0.0019	0.0014	0.0015	0.001	0.00112	-	-	-
V	mg/L	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.00064	-	-	-
Zn	mg/L	0.5152	0.0089	0.0073	0.0084	0.0227	0.0087	0.0092	0.0092	0.0115	0.0106	0.0092	0.02321	1.5	2	24
Acid-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	54.346	34.415	26.9154	36.4077	61.6077	32.7923	26.1615	23.2769	37.7000	100.70	14.338	17.425	-	-	-
Alk-CaCO <sub>3</sub>	mg/L	13.3077	12.7692	13.0000	12.4615	10.7692	12.3846	13.4615	15.2308	13.3077	13.3077	15.125	16.25	-	-	-
Cond. Elec.	uS/cm	1604.85	1382.15	1291.15	1424.15	1374.31	1380.54	1364.23	1535.23	1301.46	1793.62	247.96	274.719	-	2500	5000
Dureza	mg/L	1071.64	877.36	821.18	920.85	871.53	876.99	886.22	1046.66	833.59	1175.20	104.67	114.898	-	-	-
pH	-	5.9875	6.0550	6.0350	6.1167	5.6433	6.4008	6.4375	6.7275	6.2975	6.1275	6.915	7.225	6 - 9	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
STD	mg/L	1450.77	1185.38	1122.15	1253.85	1191.54	1193.85	1164.17	1438.46	1144.62	1633.85	215.63	175.188	-	-	-
Cl <sup>-</sup>	mg/L	1.8385	0.6769	1.0769	1.3077	1.2077	1.2615	1.1615	1.2231	1.2231	1.5077	0.9438	1.2	-	-	-
F <sup>-</sup>	mg/L	0.2462	0.2846	0.2846	0.3692	0.3000	0.2538	0.4154	0.3385	0.2615	0.3538	0.4375	0.5375	-	1	**
NO <sub>2</sub> -N	mg/L	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.888	0.85	-	10	10
NO <sub>3</sub> -N	mg/L	2.8846	1.9846	3.1846	2.2846	2.3385	2.3154	2.1615	2.1846	1.9615	3.8846	2.025	2.69375	-	90	90
PO <sub>4</sub> -P	mg/L	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	7.7188	7.29375	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	1011.19	841.88	783.05	873.68	817.85	843.64	847.80	990.69	794.65	1040.38	115.64	99.575	-	1000	1000

**Nota:**  
 (1) D.S. N° 010-2010-MINAM. (2) LMP para hierro disuelto. (3) Estándares nacionales de calidad ambiental para agua, D. S. N° 004-2017-MINAM. \*\* No aplica.

excede el LMP o el ECA por <10

excede el LMP o el EAC por >10

excede el LMP o el EAC por > 100

Fuente: MYSRL

### Modificaciones de componentes propuestos en esta II MEIA

Las siguientes zonas son modificaciones y ampliaciones del I MEIA; varias de estas zonas se componen de los tajos cuyo análisis geoquímico se discutió en párrafos anteriores. Otras zonas son nuevas propuestas de almacenamiento de residuos o de movimiento de material (Ver Figura 3.2.2.3-9, Modificaciones de Componentes Propuestos).

#### Tajo Chaquicocha - Etapa 3

El Tajo Chaquicocha es un tajo en operación, el cual cuenta con cuatro etapas aprobadas en diferentes IGAs. En la presente II MEIA se propone la modificación de la Etapa 3, caracterizada en la I MEIA (Ver sección Desmonte y Mineral Proveniente de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4), Chaquicocha

Subterráneo Sur y Tajo Maqui Maqui Sur, en el presente informe). Esta modificación consiste en una ampliación en extensión con la finalidad de extraer mayor cantidad de mineral de óxidos. La modificación ha previsto la reconfiguración de algunas zonas del tajo, manteniendo la cota mínima aprobada de 3,590 msnm (aprobada en el SYE V).

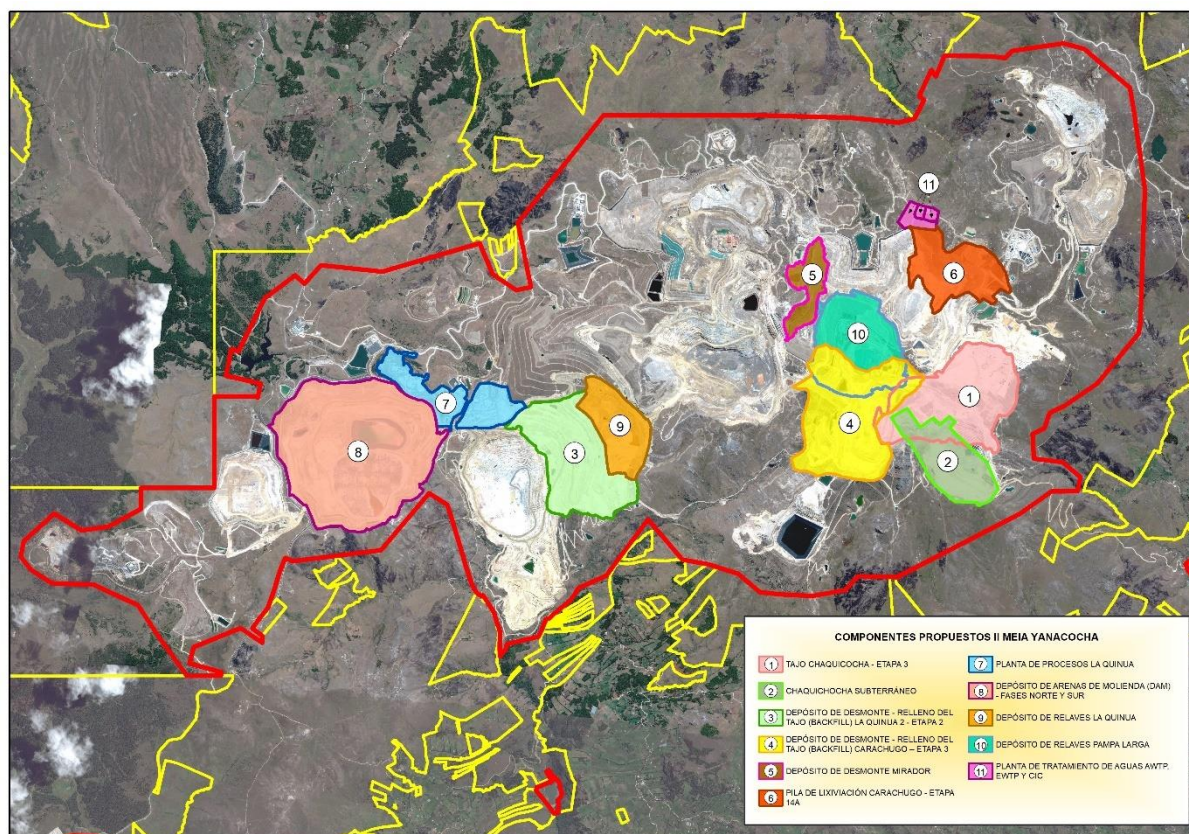
### Chaquicocha Subterráneo

En la II MEIA se propone la modificación del diseño de las galerías subterráneas aprobadas en la I MEIA Yanacocha R.D. N° 00049-2019-SENACE-PE/DEAR y SYE5 por lo cual se integrarán los diseños, dos métodos de explotación, reubicación de portales, así como las áreas superficiales de soporte de las operaciones de Chaquicocha Subterráneo. Cabe señalar que se mantendrá la cota mínima aprobada de 3,600 msnm.

El cambio en el diseño de las galerías subterráneas se debe principalmente a que la modificación del Tajo Chaquicocha Etapa 3, el cual también es parte del alcance de la presente II MEIA (Ver sección Desmonte y Mineral Proveniente de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4), Chaquicocha Subterráneo Sur y Tajo Maqui Maqui Sur, en el presente informe), interceptará a los diseños aprobados de la 1ra MIEA, por lo que MYSRL ha visto conveniente reducir el ámbito de operación.

Por otro lado, se está proponiendo incluir otros métodos de minados adicionales al aprobado de acuerdo a las condiciones geotécnicas de cada sector. Asimismo, se incrementará un área de instalaciones superficiales a las cinco (5) aprobadas, para brindar soporte a las labores subterráneas.

**Figura 3.2.2.3-9 Modificaciones de Componentes Propuestos**



Fuente: MYSRL.

### Material de Desmonte – Backfill La Quinua

El material de desmonte depositado en el Backfill La Quinua proviene del Tajo Yanacocha (Yanacocha Layback), un tajo nuevo: Tajo Yanacocha Etapa 2 (conocido también como Verde), Tajo La Quinua Sur, el Tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste) y del Tajo La Quinua, por lo tanto, la caracterización de estos materiales ha sido descrita en secciones anteriores (ver Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha y Mineral Proveniente del Tajo Yanacocha y Desmonte y Mineral Proveniente del Tajo La Quinua). Cabe señalar que la caracterización geoquímica de dichos materiales fue presentada y

aprobada en la Tercera Modificación del EIA Suplementario Yanacocha Oeste aprobado por RD 00049-2019-SENACE-PE/DEAR.

Este depósito era previamente conocido como Depósito de Desmante - Relleno del Tajo (Backfill) La Quinua 2 - Etapa 2 (en adelante se llamará Relleno La Quinua), en donde el diseño de depósito será reconfigurado manteniendo la capacidad aprobada de 138.14 Mt, por lo tanto, no se dispondrá de un mayor volumen al relleno. Asimismo, cambiará la huella, la cual se verá reducida por el cambio de uso, ya que por el lado norte de la huella aprobada en la 1ª MEIA será ocupada por el nuevo Depósito de Relaves La Quinua, el cual también es parte del alcance de la presente II MEIA.

### **Material de Desmante – Backfill Carachugo-Etapa 3**

El material de desmante depositado en el Backfill Carachugo proviene del Tajo Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4) y de Chaquicocha Subterráneo, por lo tanto, la caracterización de estos materiales ha sido descrita en secciones anteriores (ver Desmante y Mineral Proveniente del Tajo Chaquicocha, Chaquicocha Subterráneo Sur, Tajo Maqui Maqui Sur, el Tajo Carachugo Marleny Norte, el Tajo Carachugo Fase III y las labores subterráneas de Chaquicocha Subterráneo Etapa 2). Cabe señalar que la caracterización geoquímica de dichos materiales fue presentada y aprobada en la Quinta Modificación del EIA-d de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este aprobado mediante RD 361-2016-MEM-DGAAM.

La II MEIA propone la reconfiguración del diseño aprobado del Depósito de Desmante - Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo - Etapa 3 (en adelante Relleno Carachugo), el cual conlleva a la modificación de la huella aprobada y disminución de su área total; así como, variaciones en los tonelajes de descarga anual manteniendo la capacidad aprobada de 210 Mt.

Esta modificación se propone principalmente para recibir desmontes de la ampliación del Tajo Chaquicocha Etapa 3 y la optimización de descargas de desmontes durante la operación de este, manteniendo la misma capacidad aprobada.

### **Depósito de Desmante - Mirador**

La presente II MEIA propone la habilitación de un nuevo depósito de desmontes denominado Mirador, con la finalidad de incrementar la capacidad de almacenar material de desmante de la UM Yanacocha. El material para disponer vendrá principalmente del Tajo abierto Chaquicocha Etapa 3 y de las galerías subterráneas de Chaquicocha Subterráneo, siendo ambos componentes parte del alcance de la presente II MEIA (Ver sección Desmante y Mineral Proveniente de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4), Chaquicocha Subterráneo Sur y Tajo Maqui Maqui Sur, en el presente informe), y cuyo material de desmante ha sido extensamente caracterizado y aprobado en IGA previos, tal como se describen en secciones anteriores. Este depósito de desmante se ubicará dentro del área de actividad efectiva aprobada de la UM Yanacocha, hacia el lado Oeste del Pad Carachugo Etapa 9 y al Norte del Relleno Carachugo. Presentará una capacidad de diseño para almacenar aproximadamente 30.9 Mt de desmontes PAG y No PAG.

### **Pila de Lixiviación Carachugo – Etapa 14**

La Pila de Lixiviación Carachugo es parte de la línea de procesamiento de mineral y se encuentra actualmente en operación, el cual cuenta con varias etapas (Ver sección Pad de lixiviación Carachugo (ripios), en el presente informe), una de ellas, la etapa 14, la cual fue la última en ser aprobada en el SYE V. Esta etapa se encuentra en parte en etapa de operación y en parte en construcción.

La presente modificación propone la modificación de la Etapa 14 de la Pila de Lixiviación Carachugo (en adelante Pad Carachugo 14), con la finalidad de incrementar la capacidad de tratamiento de la pila. Este incremento se da principalmente por el incremento de material a ser minado del tajo abierto Chaquicocha Etapa 3, el cual también es parte del alcance de la presente II MEIA (Ver sección Desmante y Mineral Proveniente de los Tajos Chaquicocha (Etapas 2, 3 y 4), Chaquicocha Subterráneo Sur y Tajo Maqui Maqui Sur, en el presente informe). El mineral proveniente de estos depósitos ya ha sido caracterizado y aprobado en IGA previos, tal como se ha detallado en secciones previas.

Cabe señalar, que el método de lixiviación y los sistemas de colección serán los mismos que los aprobados y usados actualmente en la operación de la pila.

### **Planta de Proceso La Quinua**

La presente II MEIA propone la mezcla de relaves de los flujos de los procesos existentes de la planta de procesos La Quinua (Gold Mill) con los relaves provenientes de la nueva planta de La Quinua Oeste para obtener un solo flujo de relaves y entregarlos hacia tres depósitos de relaves de manera secuencial durante la vida del proyecto. La propuesta tiene como finalidad la optimización operativa de la disposición de relaves a fin de reducir costos de inversión y de mantenimiento.

Se propone la mezcla de relaves provenientes de las siguientes etapas: i) relaves del circuito de cianuración/cianurización de la actual proceso de recuperación de oro Merrill Crowe; ii) relaves de los circuitos de flotación de mineral (Ver sección Relaves de Flotación, Residuos de Autoclave y compósito COMP 1/3/5 CN+Flot Tails, en el presente informe), y la Solución de Neutralización de Purga o BSN (por sus siglas en inglés de *Bleed Solution Neutralization*) provenientes del circuito POX de la nueva planta de procesos de La Quinua Oeste aprobada en la I MEIA Yanacocha (RD 00049-2019-SENACE-PE/DEAR).

Estos relaves serán mezclados en un tanque existente de la planta Gold Mill de La Quinua, para posteriormente ser transportados a través de tuberías hacia su disposición final, de manera secuencial en tres depósitos de relaves: i) Depósito de Arenas de Molienda – Fases Norte y Sur, ii) Depósito de Relaves La Quinua; iii) y Depósito de Relaves Pampa Larga (todos forman parte de la presente MEIA).

### **Depósito de Relaves La Quinua**

La presente modificación propone la construcción de un nuevo depósito de relaves en área de operación, denominado Depósito de Relaves La Quinua, con la finalidad de almacenar los relaves mixtos que se generarán producto de la mezcla de los relaves de flotación y los residuos de lixiviación que serán producidos en la Planta de Procesos. Adicionalmente, se ha considerado que el depósito también almacenará los lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas, los cuales se prevé que son estables geoquímicamente.

Este depósito, se ubicará dentro del área de propiedad de MYSRL, específicamente sobre el sector norte del Relleno La Quinua. Presentará una capacidad total de 18.9 Mt y un sistema de impermeabilización en toda el área del embalse. Los materiales almacenados en este depósito ya han sido caracterizados y aprobados en IGA previos y que han sido presentados en las secciones anteriores.

### **Depósito de Arenas de Molienda - Fase Norte y Sur**

La presente modificación propone cambios en el depósito de arenas de molienda (DAM) (Para su caracterización ver sección Arenas de Molienda, en el presente informe) con la finalidad de almacenar los relaves mezclados producidos en la Planta de Procesos.

El DAM se ha aprobado en dos fases: DAM Norte y DAM Sur. Con respecto al DAM Norte este se divide a su vez en DAM Norte Etapa 1 y Etapa 2. Actualmente, el DAM Norte Etapa 1 se encuentra en operación y la Etapa 2 aún no se construye.

Se propone la ampliación de capacidad del DAM Norte Etapa 2 y el depósito de la mezcla de relaves provenientes de la planta de procesos en el DAM Norte y DAM Sur. Los materiales almacenados en este depósito ya han sido caracterizados y aprobados en IGA previos y que han sido presentados en las secciones anteriores.



### 3.2.3 Hidrografía, Hidrología, Hidrogeología y Balance Hídrico

#### 3.2.3.1 Hidrografía

##### 3.2.3.1.1 Delimitación de Cuencas

La caracterización hidrográfica del área del proyecto ha tenido en cuenta la información disponible del “Estudio Climatológico para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio Climatológico”, elaborado por WSP Perú S.A (WSP, 2019). La presente sección describe la hidrografía regional, los parámetros geomorfológicos de las unidades hidrográficas definidas, así como las diversas fuentes de agua e infraestructura hidráulica contenida dentro de las unidades a nivel local.

De acuerdo con lo establecido en la R.M. N° 033-2008-AG se aprueba la “Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria Descriptiva y Plano de Delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú”. Esta codificación fue creada por el Ing. Otto Pfafstetter en Brasil el año 1989, difundida a partir de 1997 por Kristine Verdin y adoptada a partir de entonces por la United States Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos), como estándar internacional.

Esta metodología consiste en asignar identificadores “Ids” a las unidades de drenaje, basándose en la topografía y topología de la superficie del terreno, para relacionarla con sus unidades vecinas, locales o internas, de tal forma que no existe ningún área del territorio sin delimitar y codificar, haciendo que la “unidad de tipo cuenca, intercuenca y cuenca interna sea única dentro de un continente”.

En base a esta premisa la delimitación de cuencas del área de estudio ha considerado la delimitación de los niveles regional y local.

#### **Nivel Regional**

El área del Proyecto se encuentra ubicada en la parte alta de la cabecera de las cuencas Crisnejas, Intercuenca Alto Marañón IV y Jequetepeque. Las cuencas Crisnejas e Intercuenca Alto Marañón IV pertenecientes a la vertiente del Atlántico mientras que la cuenca Jequetepeque drena hacia la vertiente del Pacífico.

La Unidad Minera Yanacocha se encuentra ubicada principalmente en la vertiente del Atlántico, emplazado sobre las subcuencas de la quebrada Honda, río Azufre, río Quinuario y río Grande, de las cuales la primera pertenece a la cuenca Alto Marañón y las tres últimas a la cuenca Crisnejas. También tiene instalaciones ubicadas en la subcuenca del río Rejo, que pertenece a la cuenca del río Jequetepeque, que drena hacia la vertiente del Pacífico.

La Figura 3.2.3.1-1, *Mapa Hidrográfico Regional*, muestra la distribución de las cuencas a nivel regional a partir de la ubicación del proyecto Yanacocha.

#### **Nivel Local**

La delimitación de las microcuencas a nivel local ha sido establecida en base a “puntos de cierre”, tomando en consideración los siguientes criterios:

- La ubicación de estructuras de manejo y control de agua, tales como diques o vertederos.
- Los puntos aguas arriba de la confluencia con un curso de agua, en cuya cuenca no se ubique un componente del estudio.

A partir de los criterios definidos y en base a la información cartográfica disponible actualmente en la base de datos del IGN (Instituto Geográfico Nacional), se delimitaron 8 microcuencas de interés y una intercuenca que son: microcuenca de la quebrada Honda, microcuenca del río Azufre, microcuenca de la quebrada La Saccha, microcuenca de la quebrada San José, microcuenca del río Grande, microcuenca del río Shoclla, microcuenca de la quebrada Chachacoma, microcuenca de la quebrada SN1 e intercuenca SN2. La Figura 3.2.3.1-2, *Mapa Hidrográfico Local*, muestra la distribución de las microcuencas en evaluación.

### 3.2.3.1.2 Inventario de Fuentes de Agua Superficial, Subterránea y de Infraestructura Hidráulica

#### *Inventario de Fuentes de Agua Superficial*

Los tipos de fuentes de agua superficial en el área del Proyecto son ríos, quebradas y lagunas. En el área de estudio se han identificado un total de 226 fuentes de agua, de las cuales 6 son ríos (3.1%), 172 quebradas permanente e intermitentes (89.6%) y 14 lagunas (7.3%) (ver Figura 3.2.3.1-3, Mapa de Fuentes de Agua Superficial).

Los tres ríos principales son el río Shoclla, el río Grande y el río Azufre. El río Shoclla conforma la microcuenca del río Shoclla para entregar aguas abajo, sus aguas al río Tinte. El río Grande da origen a la microcuenca del mismo nombre y el río Azufre recoge las aguas de las microcuencas del río San José, quebrada La Saccha y el río Azufre.

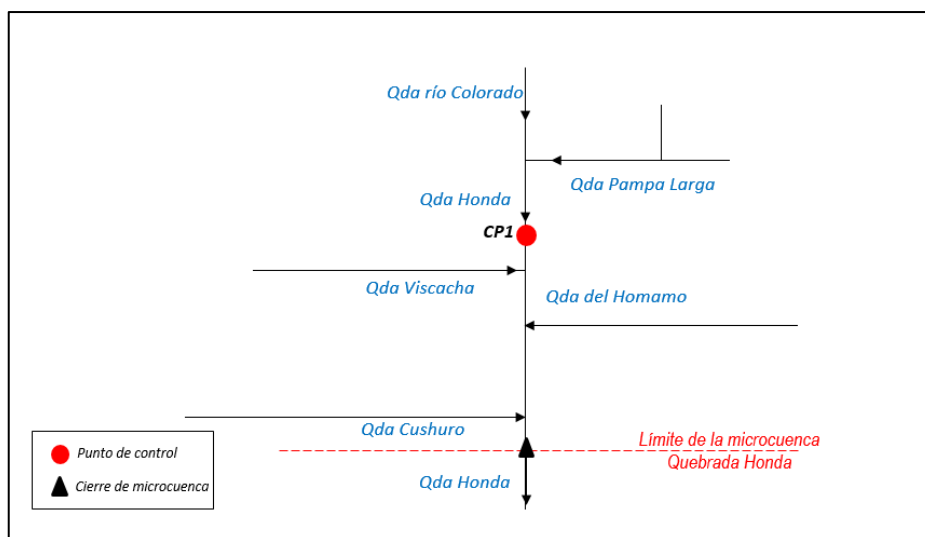
Las lagunas en su mayoría se encuentran en las partes altas de las microcuencas del río Azufre, quebrada San José, río Shoclla y quebrada Honda. De las lagunas destacan: las 5 lagunas Maqui Maqui en la microcuenca de la quebrada Honda, las lagunas Totorá y Quecher en la microcuenca del río Azufre y finalmente las lagunas San José e Inga Corral en la microcuenca de la quebrada San José.

Los ríos y quebradas asociadas a cada unidad hidrográfica se describen a continuación:

#### **Quebrada Honda**

Quebrada Honda es un curso de agua perteneciente a la vertiente del Atlántico en la región de Cajamarca. La quebrada Honda nace en las alturas de la mina Yanacocha en la confluencia de las quebradas Río Colorado y Pampa Larga. Aguas abajo de esta confluencia recibe el nombre de quebrada Honda en este curso se encuentra ubicado el punto de monitoreo CP1. Continuando su recorrido recibe el aporte de las quebradas del Hornamo y Viscacha, hasta confluir finalmente con el río Cushuro. El punto de descarga de esta microcuenca de interés corresponde al punto inmediatamente aguas debajo de la confluencia de la quebrada Honda y el río Cushuro. (ver Gráfico 3.2.3-1, Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Honda).

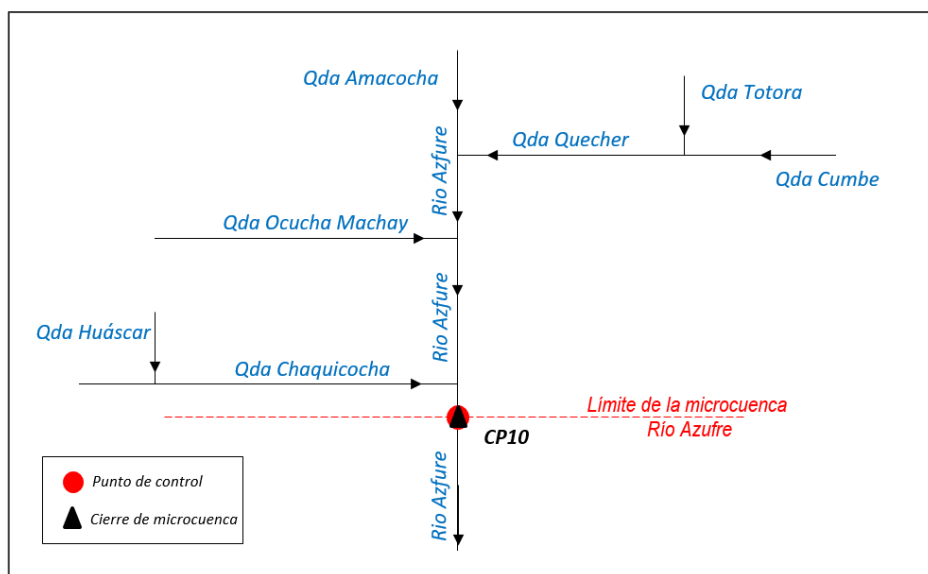
**Gráfico 3.2.3-1 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Honda**



### Río Azufre

El río Azufre, sus aguas drenan de norte a sur, nace de la confluencia de las quebradas Amacocha y Quecher (la cual nace de la confluencia de las quebradas Totorá y Cumbe). Aguas abajo, por la margen derecha, recibe la contribución de la quebrada Ocucha Machay y luego de la quebrada Huáscar. Aguas abajo de la confluencia de la quebrada Chaquicocha con el río Azufre, se encuentra el punto de monitoreo CP10, el cual marca el límite de la microcuenca del río Azufre. (ver Gráfico 3.2.3-2, Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Azufre).

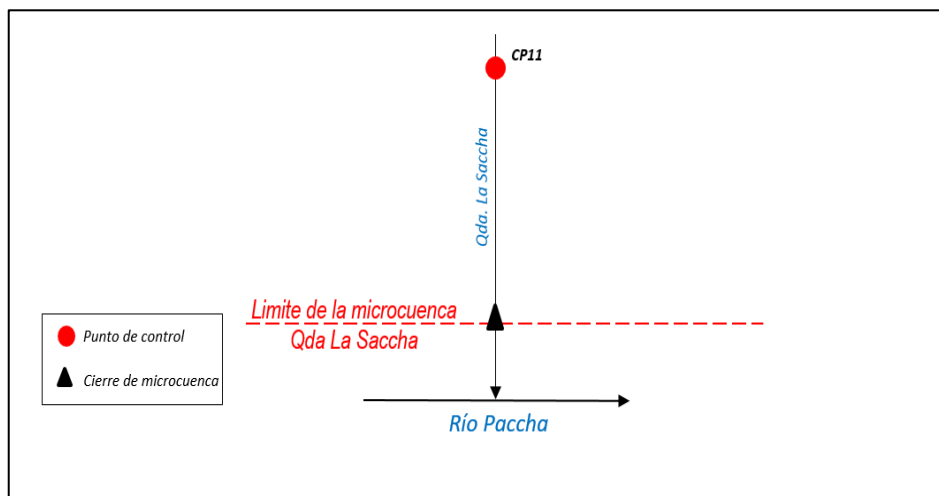
**Gráfico 3.2.3-2 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Azufre**



### Quebrada La Saccha

La quebrada La Saccha se origina en las alturas de la mina Yanacocha, recibe en su desarrollo por la margen derecha pequeñas quebradas, aguas arriba de la confluencia con dichas quebradas se encuentra en el punto de monitoreo CP11, hasta entregar sus aguas al río Paccha. El límite de la microcuenca de la quebrada La Saccha se encuentra próxima a la confluencia con el río Paccha (ver Gráfico 3.2.3-3, Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada La Saccha).

**Gráfico 3.2.3-3 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada La Saccha**

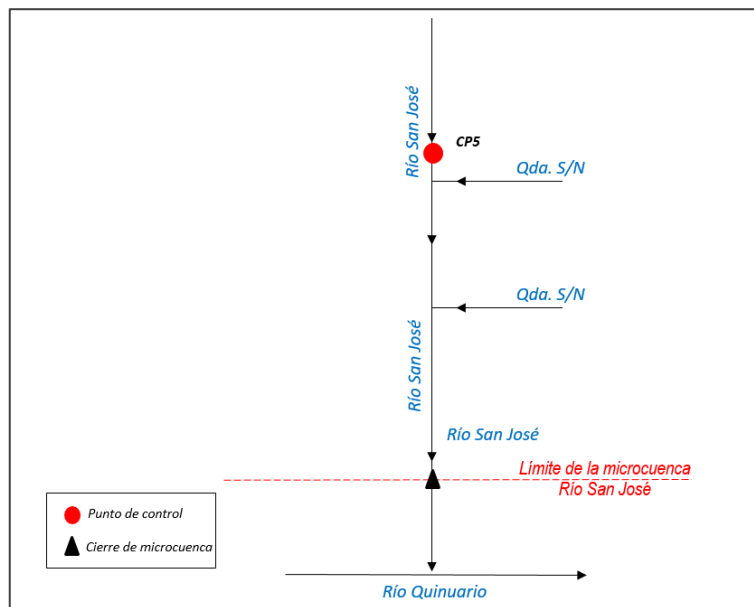




### Río San José

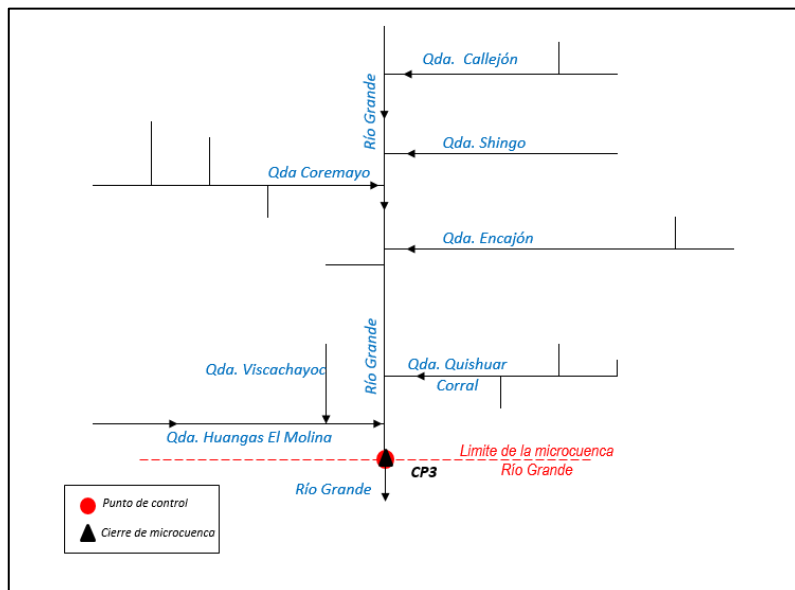
Nace en las alturas de la mina Yanacocha, en su recorrido recibe aportes por la margen izquierda, de dos pequeñas quebradas (quebradas S/N). En el desarrollo del curso fluvial se ubica el punto de monitoreo CP5 (antes de la confluencia con la primera quebrada). El límite de la microcuenca del río San José se encuentra aguas arriba de la confluencia del río San José con el río Quinuario (ver Gráfico 3.2.3-4, *Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río San José*).

**Gráfico 3.2.3-4 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río San José**

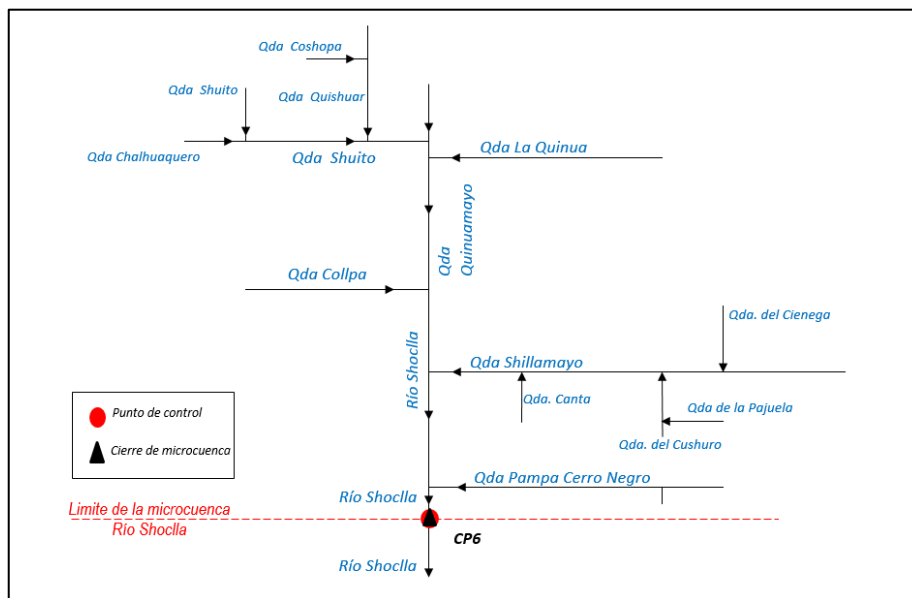


### Río Grande

El río Grande se origina en las alturas de la mina Yanacocha, recibe el aporte por la margen izquierda de las quebradas Callejón, Shingo, Encajón y Quishuar Corral, por la margen derecha, recibe los aportes de las quebradas Coremayo y Huangas El Molina (cuyo tributario es la quebrada Viscachayoc). El punto de monitoreo CP3 está ubicado en el río Grande aguas abajo de la confluencia con la quebrada Huangas El Molina, este punto marca el límite de la microcuenca del río Grande (ver Gráfico 3.2.3-5, *Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Grande*).

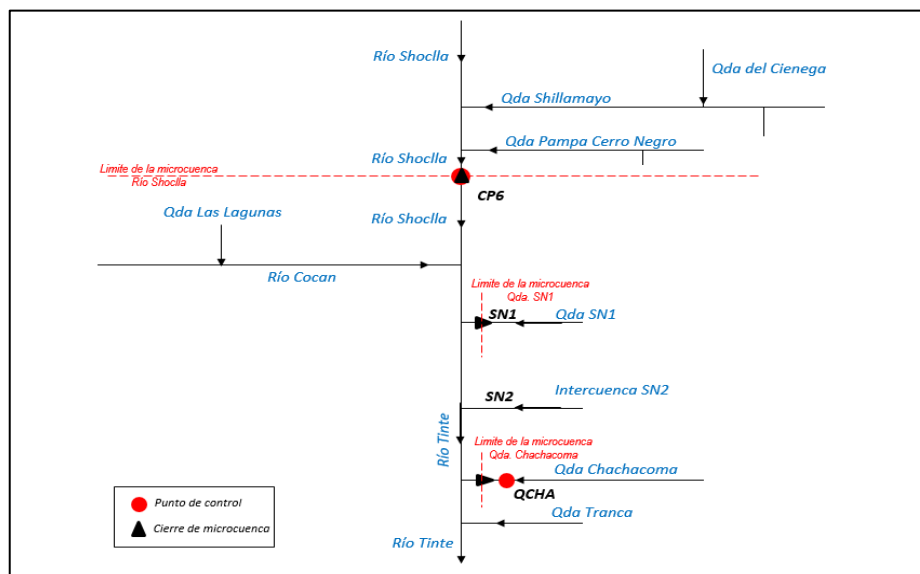
**Gráfico 3.2.3-5 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Grande****Río Shoclla**

El río Shoclla nace de la confluencia de las quebradas Quinuamayo y Collpa. La quebrada Quinuamayo nace en las proximidades de la mina de Yanacocha, recibe los aportes de las quebradas La Quinua y Shuito, ésta a su vez recibe los aportes de las quebradas Chalhuaquero y Quishuar. El río Shoclla recibe los aportes por la margen izquierda de las quebradas Shillamayo y Pampa Cerro Negro. El punto CP6, marca el límite de la microcuenca del río Shoclla, y se encuentra en el río Shoclla aguas abajo de la confluencia de la quebrada Pampa Cerro Negro (ver Gráfico 3.2.3-6, *Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Shoclla*).

**Gráfico 3.2.3-6 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Río Shoclla****Quebrada Chachacoma**

La quebrada Chachacoma nace en las proximidades de la mina Yanacocha, descarga sus aguas hacia el río Tinte. El río Tinte se forma por la confluencia del río Shoclla y Cocan, este último recibe las aguas por la margen izquierda de la quebrada Las Lagunas. Los puntos SN1 y aguas abajo de QCHA marcan el límite de las microcuencas SN1 y Chachacoma, que drenan sus aguas hacia el río Tinte (ver Gráfico 3.2.3-7, *Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Chachacoma*).

Gráfico 3.2.3-7 Diagrama Fluvial en la Microcuenca Quebrada Chachacoma



### Inventario de Fuentes de Agua Subterránea

La descripción de las fuentes de agua subterránea, en el área del Proyecto, se describen en la Sección de Hidrogeología en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.4, Inventario de Fuentes de Agua Subterránea*.

### Inventario de Infraestructura Hidráulica Mayor

- Dique El Rejo: Esta estructura de control de sedimentos se ubica en el cauce del río Shoclla, aguas abajo del área del complejo Yanacocha sobre propiedad superficial de MYSRL. La estructura ha sido diseñada para controlar el arrastre de los sedimentos producidos por precipitaciones regulares; este tiene una capacidad total de almacenamiento de 745 000 m<sup>3</sup> y está diseñado para descargar un flujo con una concentración máxima de sólidos totales en suspensión equivalente a 50 mg/L.

El cuerpo del dique está constituido por una estructura de relleno compactado y reforzado con 80 – 100 kg de cemento Portland por m<sup>3</sup> de relleno (*hardfill*), habiéndose empleado para su construcción un total de 3 000 m<sup>3</sup> de concreto y 30 000 m<sup>3</sup> de relleno reforzado. La altura máxima del dique es igual a 36 m, siendo la inclinación de sus taludes equivalente a 0.7H:1V y el embalse ocupa una extensión de aproximadamente 14 ha.

Esta estructura entró en operación en noviembre de 2004. Se cuenta con un sistema de monitoreo automático, el cual se realiza a través de sensores para medición de turbidez, caudal, nivel de embalse, filtraciones, acidez (pH), temperatura y altura de piezómetros. Los datos son registrados y enviados por telemetría a una central de información para su procesamiento y manejo interno.

- Dique Río Grande: Este dique se ubica en el cauce del río Grande, aguas abajo de las operaciones sobre propiedad superficial de MYSRL. La estructura ha sido diseñada para controlar el arrastre de los sedimentos producidos por las lluvias regulares, tiene una capacidad total de almacenamiento de 747,000 m<sup>3</sup> para un período de contención de sedimentos de 10 años. Asimismo, este dique está diseñado para permitir una concentración de sólidos totales en suspensión igual a 50 mg/L en la descarga, bajo condiciones regulares de lluvias.

El cuerpo del dique está constituido por una estructura de relleno compactado y reforzado con 80 – 100 kg de cemento Portland por m<sup>3</sup> de relleno (*hardfill*), habiéndose empleado para su construcción un total de 7,000 m<sup>3</sup> de concreto y 60,000 m<sup>3</sup> de relleno reforzado. La altura máxima del dique es de 46 m, la inclinación de los taludes del mismo es igual a 0.7H:1.0V y el embalse ocupa una extensión aproximada de 7.4 ha.

Este dique inició operaciones en noviembre de 2004. Asimismo, cuenta con un sistema de monitoreo automático, el cual se realiza a través de sensores para medición de turbidez, caudal, nivel de embalse, filtraciones, acidez (pH), temperatura y altura de piezómetros. Estos datos son

almacenados y enviados por telemetría a una central de información para su procesamiento y seguimiento interno.

- **Reservorio San José:** Fue construido por la minera Yanacocha, tiene capacidad para almacenar agua que proviene del excedente de la planta de tratamiento (EWTP) en Pampa Larga y Yanacocha Norte y AWTP en Yanacocha Norte. El volumen de almacenamiento es de 6 MMC, el cual es distribuido mediante los canales Encajón-Collotán, La Shacsha y Llagamarca.
- **Dique Río Azufre:** Esta estructura se ubica en el río Azufre, aguas abajo del área del complejo Yanacocha, sobre propiedad superficial de MYSRL. El dique del Río Azufre tiene como objetivo limitar la descarga de sólidos totales en suspensión. El cuerpo de este dique es de material granular tipo roca drenante, de tal manera que funcione como un dique filtrante. Tiene una altura de 15 m y una capacidad para almacenar 154,000 m<sup>3</sup> de sedimentos. El monitoreo y los procedimientos operativos de la estructura de control de sedimentos del río Azufre son similares a los implementados en los diques del río Grande y del río Rejo.

Las estructuras Dique El Rejo, Dique río Grande y el Dique Azufre funcionan como estructuras para el control de sedimentos principalmente, no como estructuras para regulación del uso de agua. El Gráfico 3.2.3-8, *Caudales Registrados en el Dique Rejo (CP6)*, el Gráfico 3.2.3-9, *Caudales Registrados en el Dique Azufre (CP10)* y el Gráfico 3.2.3-10, *Caudales Registrados en el Dique Río Grande (CP3)*, corresponde a los registros históricos de caudales medidos en estas infraestructuras hidráulicas. Estas infraestructuras no tienen compromiso de caudal de entrega a las poblaciones.

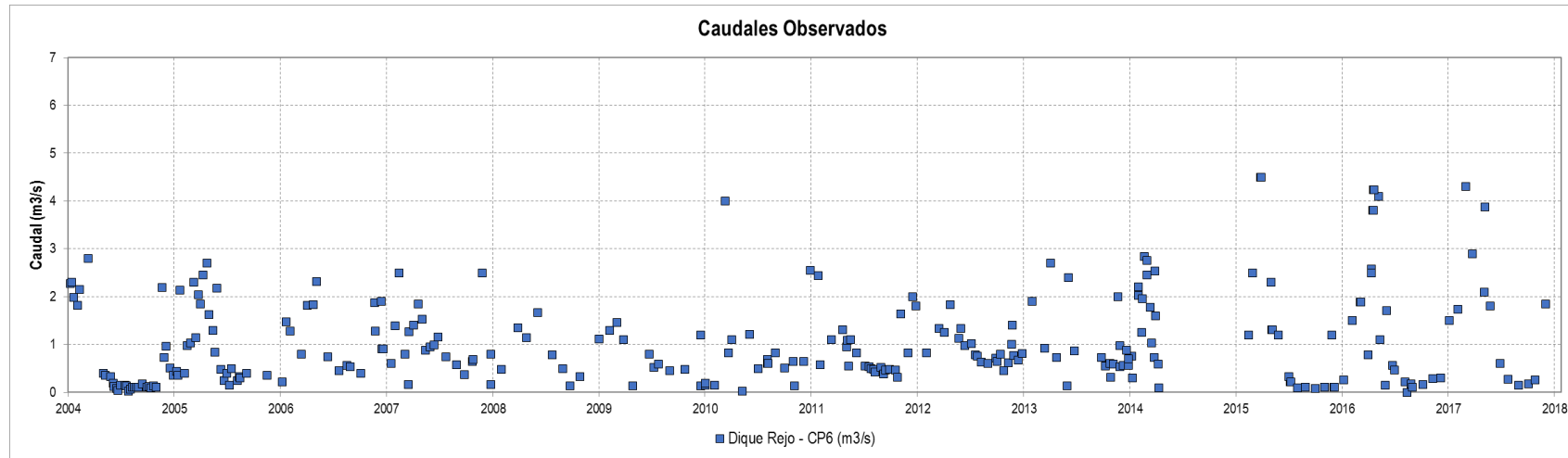
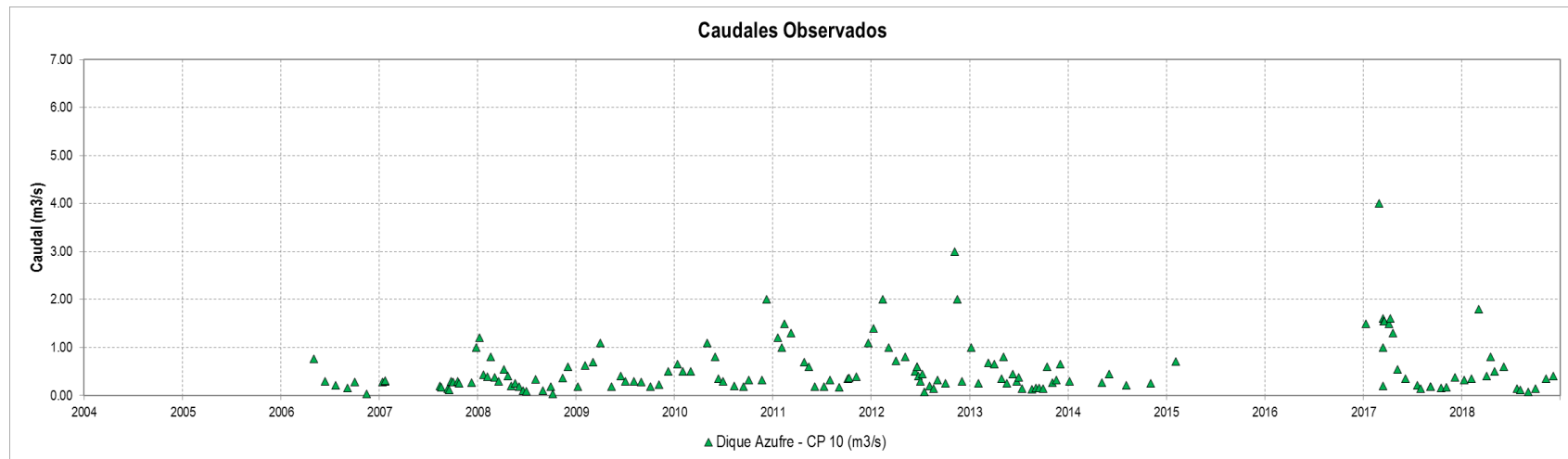
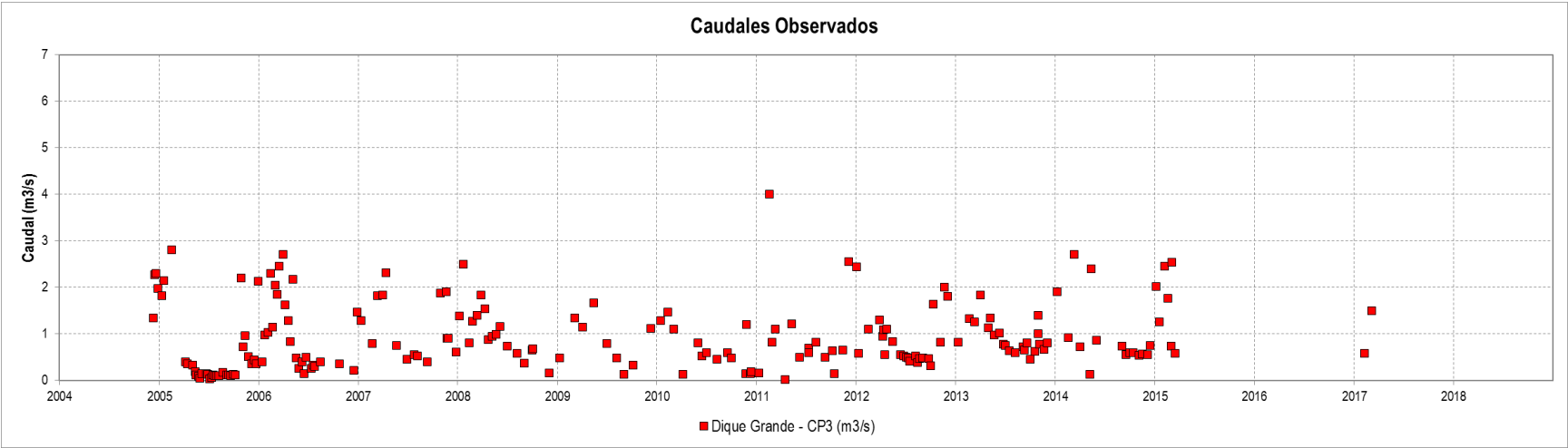
**Gráfico 3.2.3-8 Caudales Registrados en el Dique Rejo (CP6)****Gráfico 3.2.3-9 Caudales Registrados en el Dique Azufre (CP10)**

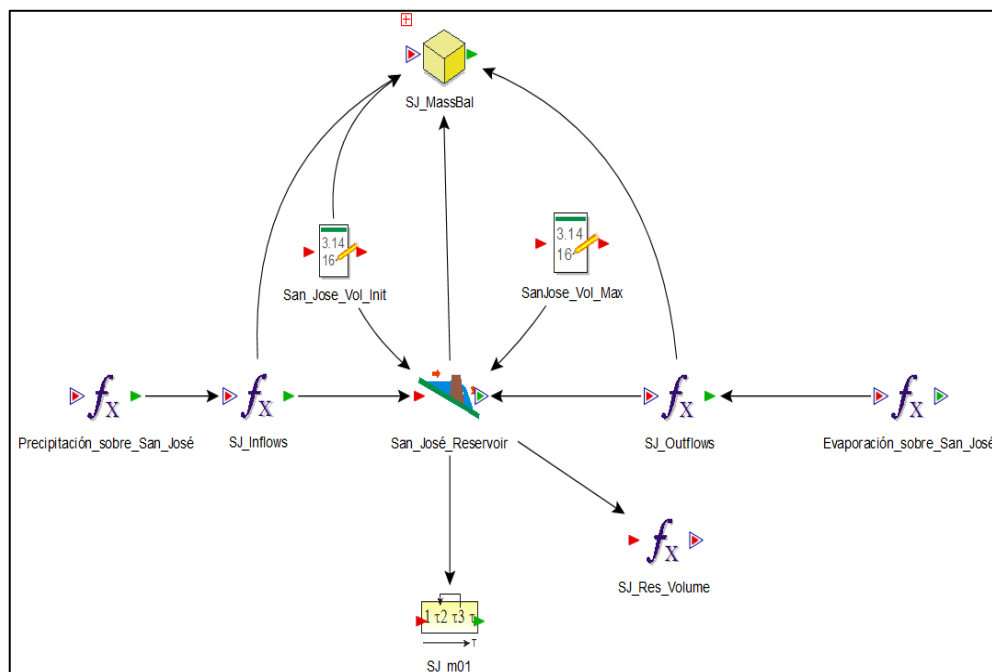
Gráfico 3.2.3-10 Caudales Registrados en el Dique Río Grande (CP3)



### Simulación de Abastecimiento de Agua del Reservoirio San José

Los parámetros obtenidos a partir de la verificación del modelo HEC-HMS, fueron utilizados en la plataforma GoldSim para implementar el modelo integral de manejo de agua en Yanacocha. El modelo integral de manejo de agua simula la variación del volumen del reservorio San José, como se muestra en el Gráfico 3.2.3-11, *Modelo GoldSim del Reservoirio San José*.

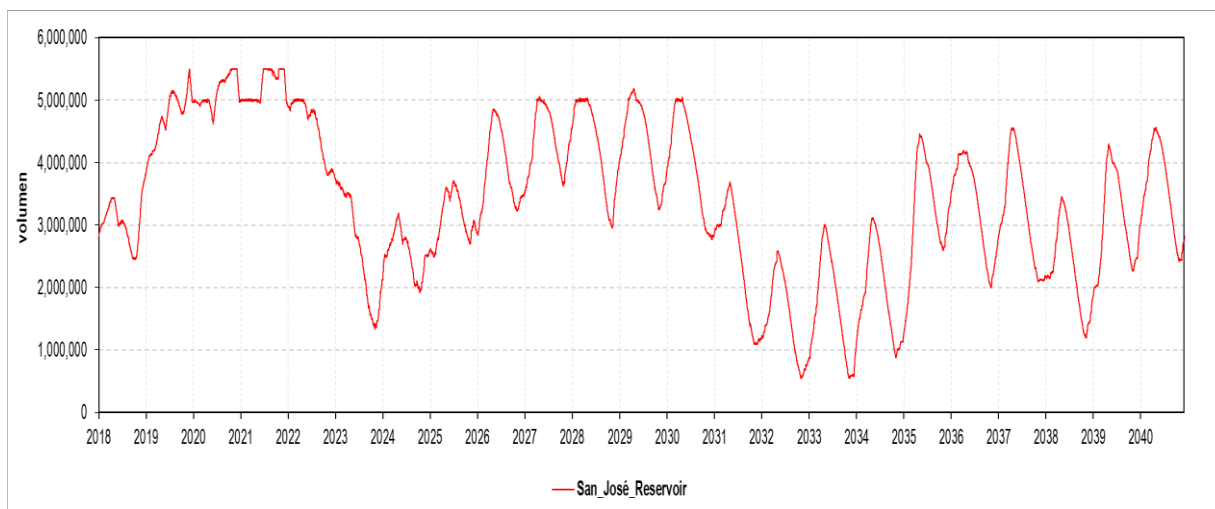
**Gráfico 3.2.3-11 Modelo GoldSim del Reservoirio San José**



Los criterios utilizados para simular el abastecimiento del reservorio San José son:

- *Precipitación\_sobre\_San\_José*. Es el flujo de ingreso proviene de la precipitación sobre el reservorio San José.
- *Entrada (SJ\_Inflows)*. Representa todos los flujos de entrada al reservorio San José: caudal de la poza Pre San José, de la planta AWTP y planta EWTP.
- *Salida (SJ\_Outflows)*. Representa todos los flujos de salida del reservorio San José, considera la evaporación sobre el reservorio san José y la demanda de agua proveniente de los puntos de descarga (DCP's) y canales con los que Yanacocha tiene compromisos.
- El modelo conceptual de funcionamiento del reservorio se basa en el balance de las entradas y salidas de agua.
- El reservorio ha sido simulado considerando un volumen inicial de 1,872,600 m<sup>3</sup> y un volumen máximo de 6,000,000 m<sup>3</sup>.
- Las simulaciones se realizaron para el periodo 2020 al 2040, por medio de una serie de precipitación generada del modelo estocástico. El Gráfico 3.2.3-12, *Variación Volumétrica del Reservoirio San José*, muestra en promedio el comportamiento de la capacidad del reservorio San José.



**Gráfico 3.2.3-12 Variación Volumétrica del Reservorio San José****Inventario de Infraestructura Hidráulica Menor**

La infraestructura hidráulica menor de riego, dentro del área del proyecto, que se encuentran dentro de las subcuencas Shillamayo, Quebrada Honda, río Grande, río Porcón, río Quinuario y río Rejo hacia el lado sur (COMOCA SUR) se identificaron 17 bocatmas de las cuales nueve son del tipo permanente, seis son semi rústicas y dos rústicos. En las subcuencas del río Azufre y río Quinuario hacia el este (COMOCA ESTE) se identificaron 10 bocatmas, de las cuales nueve son del tipo permanente y uno semi-rústico.

Los diversos canales de riego, que tienen una influencia directa o indirecta en la actividad de la minera, se encuentran en el ámbito de trabajo de la asociación COMOCA (Comisión de Monitoreo de Canales de Riego de Cajamarca). Los canales en su mayoría se encuentran en buen estado, son de concreto y presentan una geometría rectangular de ancho variable.

El detalle completo del Inventario de Infraestructura Hidráulica incluyendo la metodología, la descripción del sistema hidráulico común por sectores y subsectores hidráulicos, así como los apéndices correspondientes (cuadro resumen, álbum fotográfico, esquema hidráulico y planos de ubicación) se presentan en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.2, Inventario de Infraestructuras Hidráulicas*.

En la Tabla 3.2.3.1-1, *Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA SUR*, y Tabla 3.2.3.1-2, *Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA ESTE*, se describe las principales características las estructuras de captación y canal de derivación asociados a los cursos de agua. Y en la Figura 3.2.3.1-4, *Mapa de Ubicación de Canales COMOCA SUR*, y Figura 3.2.3.1-5, *Mapa de Ubicación de Canales COMOCA ESTE*, se muestra la distribución geográfica de los canales y puntos de captación.

**Tabla 3.2.3.1-1 Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA SUR**

Nombre de la fuente de agua	Bocatoma	Coordenadas UTM WGS 84			Canal	
	Nombre	Este	Norte	Altitud (msnm)	Nombre	Longitud (km)
Rio Colorado	San Martín Tupac Amaru (tual)	776432	9231331	3,799	San Martín Tupac Amaru	44.77
Qda. Quilish	Quilish	766915	9220891	3,600	Quilish	11.14
Qda. Tranca	Capa rosa	765926	9222521	3,570	Capa Rosa	21.29
Qda. Corral blanco	Arcuyoc el potrero	768201	9222732	3,602	Arcuyoc	19.21
Qda. Quillis	La Collpa	769718	9219059	3,394	Collpa La Ramada	12.93
Qda. Quillis	Quilish Cince Las Vizcachas Tual Pacopampa	769660	9220742	3,553	Cince Las Vizcachas	3.86
Descarga mina	Quishuar	772419	9224329	3,612	Quishuar	13.00
Descarga mina	Encajon Collotan	772595	9224491	3,646	Encajón Collotán	11.78
Qda. Llagamarca	Llagamarca	774239	9225005	3,780	Yanacocha Llagamarca	20.37

Nombre de la fuente de agua	Bocatoma	Coordenadas UTM WGS 84			Canal	
	Nombre	Este	Norte	Altitud (msnm)	Nombre	Longitud (km)
Qda. Tuyo corral	La Shacsha	776415	9222789	3,782	La Shacsha	6.87
Rio grande	Atunmayo	772831	9217574	3,076	Atunmayo	6.92
Qda. S/n	Carhuaquero Yacushilla	774646	9220833	3,546	Carhuaquero Yanacushilla - Purhuay Alto	7.56
Qda. Quilish	Hermanos cueva derecha	766833	9220110	3,559	Hermanos Cueva Derecha	10.89
Qda. S/N	Hermanos Cueva Izquierda	768688	9219464	3,512	Hermanos Cueva Izquierda	4.53
Rio Grande	Jose Salvador Coremayo	769586	9223711	3,434	San Jose Salvador Coremayo	16.34
Qda. Quengorio	Tingo Tuyuloma	774139	9219207	3,279	Tingo Tuloma	2.68
Qda. S/N	Puramarca	771929	9216100	3,144	Puramarca	1.71

**Tabla 3.2.3.1-2 Inventario de Infraestructura Menor-COMOCA ESTE**

Nombre de la fuente de agua	Bocatoma	Coordenadas UTM WGS 84			Canal de derivación	
	Nombre	Este	Norte	Altitud (msnm)	Nombre	Longitud (km)
Qda. Cunve	Quihuila quecher pabellon	781148	9229166	3,931	Quihuila Quecher Pabellón	8.55
Qda. Cunve	Azufre quecher	781433	9227501	3,812	Azufre Quecher Bellavista	12.42
Qda. S/N	Uñigan tornuyoc	784042	9224198	3,437	Uñigan Tornuyoc	1.68
Rio Azufre	Azufre ventanillas de combayo	783065	9222580	3,411	Azufre Ventanilla de Combayo	17.66
Rio Azufre	Azufre ahijadero	783577	9222240	3,337	Azufre Ahijadero	4.89
Qda. S/N	Tres tingos	779456	9222468	3,618	Tres Tingos	20.52
Río San José	Quinua totora	778647	9220269	3,447	Tres Tingos Totora	28.55
Río San José	Tomacucho	777136	9222303	3,698	Tomacucho	10.38
Río San José	Shacsha uñigan	777808	9221841	3,606	Shacsha-Uñigan	3.78
Qda. De la sacsha	Cocan barrojo	780199	9221306	3,528	Cocan Barrojo	5.17

### 3.2.3.1.3 Características Hidrogeomorfológicas y Geomorfológicas

A continuación, se describe la hidrografía, los parámetros hidrogeomorfológicos y geomorfológicos de las microcuencas identificadas.

#### Subcuenca de la Quebrada Honda

La subcuenca de la quebrada Honda tiene una extensión de 56,6 km<sup>2</sup>. Se ubica entre las coordenadas 9227786 y 9238602 norte y 772486 y 782138 este. Su elevación varía entre los 3,500 msnm y los 4,175 msnm, con una elevación media de 3,840.7 msnm.

La subcuenca de la quebrada Honda es tributario de la Intercuenca Alta Marañón IV, sus aguas drenan de sur a norte y la longitud de su curso principal alcanza los 10.09 km, con una pendiente promedio de 0.050 m/m. Entre sus principales tributarios se pueden mencionar: por la margen derecha, la quebrada Hornos de Cal y río Cushuro y por la margen izquierda, las quebradas Hornamo, de la Coshpa y Maraybamba.

#### Microcuenca de la Quebrada Honda

El cauce principal lo forma la quebrada Honda, el cual drena de sur a norte, con una longitud de 5,847 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 4,025 msnm hasta una elevación mínima de 3,650 msnm aguas abajo de su confluencia con el río Cushuro. La pendiente media del cauce principal es de 0.06 m/m.

En la parte alta de su nacimiento, la quebrada Honda recibe el nombre de quebrada río Colorado, en su recorrido recibe la contribución de la quebrada Pampa Larga, aguas abajo de esta confluencia recibe el nombre de quebrada Honda. Continuando su recorrido recibe el aporte de las quebradas del Hornamo y Viscacha. Hasta confluir finalmente con el río Cushuro. El punto de descarga de esta

microcuenca de interés corresponde al punto inmediatamente aguas debajo de la confluencia de la quebrada Honda y el río Cushuro.

El área contribuyente de la microcuenca quebrada Honda es de 33.12 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,200 msnm hasta los 3,650 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 9.68 x 3.42 km. La pendiente media de la cuenca es 16.04 % y la elevación media de la cuenca es de 3,951.9 m. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.97, índice de Gravelius de 1.28, la densidad de drenaje es de 0.64 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 3. Estos valores indican que la cuenca no tiene una red de drenaje muy densa y tiene una forma que permitirá el tránsito moderado del agua hacia la salida de la cuenca.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca de la quebrada Honda se encuentra en la Unidad Hidrográfica 49897299.

#### **Subcuenca del Río Azufre**

La subcuenca del río Azufre tiene una extensión de 78.2 km<sup>2</sup>. Se ubica entre las coordenadas 9217437 y 9232328 norte y 776584 y 787259 este. Su elevación varía entre los 2,900 msnm y los 4,200 msnm, con una elevación media de 3,785.7 msnm. La cuenca posee una pendiente media de 23.1 %.

La subcuenca del río Azufre es tributario de la Cuenca Crisnejas, sus aguas drenan de sur a norte a sur y la longitud de su curso principal alcanza los 18.0 km, con una pendiente promedio de 0.063 m/m. Su principal tributario es la quebrada Tingo.

#### **Microcuenca del Río Azufre**

El cauce principal de esta microcuenca lo forma el río Azufre, el cual drena de norte a sur, con una longitud de 7,928 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 4,051 msnm hasta una elevación mínima de 3,550 msnm en el dique del río Azufre. La pendiente media del cauce principal es de 0.06 m/m.

En la parte alta de su nacimiento el río Azufre recibe el nombre de quebrada Cumbe, en su recorrido recibe la contribución de la quebrada Curnue, aguas abajo de esta confluencia recibe el nombre de quebrada Quecher. Continuando su recorrido, recibe la contribución del río Azufre a partir de donde mantiene ese nombre. Luego recibe la contribución de otros afluentes como las quebradas Ocucho Machay y Chaquicocha.

El área contribuyente de la microcuenca del río Azufre es de 33.88 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,200 msnm hasta los 3,550 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 11.81 x 2.87 km. La pendiente media de la cuenca es 18 % y la elevación media de la cuenca es de 3,940.8 m. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.54, índice de Gravelius de 1.42, la densidad de drenaje es 0.83 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 3. Estos valores indican que la cuenca tiene una red de drenaje considerablemente densa, pero por debido a su forma alargada, el tránsito de avenidas hacia la salida será lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca del río Azufre se encuentra en la Unidad Hidrográfica 4989896.

#### **Subcuenca del Río Quinuario**

La subcuenca del río Quinuario tiene una extensión de 54.0 km<sup>2</sup>. Se ubica entre las coordenadas 9215728 y 9225953 norte y 775109 y 786234 este. Su elevación varía entre los 2,900 msnm y los 4,200 msnm, con una elevación media de 3,472.2 msnm. La cuenca posee una pendiente media de 21.2%.

La subcuenca del río Quinuario es tributario de la Cuenca Crisnejas, sus aguas drenan de noroeste a sureste y la longitud de su curso principal alcanza los 18.2 km, con una pendiente promedio de 0.061 m/m. Sus principales tributarios son los ríos San José y Paccha.

#### **Microcuenca de la Quebrada La Saccha**

El cauce principal de esta microcuenca lo forma la quebrada La Saccha, el cual va de noroeste a sureste, con una longitud de 3,616 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 4,026 msnm

hasta una elevación mínima de 3,650 msnm antes de su confluencia con el río Paccha. La pendiente media del cauce principal es de 0.10 m/m.

En la microcuenca de la quebrada La Saccha, el cauce principal tiene este mismo nombre, en su recorrido recibe la contribución de quebradas pequeñas de cauce intermitente.

El área contribuyente de la microcuenca de la quebrada La Saccha es de 5.29 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,150 msnm hasta los 3,646 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 4.72 x 1.12 km. La pendiente media de la cuenca es 16.55 % y la elevación media de la cuenca es de 3,883.2m. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.40, índice de Gravelius de 1.43, una densidad de drenaje es de 1.73 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 2. Estos valores indican que la cuenca tiene una red de drenaje bastante densa, pero por su forma alargada, el tránsito de avenidas hacia la salida será lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca de la quebrada La Saccha se encuentra en la Unidad Hidrográfica 49898946.

#### **Microcuenca del Río San José**

El cauce principal lo forma el río San José, el cual va de noroeste a sureste, con una longitud de 9,613 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 4,000 msnm hasta una elevación mínima de 3,300 msnm, punto que se encuentra a 890 m aguas arriba de su confluencia con el río Quinuario. La pendiente media del cauce principal es de 0.07 m/m.

En la microcuenca del río San José, el cauce principal tiene este mismo nombre, en su recorrido recibe la contribución de quebradas pequeñas de cauce intermitente hasta convertirse en el río San José.

El área contribuyente de la microcuenca del río San José es de 11.82 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,200 msnm hasta los 3,300 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 9.49 x 1.25 km. La pendiente media de la cuenca es 20.42 % y la elevación media de la cuenca es de 3,714.2 m. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.13, índice de Gravelius de 1.76, una densidad de drenaje es de 0.94 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 2. Estos valores indican que la cuenca tiene una red de drenaje densa, pero por su forma alargada, el tránsito de avenida hacia la salida será lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca del río San José se encuentra en la Unidad Hidrográfica 49898949.

#### **Subcuenca del Río Grande**

La subcuenca del río Grande tiene una extensión de 74.7 km<sup>2</sup>. Se ubica entre las coordenadas 9213028 y 9228128 norte 767709 y 777209 este. Su elevación varía entre los 2,800 msnm y los 4,200 msnm, con una elevación media de 3,534.1 msnm. La cuenca posee una pendiente media de 26.5%.

La subcuenca del río Grande es tributaria de la cuenca Crisnejas, sus aguas drenan de norte a sur y la longitud de su curso principal alcanza los 18.69 km, con una pendiente promedio de 0.057 m/m. Entre sus principales tributarios se pueden mencionar al río Purhuay y quebrada Encajón, cuya confluencia forma esta subcuenca.

#### **Microcuenca del Río Grande**

El cauce principal lo forma el río Grande, el cual fluye de norte a sur, con una longitud de 8,885 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 3,950 msnm hasta una elevación mínima de 3,225 msnm en el dique del río Grande (punto de cierre de la microcuenca). La pendiente media del cauce principal es de 0.08 m/m.

En la parte alta de su nacimiento el río Grande recibe el nombre de quebrada Encajón, en su recorrido recibe la contribución del río Grande, y a partir de esta confluencia adopta ese nombre. Continuando su recorrido recibe la contribución de las quebradas Quishuar Corral, Viscachayoc y Huangas El Molina hasta llegar al dique del río Grande.

El área contribuyente de la microcuenca del río Grande es de 41.83 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,239 msnm hasta los 3,200 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 11.67 x 3.58 km. La pendiente media de la cuenca es 21.18 % y la elevación media de la cuenca es de 3,681.6 m. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.53, índice de Gravelius de 1.33, una densidad de drenaje de

0.93 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 4. Estos valores indican que la cuenca tiene una red de drenaje densa y tiene una forma que permitirá el tránsito moderado del agua hacia la salida de la cuenca.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca del río Grande se encuentra en la Unidad Hidrográfica 4989888.

### **Subcuenca del Río Rejo**

La subcuenca del río Rejo tiene una extensión de 225 km<sup>2</sup>. Se ubica entre las coordenadas 9216247 y 9237353 norte y 749709 y 775709 este. Su elevación varía entre los 2,735 msnm y los 4,200 msnm, con una elevación media de 3,535.6 msnm.

La subcuenca del río Rejo es tributario de la Cuenca Jequetepeque, sus aguas drenan de noreste a suroeste hacia la vertiente del Pacífico y la longitud de su curso principal alcanza los 32.8 km, con una pendiente promedio de 0.04 m/m. Entre sus principales tributarios se pueden mencionar: por la margen derecha las quebradas Shuito, Yanatatora, Mala Muerte y río Cocan y por la margen izquierda las quebradas Quinamayo, Shillamayo, Pampa Cerro Negro y Chachacoma.

### **Microcuenca del Río Shoclla**

El cauce principal de esta microcuenca lo forma el río Shoclla, el cual fluye en dirección noreste - suroeste, el curso principal posee una longitud de 9,463 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 3,750 msnm hasta una elevación mínima de 3,450 msnm en el dique de control de sedimentos Rejo (punto de cierre de microcuenca). La pendiente media del cauce principal es de 0.03 m/m.

En la parte de su nacimiento el río Shoclla recibe el nombre de Quebrada de Quishuar, en su recorrido recibe la contribución de otras quebradas y en la confluencia con la quebrada de Quinamayo el cauce principal recibe este nombre. Continuando su recorrido, luego de la confluencia con la quebrada Collpa pasa a llamarse río Shoclla.

El área contribuyente de la microcuenca del río Shoclla es de 58.00 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 4,150msnm hasta los 3,450 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 18.35 x 3.16 km. La pendiente media de la microcuenca es 13.5 % y su elevación media es de 3,688.0 msnm. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 0.65, índice de Gravelius de 1.59, una densidad de drenaje de 0.86 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 4. Estos valores indican que la cuenca posee un sistema de drenaje que colectará el agua rápidamente; pero por su forma alargada, el tránsito de avenidas hacia la salida de la cuenca será lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca del río Shoclla se encuentra en la Unidad Hidrográfica 1377469.

### **Microcuenca de la Quebrada Chachacoma**

El cauce principal de la quebrada Chachacoma lo forma la quebrada del mismo nombre, el cual fluye en dirección este a oeste, el curso principal posee una longitud de 3,343 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 3,600 msnm hasta una elevación mínima de 3,200 msnm, hasta antes de la confluencia con el río Tinte. La pendiente media del cauce principal es de 0.12 m/m. En su recorrido la quebrada Chachacoma recibe la contribución de pequeñas quebradas sin nombre de cauce intermitente.

El área contribuyente de la microcuenca de la quebrada Chachacoma es de 4.21 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 3,800 msnm hasta los 3,200 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 4.13 x 1.02 km. La pendiente media de la microcuenca es de 26.87% y su elevación media es de 3,521.2 msnm. El factor de forma de Horton es de 0.38, índice de Gravelius es de 1.42, una densidad de drenaje 0.79 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 2. Estos valores indican que la cuenca tiene una red de drenaje densa, por lo cual colectará el agua rápidamente; pero por su forma alargada, el tránsito de avenidas hacia la salida será relativamente lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca SN1 se encuentra en la Unidad Hidrográfica 13774693.

### **Microcuenca de la Quebrada SN1**

El cauce principal de la microcuenca SN1 lo forma el curso de agua que fluye en dirección sureste-noroeste, con una longitud de 2,037 m que se desarrolla desde una elevación máxima de 3,654 msnm hasta una elevación mínima de 3,250 msnm, hasta antes de su confluencia con el río Tinte. La pendiente media del cauce principal es de 0.20 m/m. En su recorrido, el río SN1 recibe la contribución de pequeñas quebradas sin nombre de cauce intermitente.

El área contribuyente de la microcuenca SN1 es de 2.13 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 3,800 msnm hasta los 3,250 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 2.21 x 0.97 km. La pendiente media de la microcuenca es de 30.93% y su elevación media es de 3,589.2 msnm. El factor de forma de Horton es de 0.51, índice de Gravelius es de 1.23, una densidad de drenaje 1.66 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 2. Estos valores indican que la microcuenca tiene una red de drenaje densa, pero por su forma alargada, el tránsito de avenidas hacia la salida será relativamente lento.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la microcuenca SN1 se encuentra en la Unidad Hidrográfica 13774693.

### **Intercuenca SN2**

El área contribuyente de la intercuenca SN2 es de 1.77 km<sup>2</sup>, las elevaciones varían entre los 3,700 msnm hasta los 3,200 msnm. Las dimensiones del rectángulo equivalente son de 2.74 x 0.65 km. La pendiente media de la microcuenca es de 30.0 % y su elevación media es de 3,350.4 msnm. El factor de forma de Horton de la cuenca es de 3.12, índice de Gravelius es de 1.44, una densidad de drenaje 0.43 km/km<sup>2</sup> y orden de corriente 1.

De acuerdo con la codificación Pfafstetter, la intercuenca SN2 se encuentra en la Unidad Hidrográfica 13774693.

En la Tabla 3.2.3.1-3, *Parámetros Geomorfológicos de las Microcuencas*, se resumen los parámetros geomorfológicos para cada una de las microcuencas de estudio.

#### **3.2.3.1.4 Agentes Erosivos**

El origen de los principales tipos de erosión, dentro del área del proyecto, son del tipo hídrico (agua) y antrópico. Los problemas erosivos de origen hídrico causados en gran parte por la escorrentía superficial en las áreas disturbadas. La lluvia que cae sobre el suelo sin cobertura vegetal produce un arrastre de partículas de tierra.

La erosión, con la consecuente producción de sedimentos, es un proceso natural que van a los ríos. En el área de estudio, el proceso de producción genera más sedimentos por la presencia de área descubiertas (áreas disturbadas), sin embargo, este proceso se ve reducido debido al plan de manejo de agua superficial e infiltración que limita el ingreso de flujo de la capa y el flujo concentrado en las áreas perturbadas reduce el arrastre potencial de partículas.

Además, la erosión del tipo antrópico, ocasionada por los planes de operación y manejo de la mina, es reducida mediante planes de manejo implementados para controlar la erosión minimizando la perturbación del suelo y vegetación natural. Además, de reponer de manera inmediata las áreas de vegetación que fuesen alteradas.

Tabla 3.2.3.1-3 Parámetros Geomorfológicos de las Microcuencas

Microcuenca	Parámetros de Cuenca							Parámetros de Cauce Principal				Parámetros Geomorfológicos						
	Área (km²)	Perímetro (m)	Elevación (m)				Pendiente (%)	Longitud (m)	Elevación Máxima (m)	Elevación Mínima (m)	Pendiente (m/m)	Factor de Forma de Horton (adim)	Índice de Gravelius (adim)	Densidad de drenaje (km/km²)	Longitud total de cursos (m)	Orden de corriente	Rectángulo Equivalente	
			Max	Min	Media <sup>(1)</sup>	Mediana <sup>(2)</sup>											L (km)	I (km)
Microcuenca quebrada Honda	33.12	26,204	4,200	3,650	3,951.9	3,978.1	16.04	5,847	4,025	3,650	0.06	0.97	1.28	0.64	21,058	3	9.68	3.42
Microcuenca río Azufre	33.88	29,351	4,200	3,550	3,940.8	3,992.6	18.00	7,928	4,051	3,550	0.06	0.54	1.42	0.83	28,005	3	11.81	2.87
Microcuenca quebrada La Saccha	5.29	11,677	4,150	3,646	3,883.2	3,901.4	16.55	3,616	4,026	3,650	0.10	0.40	1.43	1.73	9,167	2	4.72	1.12
Microcuenca río San José	11.82	21,463	4,200	3,300	3,714.2	3,722.9	20.42	9,613	4,000	3,300	0.07	0.13	1.76	0.94	11,166	2	9.49	1.25
Microcuenca río Grande	41.83	30,512	4,200	3,239	3,681.6	3,639.5	21.18	8,885	3,950	3,250	0.08	0.53	1.33	0.93	38,698	4	11.67	3.58
Microcuenca río Shoclla	58.00	43,019	4,150	3,450	3,688.0	3,657.4	13.49	9,463	3,750	3,450	0.03	0.65	1.59	0.86	49,702	4	18.35	3.16
Microcuenca de la quebrada Chachacoma	4.21	10,299	3,800	3,200	3,521.2	3,534.6	26.87	3,343	3,600	3,200	0.12	0.38	1.42	0.79	3,343	2	4.13	1.02
Microcuenca quebrada SN1	2.13	6,344	3,800	3,250	3,589.2	3,625.9	30.93	2,037	3,654	3,250	0.20	0.51	1.23	1.66	3,535	2	2.21	0.97
Intercuenca SN2	1.77	6,769	3,700	3,200	3,350.4	3,346.2	30.06	-	-	-	-	3.12	1.44	0.43	753	1	2.74	0.65



### 3.2.3.2 Hidrología

#### 3.2.3.2.1 Antecedentes

Para la caracterización hidrológica del área de estudio del Proyecto, se ha tenido en cuenta la caracterización e información meteorológica disponible en el "Estudio Hidrológico para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha", elaborado por WSP Perú S.A. (WSP, 2019).

En este estudio se definen ampliamente las condiciones hidrológicas históricas y actuales, considerando el registro hidrométrico disponible, el cual está compuesto por mediciones puntuales en intervalos de tiempo que varían entre pasos diarios y trimestrales. El estudio hidrológico se basa en el análisis del régimen de caudales considerando diferentes escenarios hidrológicos (año normal, año seco y año húmedo), el cual se realizó sobre la base de los registros de medición hidrométrica operados por MYSRL. Estos se encuentran ubicados en los cursos principales y en infraestructura hidráulica en las diferentes microcuencas de estudio.

Basada en la caracterización del sistema actual que ha permitido establecer el modelo conceptual del sistema hídrico superficial, las condiciones proyectadas del sistema ha sido desarrollada desde la aplicación del modelo hidrológico *Soil Moisture Accounting (SMA)*, el cual fue implementado a paso diario usando el programa de modelamiento hidrológico HEC-HMS a fin de representar los procesos hidrológicos de infiltración, percolación, almacenamiento de agua en el suelo, flujo subsuperficial, evapotranspiración y escorrentía superficial, en la porción no disturbada de la cuenca. Los parámetros climáticos de entrada para el modelo SMA son: precipitación diaria y evapotranspiración mensual; esta información fue obtenida del "Estudio Climático para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico", elaborado por WSP Perú S.A (WSP, 2019).

Para la verificación del modelo, en las microcuencas de la quebrada Honda, río Azufre, quebrada La Saccha y río San José se usó la precipitación y evapotranspiración de la estación Carachugo; y para las microcuencas del río Grande, río Shoclla, quebrada Chachacoma y quebrada SN1 se usó información de la estación La Quinua.

El modelo hidrológico para el área no disturbada se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

1. Puntos de verificación y/o validación de resultados. El periodo de verificación comienza a partir de enero 2004 a junio del 2014; y el periodo de validación a partir de julio del 2014 a noviembre del 2018.
2. Áreas no disturbadas, pertenecientes a las microcuencas de interés que conforman el límite de estudio (WSP, 2019).
3. Parámetros climáticos, principalmente precipitación y evaporación. Estos parámetros fueron analizados y caracterizados en el Estudio Climatológico (WSP, 2019).
4. Estructuras hidráulicas o de control de descargas, como los diques de los ríos Grande y Rejo.

A continuación, se desarrolla los diversos ítems requeridos conforme a los "Términos de Referencia (TdR) Comunes para elaboración de Estudios de Impacto Ambiental Detallados" establecidos en la R.M. N° 116-2015-EM y los "TdR del Contenido Hídrico que deberán cumplirse en la elaboración de los Estudios Ambientales" establecidos por la ANA en la R.J. N° 090-2016-ANA.

#### 3.2.3.2.2 Información y Análisis Hidrometeorológico

##### **Estaciones Meteorológicas y Puntos de Monitoreo**

La Tabla 3.2.3.2-1, *Estaciones Meteorológicas y Puntos de Monitoreo de Caudal en el Ámbito de las Microcuencas en Evaluación*, y Figura 3.2.3.2-1, *Mapa de Ubicación de Estaciones Meteorológicas y Estaciones de Monitoreo*, presentan la ubicación de las estaciones meteorológicas y puntos de monitoreo de caudal consideradas para el presente análisis. Yanacocha ha proporcionado información respectiva a los datos meteorológicos en las estaciones definidas, así como los caudales monitoreados en los diferentes cursos de agua asociados a las microcuencas en estudio.

**Tabla 3.2.3.2-1 Estaciones Meteorológicas y Puntos de Monitoreo de Caudal en el Ámbito de las Microcuencas en Evaluación**

Microcuenca de interés	Estación Meteorológica	Coordenadas		Puntos de Monitoreo	Coordenadas				
		Este	Norte		Este	Norte			
Quebrada Honda	Carachugo	775412	9227811	QPL4	776137	9230274			
				RC	777726	9230144			
				CP12	777542	9230344			
				CP1	776437	9231330			
				ECHL3	778498	9233402			
				CCAM1	773091	9236859			
				DCP1	776341	9,229,618			
				DCP12	778361	9,230,836			
QQE				781484	9227643				
CP9				780689	9227016				
QA2				779936	9227494				
CP8/QOM				779432	9227062				
QCH1				780760	9224460				
CP10 (antes DDRA) <sup>(1)</sup>				781574	9223810				
DCP8				779385	9227117				
DCP9				780498	9227803				
DCP10				778,768	9225435				
CP11				777,493	9224006				
DCP11				777,409	9224724				
CP5				776,121	9223467				
DCPLSJ2				776,332	9224922				
DCP5				775976	9224014				
Microcuenca Río Grande	La Quinua	768899	9227128	RG2	771107	9223705			
				QE3	771989	9223502			
				RG3	771298	9222944			
				CP3 <sup>(1)</sup>	772108	9220685			
				DCP3	771301	9223059			
				DCP4	774442	9225092			
				DCP4-B	774141	9225005			
				DCP14	775155	9223800			
QP				770535	9228526				
QSCLL1				768570	9228850				
CP6 <sup>(1)</sup>				767524	9227116				
DCP6				768875	9227178				
QCHA				763324	9223936				
SN1 <sup>(1)</sup>				764430	9225714				
RT1				764756	9227103				
RT2				764447	9225728				
QTR				764836	9221970				
RT6				761585	9222056				
Microcuenca Río Shoclla									
Quebrada Chachacoma									
Quebrada SN1									
Quebrada Yanatоторa									
Quebrada Las Lagunas									
Quebrada Tranca									
Microcuenca Río Tinte									

**Fuente:**

WSP, 2019

1. Punto de cierre de la microcuenca
2. CP10 fue movido hacia aguas abajo del reservorio Azufre (DDRA). En la presente II MEIA se mantiene la ubicación conforme a lo aprobado en la Quinta MEIA SYE. Los criterios para la modificación de la ubicación del punto de control CP10 fueron
  - Criterios hidrográficos
  - La ubicación del CP-10 se encuentra aguas abajo del dique de retención de sedimentos, siendo esta infraestructura parte del SIMA

Microcuenca de interés	Estación Meteorológica	Coordenadas		Puntos de Monitoreo	Coordenadas	
		Este	Norte		Este	Norte
<ul style="list-style-type: none"><li>Anteriormente CP-10 era punto de control en la quebrada Chaquicocha. En el PIA 2012 (Ausenco), considerando un criterio de cuenca este punto fue reubicado aguas abajo de la descarga del Dique Río Azufre (DDRA), con la finalidad de permitir controlar la calidad de agua de todos los cursos dentro de la microcuenca Azufre hasta donde se ubica un curso de agua principal. De este modo, permite controlar la calidad de agua en la quebrada Amacocha, Ocucho Machay, Chaquicocha y el mismo río Azufre</li></ul>						

### Tratamiento de Información Meteorológica

#### Precipitación

La descripción de la precipitación en la zona de estudio se ha realizado a partir de la información pluviométrica correspondiente a la totalidad de estaciones meteorológicas tanto regional como local que se ubican geográficamente próximas a Minera Yanacocha.

Para el caso de las estaciones regionales, se ha seleccionado todas aquellas que se encuentren dentro de un radio de 25 kilómetros a los límites de la zona de estudio. También se ha tenido en cuenta en la selección, la extensión de los registros. Por ejemplo, el registro más extenso corresponde a la estación Bambamarca, el cual registra valores de precipitación desde el año 1962 hasta el presente. Otras estaciones con registro extenso de datos son: Augusto Weberbauer y Llapa, cuyos registros comienzan en 1973 y 1965 respectivamente. Otras consideraciones para la selección de estaciones regionales fueron:

- Ubicación a elevaciones similares y que pertenezcan a las cuencas aledañas a la zona de estudio.
- Que dispongan registro de años considerados como atípicos.

A continuación, se describe la metodología utilizada en el análisis y tratamiento de datos, caracterización anual, estacional, precipitaciones máximas y análisis de tendencias. Los datos originales, recopilados de las fuentes mencionadas se muestran en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

#### Análisis y Tratamiento de Datos

En primer lugar, se presenta un listado de todas las estaciones meteorológicas disponibles y su periodo de registro de acuerdo con la resolución de los datos (mensual, diario, horario). Ver Tabla 3.2.3.2-2, *Lista de Estaciones Disponibles*, Tabla 3.2.3.2-3, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Regionales*, Tabla 3.2.3.2-4, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Diarios* y Tabla 3.2.3.2-5, *Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horarios*.

**Tabla 3.2.3.2-2 Lista de Estaciones Disponibles**

Estación	Fuente	Este	Norte	Altitud
Maqui Maqui	MYSRL	780,507	9,228,923	4,112
Yanacocha	MYSRL	772,624	9,229,184	3,816
Carachugo	MYSRL	775,412	9,227,811	4,196
La Quinua	MYSRL	768,899	9,227,128	3,455
Km 24	MYSRL	765,575	9,220,546	3,613
Huayramachay	MYSRL	790,063	9,234,970	4,086
Chailhuagón	MYSRL	790,529	9,230,012	3,760
Negritos	SENAMHI	768,842	9,225,554	3,560
Augusto Weberbauer	SENAMHI	777,966	9,208,909	2,660
Bambamarca	SENAMHI	774,561	9,262,409	2,577
Granja Porcón	SENAMHI	763,297	9,221,895	3,261
La Encañada	SENAMHI	796,408	9,212,494	2,950
Llapa	SENAMHI	741,217	9,227,535	2,900
Magdalena	SENAMHI	759,490	9,197,942	1,257
Hacienda Negritos	SENAMHI	772,586	9,236,601	3,500
Quebrada Honda	SENAMHI	759,686	9,236,666	3,550

Estación	Fuente	Este	Norte	Altitud
La Llica	SENAMHI	774,462	9,249,070	2,625
Cajamarca	SENAMHI	777,976	9,210,753	2,620
Cerro Chicche	SENAMHI	746,779	9,234,884	3,485
Hacienda Quilcate	SENAMHI	750,516	9,245,930	3,250
Fuente: Estudio Climático para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha (WSP,2019).				

Tabla 3.2.3.2-3 Parámetros Disponibles en las Estaciones Regionales

Estación	Parámetros	Periodo
Quebrada Honda	Precipitación Total Mensual	1965 – 1997
	Precipitación Máxima en 24 horas	1965 – 1997
La Llica	Precipitación Total Mensual	1983 – 1998
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 1998
Llapa	Precipitación Total Mensual	1964 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1964 – 2018
	Temperatura Media Mensual	1996 – 2018
Augusto Weberbauer	Precipitación Total Mensual	1973 – 1994 / 1996 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1973 – 1994 / 1996 – 2018
	Evaporación total mensual tanque	2010 – 2011 / 2013 – 2014 / 2017-2018
	Humedad relativa media mensual	1988 / 1990 – 2000 / 2006 / 2010 / 2012– 2018
	Dirección predominante y velocidad media del viento en el mes	2007 – 2011
	Temperatura Máxima Media Mensual	1965 – 2018
	Temperatura Media Mensual	1965 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	1965 – 2018
Granja Porcón	Precipitación Total Mensual	1967 – 1981 / 1986 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1967 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	1997 – 2014
	Temperatura Media Mensual	1997 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	1997 – 2014
Negritos	Precipitación Total Mensual	1979 - 1994
	Precipitación Máxima en 24 horas	1979 - 1994
Hacienda Negritos	Precipitación Total Mensual	1962 - 1975
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 1975
Bambamarca	Precipitación Total Mensual	1962 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1962 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	2000 – 2014
	Temperatura Media Mensual	2000 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	2000 – 2014
La Encañada	Precipitación Total Mensual	1998 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1998 – 2018
	Temperatura Máxima Media Mensual	2003 – 2014
	Temperatura Media Mensual	2003 – 2018
	Temperatura Mínima Media Mensual	2003 – 2014
Magdalena	Precipitación Total Mensual	1964 - 1982 / 1987 – 2018
	Precipitación Máxima en 24 horas	1964 – 2018
	Temperatura Media Mensual	1994 – 2018
Fuente: Estudio Climático para la Modificación del EIA Yanacocha (WSP,2019).		

Tabla 3.2.3.2-4 Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Diarios

Estación	Parámetros	Periodo existente
Maqui Maqui	Precipitación (mm)	1995 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1995 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1995 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1995 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1995 - 2014
	Evaporación (mm)	1995 - 2010
	Humedad relativa (%)	1995 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	1995 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	1995 - 2014
Carachugo	Precipitación (mm)	1993 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1993 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1993 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1993 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1996 - 2014
	Evaporación (mm)	1994 - Abr2010
Yanacocha	Precipitación (mm)	1998 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1998 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1998 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1998 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1998 - 2014
	Evaporación (mm)	1998 - Abr2010
	Humedad relativa (%)	2004 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	2005 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2005 - 2014
La Quinua	Precipitación (mm)	1999 - Mar2017
	Temperatura máxima (°C)	1999 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	1999 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1999 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1999 - 2014
	Evaporación (mm)	1999 - Abr2012
	Humedad relativa (%)	2003 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	2004 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2004 - 2014
Km 24	Precipitación (mm)	2003 - 2014
	Temperatura máxima (°C)	2003 - 2014
	Temperatura mínima (°C)	2003 - 2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	2003 - 2014
	Dirección del viento (grados)	2003 - Abr2010
	Evaporación (mm)	2004 - 2014
	Temperatura promedio (°C)	2004 - 2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	1998 - Oct2014
Chailhuagón	Precipitación (mm)	1997 - Oct2014
	Temperatura promedio (°C)	1997 - Oct2014
	Temperatura mínima (°C)	1998 - Ago2014
	Temperatura máxima (°C)	1998 - Oct2014
	Evaporación (mm)	1997 - Oct2014

Estación	Parámetros	Periodo existente
	Humedad relativa (%)	1997 - Oct2014
	Velocidad de viento máxima (km/h)	2004 - Oct2014
	Velocidad de viento promedio (km/h)	2004 - Oct2014
Huayramachay	Precipitación (mm)	2004 - Oct2014
	Temperatura promedio (°C)	2004 - Ago2014
	Temperatura mínima (°C)	2004 - Oct2014
	Temperatura máxima (°C)	2004 - Oct2014
	Evaporación (mm)	2004 - Oct2014
	Humedad relativa (%)	2004 - Oct2009
	Velocidad de viento máxima (km/h)	1995 - Mar2017
	Velocidad de viento promedio (km/h)	1995 - 2014
	Dirección del viento (grados)	1995 - 2014
Fuente: Estudio Climático para la Modificación del EIA Yanacocha (WSP,2019).		

Tabla 3.2.3.2-5 Parámetros Disponibles en las Estaciones Locales – Horarios

Estación	Parámetros	Periodo existente
Maqui Maqui	Precipitación (mm)	2003-2006 / 2009-Nov2018
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2006 - 2009 / 2012 - Nov2018
	Radiación (W/m2)	Mar2015 – Nov2018
Carachugo	Precipitación (mm)	Feb 2015 – Nov 2018
	Evaporación (mm)	2003-2006 / 2009-Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012- Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012- Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012- Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012- Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012- Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012- Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012- Nov2018
	Radiación (W/m2)	2012- Nov2018
Yanacocha	Precipitación (mm)	Feb2015 – Nov2018
	Evaporación (mm)	Ene 2015 – Abr 2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012 - Nov2018
	Radiación (W/m2)	2012 - Nov2018
La Quinua	Precipitación (mm)	2012 - Nov2018

Estación	Parámetros	Periodo existente
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	Ene 2015 – Abr 2018
	Temperatura máxima (°C)	2003-2006 / 2009- Nov2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2018
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - Nov2018
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Nov2018
	Dirección del Viento (grados)	2012 - Nov2018
Km 24	Precipitación (mm)	2012 - Nov2018
	Evaporación (mm)	2012 - Nov2018
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Nov2018
	Temperatura máxima (°C)	Feb 2015 – Mar 2018
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2014
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2014
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - Oct2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - Oct2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - Oct2014
Chailhuagón	Precipitación (mm)	2012 - Oct2014
	Evaporación (mm)	2012 - Oct2014
	Temperatura mínima (°C)	2012 - Oct2014
	Temperatura máxima (°C)	2012 - Oct2014
	Temperatura promedio (°C)	2012 - Nov2014
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2014
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - 27Nov2014
	Presión (mmHg)	2012 - 27Nov2014
	Radiación (W/m2)	2012 - 27Nov2014
Huayramachay	Precipitación (mm)	2012 - 27Nov2014
	Evaporación (mm)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura Mínima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura Máxima (°C)	2012 - 27Nov2014
	Temperatura Promedio (°C)	2012 - Nov2014
	Humedad relativa (%)	2012 - Nov2014
	Velocidad del viento promedio (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Velocidad del viento máximo (km/h)	2012 - 27Nov2014
	Dirección del Viento (grados)	2012 - 27Nov2014
	Presión (mmHg)	2012 - 27Nov2014
	Radiación (kWh/m²)	2012 - 27Nov2014
Fuente: Estudio Climático para la Modificación del EIA Yanacocha (WSP,2019).		

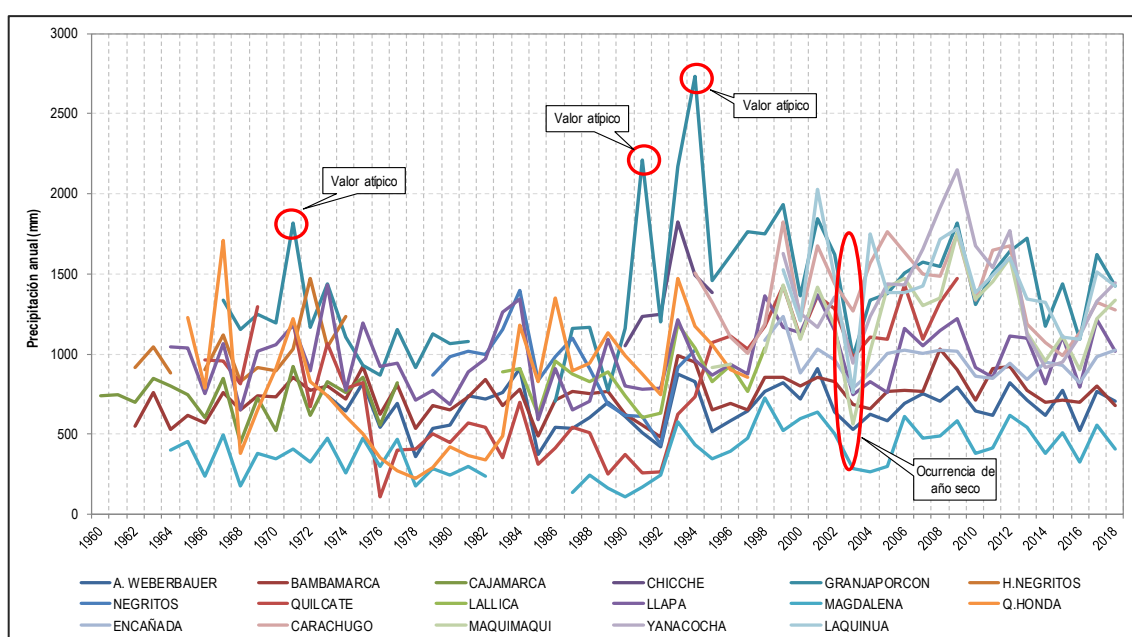
El análisis preliminar de los registros multianuales de las estaciones pre-seleccionadas para el análisis (ver Gráfico 3.2.3-13, *Registro Multianual de Precipitación en las Estaciones Locales y Regionales*) muestra un ligero incremento de los valores registrados después del año 1981, con respecto a los valores registrados en años anteriores. Este incremento es más notorio si se observan los valores de la estación Granja Porcón. También se observa la ocurrencia de una disminución abrupta de los registros anuales de las estaciones correspondientes al año 2003, probablemente debido a la ocurrencia de un año seco en la región.



Se analizaron los registros anuales mediante gráfico de cajas (boxplot). Del análisis se puede observar que las estaciones: Bambamarca, Granja Porcón, Hacienda Negritos, Negritos y La Quinua muestran valores atípicos a la muestra en los años 2008, 1994, 1972, 1984 y 2001 respectivamente (ver Apéndice D, *Estudio Climatológico*).

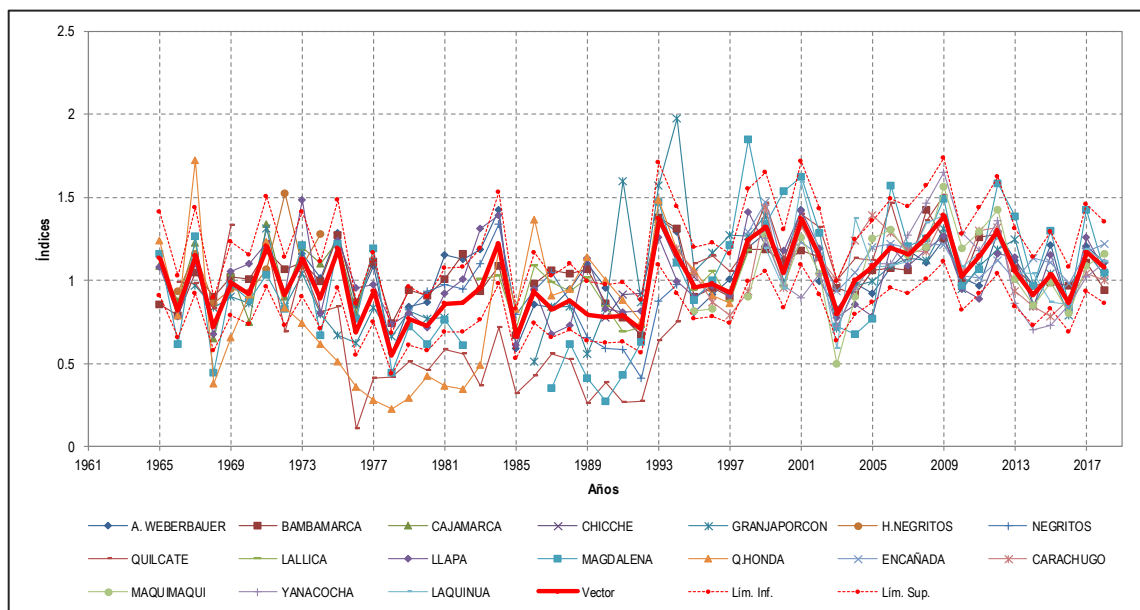
Con el propósito de caracterizar la zona de estudio, en regiones climáticas, se utilizó el método del vector regional. Este método, desarrollado por el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo ORSTOM – IRD, tiene como objetivo evaluar, homogeneizar y completar datos faltantes cuando sea necesario. El método parte de la hipótesis que, para una misma zona climática sometida a un mismo régimen de precipitaciones, los totales pluviométricos anuales son pseudo – proporcionales, con una pequeña variación aleatoria cada año debida a la repartición de las lluvias dentro de la zona o región (Espinoza, 2005). El método del Vector Regional crea una estación virtual denominada “vector” usando la información de las estaciones seleccionadas. Luego compara la estación “vector” con las estaciones seleccionadas, cuando la desviación estándar de esta comparación es baja indica que las estaciones pertenecen a una misma región climática. Este análisis puede realizarse visualmente considerando los límites superior e inferior estimados por este método.

**Gráfico 3.2.3-13 Registro Multianual de Precipitación en las Estaciones Locales y Regionales**

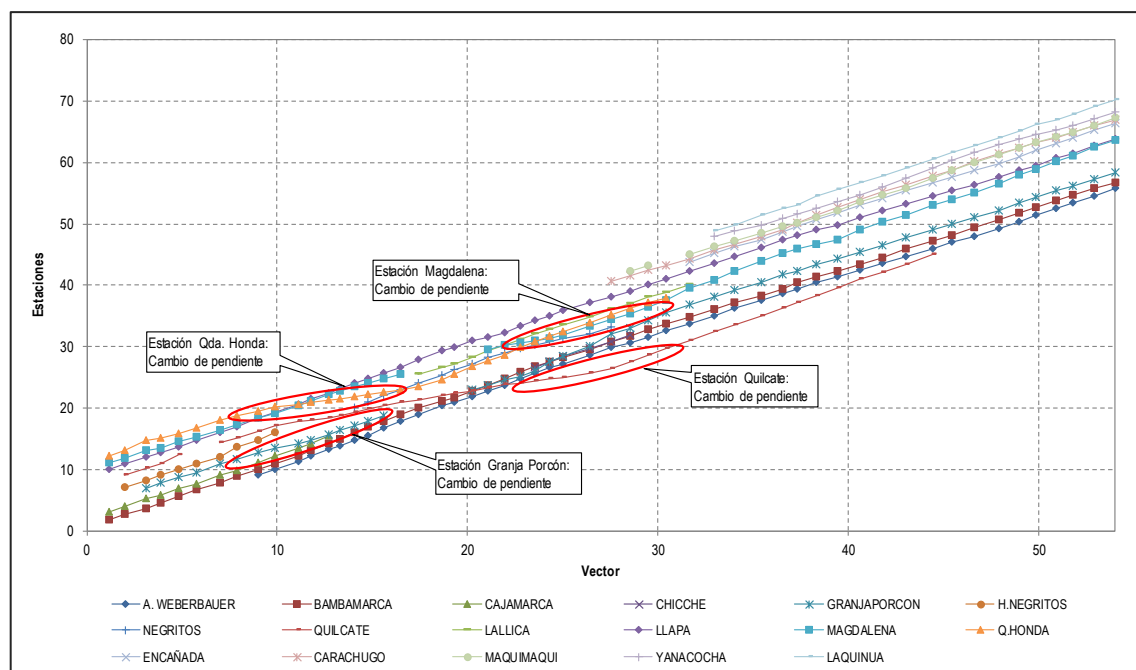


**Fuente:** Estudio Climatológico para la II MEIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP, 2019).

Los resultados de la aplicación del método del vector regional a todas las estaciones pre-seleccionadas muestran que los registros de las estaciones Quilcate, Granja Porcón y Magdalena se encuentran fuera de los límites estimados por el vector para pertenecer a una misma región climática, es decir no poseen buena correlación con el vector (ver Gráfico 3.2.3-14, *Análisis y Tratamiento de Datos -Método del Vector Regional*). Adicionalmente, se graficó la curva de doble masa, utilizando como estación índice, la estación del vector regional. Del Gráfico 3.2.3-15, *Análisis y Tratamiento de Datos -Curva Doble Masa*, se observa cambios de pendientes para los registros de las estaciones Quilcate, Magdalena, Granja Porcón y Quebrada Honda. Estos cambios ocurren entre los años 1981 y 1983, y se debe a que son series no homogéneas y a que se han producido saltos debido a datos faltantes. Por tal motivo se decidió retirar del análisis dichas estaciones y volver a calcular el vector regional para el periodo 1985 – 2018.

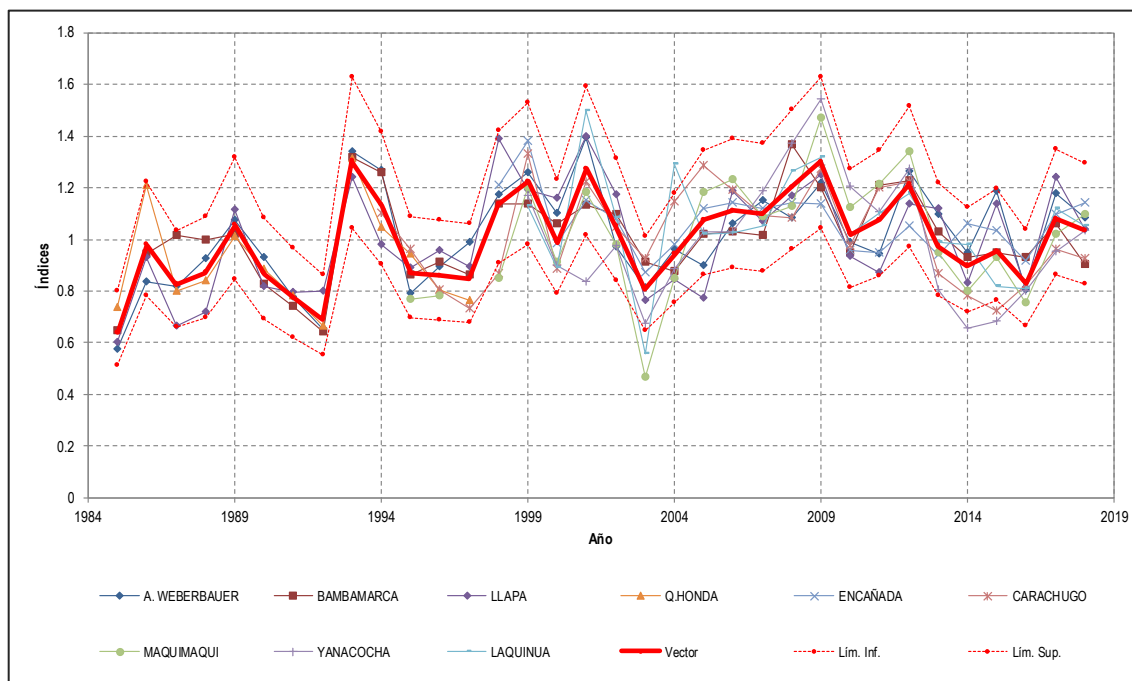
**Gráfico 3.2.3-14 Análisis y Tratamiento de Datos -Método del Vector Regional**

Fuente: Estudio Climatológico para la II MEIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP,2019).

**Gráfico 3.2.3-15 Análisis y Tratamiento de Datos -Curva Doble Masa**

Fuente: Estudio Climatológico para la II MEIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP,2019).

Los resultados del análisis del vector regional para el periodo 1985 – 2018, se muestran en el Gráfico 3.2.3-16, *Método de Vector Regional -Estaciones Seleccionadas*, de la que se puede observar que los registros de las estaciones poseen una buena correlación con el vector, es decir, que pertenecen a una misma región de climática; sin embargo, se observan valores mínimos para todas las estaciones en el año 2003, lo que puede coincidir con la ocurrencia de un año seco. La curva de doble masa, utilizando como estación índice el vector regional, muestra ligeros cambios en la pendiente de los registros de las estaciones Negritos (entre los años 1988 y 1990) y Maqui Maqui (entre los años 1997 y 1998). Adicionalmente, se ha evaluado el comportamiento de cada una de las estaciones analizadas con respecto al vector, su correlación y la desviación estándar. Los resultados de esta evaluación se muestran en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Gráfico 3.2.3-16 Método de Vector Regional – Estaciones Seleccionadas**

Fuente: Estudio Climatológico para la II MEIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP,2019).

### Evapotranspiración

#### Evapotranspiración Potencial de Referencia

La evaporación potencial de referencia para MYSRL fue calculada mediante la metodología de Penman – Monteith (FAO, 2006); esta metodología estima la evapotranspiración utilizando como datos de entrada: la temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa y velocidad de viento que fueron registradas en las estaciones administradas por MYSRL (datos diarios). Además, este método permite estimar la evapotranspiración potencial de referencia en forma diaria permitiendo calcular la evapotranspiración anual y mensual.

La Tabla 3.2.3.2-6, *Evapotranspiración Potencial Anual*, muestra el resumen de la evapotranspiración potencial anual estimadas en las estaciones locales. Se observa que las estaciones Maqui Maqui, La Quinua y Km24 presentan los valores más altos.

**Tabla 3.2.3.2-6 Evapotranspiración Potencial Anual**

Estación	Evapotranspiración Potencial Anual (mm)
Carachugo	791.4
Maqui Maqui	973.7
Yanacocha	842.3
La Quinua	1011.8
Km24	963.7

Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019).

Mientras que en la Tabla 3.2.3.2-7, *Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm)*, se muestra el resumen de la evapotranspiración mensual promedio estimadas de las estaciones locales. Se observa que los mayores registros se encuentran en las estaciones La Quinua, Maqui Maqui y Km24, además se observa que existe un comportamiento estacional donde los mayores registros ocurren entre los meses de julio a octubre. Los valores calculados de evapotranspiración mensual se muestran en el Apéndice D, *Estudio Climatológico*.

**Tabla 3.2.3.2-7 Evapotranspiración Potencial Promedio Mensual (mm)**

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Carachugo	67.1	60.0	63.3	61.0	62.7	58.2	62.9	68.4	69.7	76.0	73.3	68.8
Maqui	85.7	75.1	77.7	77.6	74.7	70.9	78.8	87.3	87.4	88.4	87.3	82.7
Yanacocha	72.0	62.3	63.6	65.1	65.9	63.5	69.5	77.2	78.3	78.2	75.6	71.3
La Quinua	84.7	77.3	77.9	77.9	79.5	78.2	85.4	91.9	92.4	88.8	91.5	86.3
Km24	82.0	74.0	76.4	74.6	73.2	74.1	79.7	86.9	88.1	86.6	82.8	85.4

Fuente: Estudio Hidrológico (WSP, 2019).

La precipitación diaria y evapotranspiración mensual fue obtenida del "Estudio Climático para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico", elaborado por WSP (WSP, 2019). Para la verificación del modelo, en las microcuencas de la quebrada Honda, río Azufre, quebrada La Saccha y río San José se usó la precipitación y evapotranspiración de la estación Carachugo; y para las microcuencas del río Grande, río Shoclla, quebrada Chachacoma y quebrada SN1 se usó información de la estación La Quinua.

#### **Tratamiento de Información Hidrométrica**

El registro hidrométrico disponible, dentro del área del proyecto, está compuesto por mediciones puntuales en intervalos de tiempo que varían entre pasos diarios y trimestrales. Estos registros sirven como datos para verificar el modelo hidrológico; siendo válido en época seca. Los registros disponibles al ser mediciones puntuales no permiten realizar el análisis estadístico o describir el comportamiento a nivel anual o mensual.

#### **3.2.3.2.3 Estudio de la Oferta Hídrica**

##### **Oferta Hídrica**

La oferta hídrica consiste en establecer de forma estadística la disponibilidad aprovechable de agua dentro de las unidades hidrográficas en estudio en los escenarios sin proyecto y con proyecto, conforme a la planificación del proyecto.

Si bien, las operaciones de Yanacocha involucran por sus operaciones aguas de contacto y no contacto, se entiende que a nivel operacional su actual oferta hídrica depende básicamente de las aguas tratadas de contacto, mientras que, a nivel de las microcuencas en evaluación, la oferta hídrica depende de sumatoria de la oferta de agua de las áreas disturbadas, generadas por Yanacocha, más los caudales producidos en las áreas sin disturbar. En consecuencia, conforme se describe en el estudio hidrológico (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.1 *Estudio Hidrológico*) se presenta a continuación la descripción de los principales criterios a aplicar en el desarrollo de la oferta hídrica en el caso Sin Proyecto.

##### Oferta Hídrica de Áreas Disturbadas

La oferta hídrica en las áreas disturbadas corresponde al volumen de agua tratada en las plantas de los circuitos de procesos (EWTP) y de agua ácida (AWTP). El sistema Yanacocha no posee estructuras de captación de agua superficial de los cursos de agua que se encuentran en el ámbito del proyecto, el agua captada y tratada proviene de la interceptación de la precipitación por las instalaciones del complejo minero, que finalmente sirve de principal fuente para uso (doméstico e industrial).

Esta oferta hídrica resulta del modelamiento de manejo de agua integral del sistema Yanacocha, en base a información de precipitación, evaporación y reglas de operación del sistema. Este modelo de manejo de agua ha sido implementado utilizando la plataforma GoldSim; la cual permite simular diferentes escenarios climáticos.

### Oferta Hídrica de Áreas No Disturbadas

A efectos del mismo, bajo el criterio establecido en el Estudio Hidrológico (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.1 Estudio Hidrológico*), la evaluación de la oferta hídrica las áreas no disturbadas, ha sido establecida desde la aplicación del modelo *Soil Moisture Accounting (SMA)* ejecutado en la plataforma GoldSim. Dicho estudio ha sido desarrollado por WSP en el año 2019 y se describe a continuación:

#### **Modelo Soil Moisture Accounting - SMA**

Para caracterizar los flujos provenientes de las microcuencas no disturbadas, al no disponer de registros continuos de caudales, se implementó un modelo hidrológico a paso diario usando el programa HEC-HMS. Los procesos hidrológicos de infiltración, percolación, almacenamiento de agua en el suelo, flujo subsuperficial, evapotranspiración (ET) y escorrentía superficial, fueron simulados mediante el modelo *Soil Moisture Accounting (SMA)*, para representar el patrón de escorrentía en cada microcuenca teniendo como datos de ingreso la precipitación y evaporación.

El modelo utiliza la precipitación y evapotranspiración como principales parámetros climáticos del modelo, además de parámetros específicos de las capas de suelo considerados, de manera tal que permitan expresar las entradas, salidas y almacenamientos en cada uno de los reservorios incluidos. La Figura 3.2.3.2-2, *Esquema de Modelo Hidrológico Implementado (SMA – HEC HMS)* muestra los elementos clave utilizados en la construcción del modelo hidrológico de las microcuencas de interés.

Dentro de cada microcuenca se identificaron puntos de descarga (DCP's) y puntos de control (CP's) con la información disponible de flujo. Los puntos de control sirvieron para definir áreas de menor aporte en las que se calibraron los parámetros del modelo SMA.

Adicionalmente a la estimación de los flujos provenientes de las áreas no disturbadas, en las microcuencas: río Grande y río Rejo se ubican en reservorios cuyo principal objetivo es regular las descargas de agua a través de estructuras tales como: compuertas y vertederos, y controlar los sedimentos. La operación de estos reservorios ha sido implementada en el modelo hidrológico sólo con motivos de verificación, para obtener los parámetros de pérdidas en las microcuencas correspondientes considerando el tránsito de caudales en los reservorios. La Figura 3.2.3-7, *Esquema de Modelo Hidrológico Implementado (SMA – HEC HMS)*, muestra el esquema del modelo hidrológico implementado.

### Elementos del Modelo Hidrológico

El modelo hidrológico se encuentra compuesto por los siguientes elementos:

- El modelo hidrológico se encuentra compuesto por los siguientes elementos:
- Puntos de verificación y/o validación de resultados.
- Áreas no disturbadas, pertenecientes a las microcuencas de interés que conforman el límite del Estudio Hidrológico (WSP, 2019).
- Parámetros climáticos, principalmente precipitación y evaporación. Estos parámetros fueron analizados y caracterizados en el Estudio Climatológico (WSP, 2019).
- Estructuras hidráulicas o de control de descargas, como las descargas desde los diques ríos Grande y Rejo (sólo para el proceso de verificación).

Se considera las condiciones de las instalaciones del caso sin proyecto de Yanacocha para la implementación del modelo hidrológico, a partir de los cuales se determinarán los parámetros del modelo SMA. El modelo hidrológico fue desarrollado a paso diario.



El mapa muestra la zona de estudio en la zona de la Sierra de la Cruz, con una red de carreteras y límites de zonas de estudio. La leyenda indica:

- línea de carretera
- límite de zonas de estudio
- curvas de nivel
- ríos / quebradas
- límites de municipios
- componentes fisiográficas
- área de influencia
- puntos de intervención
- puntos de control
- puntos de intervención no controlados
- puntos de intervención controlados
- puntos de intervención controlados
- puntos de intervención controlados
- puntos de intervención controlados

Basado en esta información histórica, se procedió a la selección de un número representativo de puntos de monitoreo que posean información de caudal por microcuenca de interés.

Los puntos de control corresponden a los puntos donde se realizarán las simulaciones de los caudales para diferentes escenarios hidrológicos, y en general se muestran el Figura 3.2.3.2-3, *Mapa de Ubicación de Puntos de Monitoreo y de Verificación*.

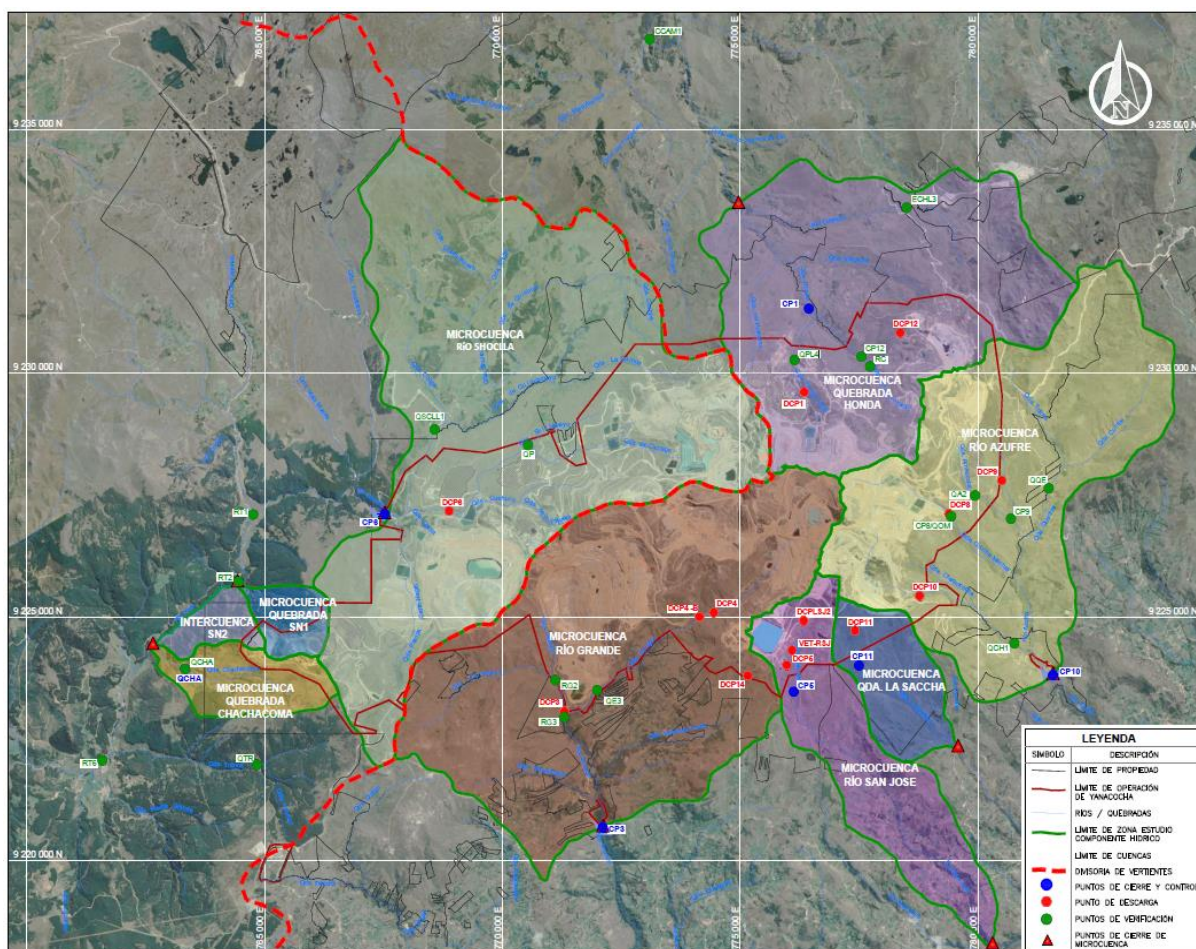
Microcuenca de interés	Punto de estudio	Código	Coordenadas UTM WGS 84	
		Punto de Monitoreo	Este	Norte
Quebrada Honda	Puntos de verificación	QPL4	776,137	9,230,274
		RC	777,726	9,230,144
		CP12	777,542	9,230,344
	Puntos de control	CP1	776,437	9,231,330
		ECHL3	778,498	9,233,402

Microcuenca de interés	Punto de estudio	Código	Coordenadas UTM WGS 84	
		Punto de Monitoreo	Este	Norte
		CCAM1	773,091	9,236,859
		Punto de cierre <sup>(1)</sup>	774,962	9,233,482
	Puntos de descarga	DCP1	776,341	9,229,618
		DCP12	778,361	9,230,836
Microcuenca Río Azufre	Puntos de verificación	QQE	781,484	9,227,643
		CP9	780,689	9,227,016
		QA2	779,936	9,227,494
		CP8/QOM	779,432	9,227,062
		QCH1	780,760	9,224,460
	Puntos de control	CP10 /DDRA <sup>(2)</sup>	781,574	9,223,810
	Puntos de descarga	DCP8	779,385	9,227,117
		DCP9	780,498	9,227,803
		DCP10	778,768	9,225,435
Quebrada La Saccha	Punto de verificación	CP11	777,493	9,224,006
	Punto de control	Punto de cierre <sup>(1)</sup>	779,578	9,222,329
	Punto de descarga	DCP11	777,409	9,224,724
Microcuenca Río San José	Punto de verificación	CP5	776,121	9,223,467
	Punto de control	Punto de cierre <sup>(1)</sup>	780,302	9,218,281
	Puntos de descarga	DCPLSJ2	776,332	9,224,922
		DCP5	775,976	9,224,014
Microcuenca Río Grande	Puntos de verificación	RG2	771,107	9,223,705
		QE3	771,989	9,223,502
		RG3	771,298	9,222,944
	Punto de control	CP3 <sup>(1)</sup>	772,108	9,220,685
	Puntos de descarga	DCP3	771,301	9,223,059
		DCP4	774,442	9,225,092
		DCP4-B	774,141	9,225,005
		DCP14	775,155	9,223,800
Microcuenca Río Shoclla	Puntos de verificación	QP	770,535	9,228,526
		QSCLL1	768,570	9,228,850
	Punto de control	CP6 <sup>(1)</sup>	767,524	9,227,116
	Punto de descarga	DCP6	768,875	9,227,178
Quebrada Chachacoma	Puntos de verificación	QCHA	763,324	9,223,936
	Punto de control	Punto de cierre <sup>(1)</sup>	762,652	9,224,430
Quebrada SN1	Punto de control	SN1 <sup>(1)</sup>	764,430	9,225,714
Quebrada Yanatotorá	Puntos de verificación	RT1	764,756	9,227,103
Quebrada Las Lagunas		RT2	764,447	9,225,728
Quebrada Tranca	Punto de verificación	QTR	764,836	9,221,970
Microcuenca Río Tinte	Puntos de verificación	RT6	761,585	9,222,056

Fuente:

Estudio hidrológico para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico (WSP,2019).



**Figura 3.2.3.2-2 Mapa de Ubicación de Puntos usados para la verificación del modelo hidrológico**

Fuente: Estudio Hidrológico para la II MEIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP,2019).

### **Balance Hidrológico de Áreas No disturbadas**

Se analizó los componentes de balance de agua, del modelo hidrológico, a fin de caracterizar los porcentajes, con respecto a la PMA (precipitación media anual), de evapotranspiración, recarga y escorrentía anuales en las microcuencas pertenecientes al límite de estudio.

En la Tabla 3.2.3.2-9, *Porcentajes de Balance Hidrológico en Áreas No Disturbadas*, se muestra que los porcentajes de recarga anual varían entre 16.1% y 32.9%, las pérdidas por evapotranspiración (que considera la evaporación y las pérdidas por cobertura vegetal y superficie) varían entre 13.4% y 18.3%, la escorrentía total varía entre 50.6% y 66.4%. Con respecto a la escorrentía, ésta se compone de la escorrentía directa y del flujo subsuperficial. Respecto de la precipitación, los porcentajes de escorrentía directa varían entre 33.0% y 59.8% y el flujo subsuperficial varía entre 5.4% y 28.6%.

En general, los porcentajes obtenidos del modelo se consideran razonables para el tipo de cobertura que poseen las áreas no disturbadas (pastos naturales) y para los parámetros climáticos utilizados (precipitación y evapotranspiración).

Tabla 3.2.3.2-9 Porcentajes de Balance Hidrológico en Áreas No Disturbadas

Microcuenca	Precipitación total anual (mm)	Porcentaje <sup>(3)</sup>				m <sup>3</sup>				l/s			
		Evapotranspiración	Recarga	Escorrentía		Evapotranspiración	Recarga	Escorrentía		Evapotranspiración	Recarga	Escorrentía	
				Escorrentía directa	Flujo subsuperficial			Escorrentía directa	Flujo subsuperficial			Escorrentía directa	Flujo subsuperficial
Quebrada Honda <sup>(1)</sup>	1,430.90	14.1%	19.5%	49.0%	17.4%	5,239,627	7,246,292	18,208,632	6,465,922	166	230	577	205
Río Azufre <sup>(1)</sup>	1,430.90	13.8%	20.4%	52.4%	13.4%	4,869,467	7,198,343	18,489,861	4,728,323	154	228	586	150
Quebrada La Saccha <sup>(1)</sup>	1,430.90	13.4%	21.0%	59.8%	5.8%	933,777	1,463,381	4,167,153	404,172	30	46	132	13
Río San José <sup>(1)</sup>	1,430.90	13.4%	21.5%	59.7%	5.4%	1,994,102	3,199,492	8,884,172	803,593	63	101	282	25
Río Grande <sup>(2)</sup>	1,446.40	18.3%	16.1%	37.0%	28.6%	6,990,495	6,150,107	14,133,787	10,925,035	222	195	448	346
Río Shoclla <sup>(2)</sup>	1,446.40	16.5%	32.9%	33.0%	17.6%	8,154,876	16,260,328	16,309,751	8,698,534	259	516	517	276
Microcuenca SN1 <sup>(2)</sup>	1,446.40	16.9%	22.8%	39.7%	20.6%	408,217	550,731	958,949	497,591	13	17	30	16
Quebrada Chachacoma <sup>(2)</sup>	1,446.40	16.8%	24.6%	39.3%	19.3%	908,802	1,330,746	2,125,948	1,044,040	29	42	67	33
Intercuenca SN2 <sup>(2)</sup>	1,446.40	17.1%	19.5%	40.6%	22.8%	410,575	468,200	974,816	547,433	13	15	31	17

**Notas:**

1. Las microcuencas fueron modeladas utilizando la precipitación de la estación Carachugo para el periodo de registro enero 2004 – noviembre 2018.
2. Las microcuencas fueron modeladas utilizando la precipitación de la estación La Quinua para el periodo de registro enero 2004 – noviembre 2018.
3. Los porcentajes han sido calculados con respecto a la precipitación media anual (PMA) del periodo enero 2004 – noviembre 2018, que se muestra en la columna (2) de la Tabla 3.2.3.2-9, Porcentajes de Balance Hidrológico en Áreas No Disturbadas.

### Resultados de Simulación de Caudales

En esta sección se muestra la caracterización de los caudales simulados por el modelo hidrológico SMA para tres escenarios hidrológicos: año normal, año seco y año húmedo. La caracterización de la oferta hídrica se realizó considerando las áreas no disturbadas mostradas "Estudio hidrológico para la Segunda Modificación del EIA Yanacocha – Estudio Hidrológico (WSP, 2019)".

Para la evaluación de caudales debido a la implementación de nuevos componentes del proyecto se ha considerado dos casos: Caso sin proyecto y Caso con proyecto. El caso Sin Proyecto considera los componentes aprobados en el I MEIA, debido a que estos componentes ya fueron aprobados por la autoridad correspondiente. En tanto el caso Con Proyecto considera la incorporación de nuevos componentes a la configuración del caso sin proyecto. Para los diferentes casos de análisis, Caso sin y con proyecto, la precipitación utilizada corresponde a la obtenida para cada una de las microcuencas. Estas precipitaciones fueron definidas en el "Estudio Climatológico para la segunda modificación del EIA Yanacocha- Estudio Climatológico" (WSP, 2019).

#### Caudales Mensuales Promedio

También se estimaron los caudales mensuales para cada una de las microcuencas en el área de estudio. Los caudales mensuales simulados se muestran en la Tabla 3.2.3.2-10, *Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)*, Tabla 3.2.3.2-11, *Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)*, y Tabla 3.2.3.2-12, *Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Seco (m³/s)*.

**Tabla 3.2.3.2-10 Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)**

Microcuencas	QMAH (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.657	0.750	1.405	1.603	0.959	0.387	0.196	0.096	0.056	0.057	0.482	0.880	1.011
Río Azufre	0.618	0.695	1.308	1.502	0.868	0.334	0.177	0.120	0.086	0.087	0.502	0.803	0.934
Quebrada La Saccha	0.116	0.139	0.252	0.287	0.157	0.044	0.009	0.003	0.001	0.014	0.118	0.169	0.197
Río San José	0.227	0.271	0.497	0.571	0.308	0.084	0.019	0.007	0.003	0.023	0.228	0.330	0.386
Río Grande	0.597	0.663	1.240	1.417	0.998	0.503	0.268	0.107	0.051	0.064	0.310	0.642	0.903
Río Shoclla	0.534	0.506	1.152	1.349	0.848	0.321	0.159	0.073	0.047	0.058	0.368	0.656	0.872
Qda Chachacoma	0.066	0.068	0.141	0.167	0.109	0.041	0.020	0.009	0.006	0.008	0.045	0.075	0.102
Quebrada SN1	0.032	0.034	0.068	0.080	0.053	0.020	0.010	0.005	0.003	0.004	0.022	0.035	0.049
Intercuenca SN2	0.030	0.032	0.064	0.075	0.051	0.022	0.010	0.004	0.002	0.003	0.017	0.033	0.046
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019).													

**Tabla 3.2.3.2-11 Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)**

Microcuencas	QMAH (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.967	1.261	1.876	2.261	1.420	0.424	0.220	0.119	0.066	0.117	0.880	1.413	1.548
Río Azufre	0.913	1.173	1.744	2.122	1.325	0.362	0.194	0.133	0.095	0.173	0.880	1.326	1.430
Quebrada La Saccha	0.173	0.236	0.335	0.406	0.244	0.050	0.014	0.004	0.002	0.033	0.196	0.273	0.289
Río San José	0.342	0.463	0.663	0.809	0.483	0.094	0.027	0.010	0.004	0.060	0.384	0.539	0.570
Río Grande	0.881	1.132	1.679	2.057	1.389	0.545	0.302	0.136	0.064	0.131	0.686	1.108	1.346
Río Shoclla	0.871	1.033	1.666	2.130	1.338	0.361	0.180	0.091	0.055	0.139	0.844	1.228	1.380
Qda Chachacoma	0.102	0.129	0.199	0.250	0.161	0.046	0.022	0.011	0.006	0.016	0.094	0.136	0.159
Quebrada SN1	0.049	0.062	0.095	0.119	0.077	0.023	0.011	0.005	0.003	0.008	0.044	0.064	0.075
Intercuenca SN2	0.045	0.058	0.088	0.109	0.073	0.024	0.011	0.005	0.003	0.006	0.038	0.058	0.070
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019).													

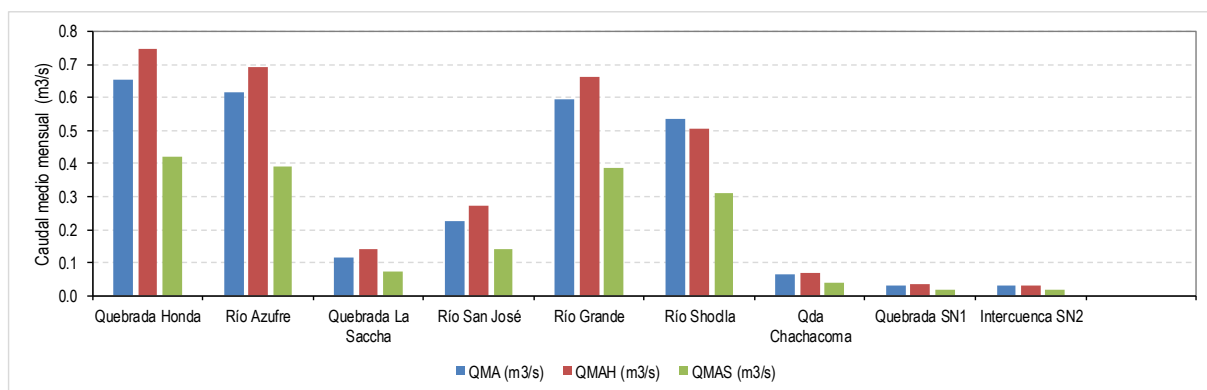
Tabla 3.2.3.2-12 Caudal Mensual Promedio en Caso Sin Proyecto - Año Seco (m<sup>3</sup>/s)

Microcuencas	QMAS (m <sup>3</sup> /s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.419	0.382	0.973	1.074	0.618	0.331	0.175	0.084	0.050	0.041	0.203	0.507	0.594
Río Azufre	0.390	0.324	0.899	0.997	0.543	0.279	0.162	0.110	0.079	0.060	0.242	0.454	0.533
Quebrada La Saccha	0.072	0.072	0.178	0.193	0.095	0.035	0.008	0.002	0.001	0.002	0.062	0.100	0.121
Río San José	0.142	0.137	0.350	0.384	0.186	0.067	0.017	0.006	0.002	0.003	0.118	0.195	0.233
Río Grande	0.388	0.430	0.802	0.889	0.709	0.437	0.228	0.089	0.043	0.037	0.091	0.328	0.570
Río Shoclla	0.309	0.288	0.734	0.725	0.520	0.263	0.133	0.063	0.040	0.034	0.098	0.284	0.522
Qda Chachacoma	0.039	0.038	0.088	0.099	0.070	0.034	0.016	0.008	0.005	0.004	0.012	0.035	0.062
Quebrada SN1	0.019	0.019	0.043	0.048	0.034	0.017	0.008	0.004	0.003	0.002	0.006	0.017	0.030
Intercuenca SN2	0.019	0.019	0.041	0.046	0.035	0.019	0.008	0.004	0.002	0.002	0.005	0.016	0.029

Fuente:  
Estudio Hidrológico (WSP,2019).

El Gráfico 3.2.3-17, *Caudal Medio Anual - Caso Sin Proyecto*, muestra la variación del caudal anual, considerando los tres escenarios hidrológicos, para cada una de las microcuencas. El máximo caudal se registra en la microcuenca de Shoclla.

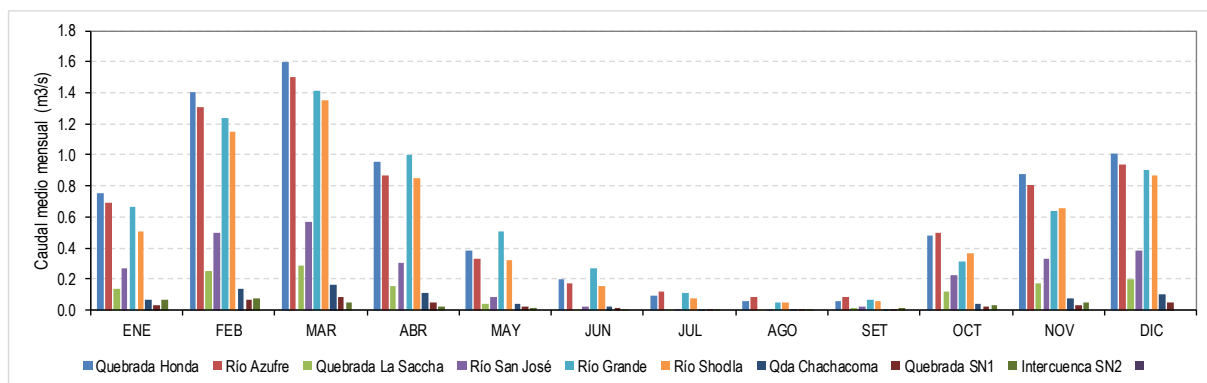
Gráfico 3.2.3-17 Caudal Medio Anual- Caso Sin Proyecto



Fuente: Estudio hidrológico para la modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico (WSP,2019).

El Gráfico 3.2.3-18, *Caudal Medio Mensual – Caso Sin Proyecto - Año Normal*, muestra la variación de los caudales simulados, considerando un año normal, que guarda una correspondencia con la estacionalidad de la precipitación. Es decir, los valores más altos de caudales se producen durante la época de lluvia que se producen durante los meses de noviembre a abril; durante este periodo el mes de marzo es el mes en que se producen los caudales máximos. En la época seca (junio-setiembre) se producen los valores más bajos en el mes de agosto.

Gráfico 3.2.3-18 Caudal Medio Mensual- Caso Sin Proyecto - Año Normal



Fuente: Estudio hidrológico para la modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico (WSP,2019).

Caudales Mensuales Máximos

En la Tabla 3.2.3.2-13, *Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)*, Tabla 3.2.3.2-14, *Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)*, y Tabla 3.2.3.2-15, *Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m³/s)*, se muestran los caudales mensuales máximos para los escenarios de año normal, húmedo y seco considerando el caso Sin Proyecto.

**Tabla 3.2.3.2-13 Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	2.146	5.526	9.331	3.956	1.246	0.256	0.131	0.069	0.155	3.523	5.241	3.295
Río Azufre	2.260	5.442	8.862	3.747	1.292	0.208	0.143	0.100	0.365	3.469	4.980	3.326
Quebrada La Saccha	0.483	1.063	1.744	0.725	0.286	0.013	0.005	0.002	0.130	0.722	1.018	0.711
Río San José	0.960	2.142	3.527	1.458	0.567	0.026	0.011	0.004	0.226	1.451	2.052	1.407
Río Grande	2.345	4.414	4.352	3.284	0.593	0.368	0.162	0.067	0.266	1.804	2.344	5.472
Río Schoclla	2.412	4.728	4.439	3.163	0.408	0.226	0.097	0.056	0.238	2.559	2.907	6.317
Río Chachacoma	0.300	0.551	0.546	0.427	0.052	0.028	0.012	0.007	0.045	0.298	0.332	0.707
Quebrada SN1	0.146	0.260	0.262	0.209	0.025	0.014	0.006	0.004	0.024	0.141	0.156	0.331
Intercuenca SN2	0.128	0.234	0.228	0.187	0.027	0.014	0.006	0.003	0.011	0.114	0.137	0.295
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-14 Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	3.866	7.302	12.708	5.699	1.429	0.274	0.165	0.083	0.804	5.272	7.867	5.132
Río Azufre	3.694	6.896	12.054	5.395	1.426	0.281	0.160	0.111	1.079	5.055	7.424	5.052
Quebrada La Saccha	0.748	1.342	2.357	1.042	0.300	0.064	0.008	0.003	0.285	1.022	1.481	1.040
Río San José	1.494	2.700	4.754	2.094	0.596	0.098	0.016	0.005	0.537	2.054	2.983	2.064
Río Grande	4.489	6.294	6.447	5.310	0.627	0.404	0.204	0.087	1.095	3.845	4.356	8.368
Río Schoclla	4.959	6.931	7.582	6.224	0.453	0.249	0.127	0.065	1.258	5.192	5.173	9.827
Río Chachacoma	0.585	0.821	0.853	0.689	0.057	0.031	0.015	0.008	0.150	0.552	0.586	1.088
Quebrada SN1	0.277	0.389	0.397	0.321	0.029	0.016	0.008	0.004	0.072	0.255	0.278	0.507
Intercuenca SN2	0.250	0.348	0.362	0.295	0.029	0.016	0.007	0.003	0.054	0.226	0.235	0.454
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-15 Caudal Mensual Máximo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.992	3.618	6.630	2.622	0.756	0.232	0.115	0.062	0.058	1.619	3.239	2.126
Río Azufre	0.966	3.638	6.303	2.483	0.990	0.191	0.130	0.092	0.067	2.006	3.107	2.028
Quebrada La Saccha	0.259	0.805	1.256	0.484	0.237	0.011	0.003	0.002	0.010	0.483	0.662	0.448
Río San José	0.503	1.598	2.548	0.973	0.472	0.023	0.009	0.003	0.010	0.971	1.338	0.889
Río Grande	0.933	2.622	2.008	1.714	0.531	0.313	0.135	0.056	0.053	0.273	0.851	3.192
Río Schoclla	0.672	2.797	1.761	1.386	0.332	0.190	0.082	0.048	0.056	0.258	0.847	3.409
Río Chachacoma	0.097	0.320	0.243	0.185	0.045	0.023	0.010	0.006	0.006	0.060	0.113	0.410
Quebrada SN1	0.049	0.153	0.121	0.090	0.022	0.012	0.005	0.003	0.003	0.033	0.058	0.194
Intercuenca SN2	0.039	0.136	0.105	0.081	0.024	0.012	0.005	0.003	0.003	0.014	0.039	0.169
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												



Caudales Mensuales Mínimos

En la Tabla 3.2.3.2-16, *Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)*, Tabla 3.2.3.2-17, *Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)*, y Tabla 3.2.3.2-18, *Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m³/s)*, se muestran los caudales mensuales máximos para los escenarios de año normal, húmedo y seco en caso Sin Proyecto.

**Tabla 3.2.3.2-16 Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Normal (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.311	0.342	0.363	0.362	0.259	0.134	0.070	0.046	0.039	0.070	0.186	0.222
Río Azufre	0.194	0.230	0.256	0.262	0.209	0.145	0.101	0.073	0.062	0.062	0.111	0.132
Quebrada La Saccha	0.020	0.024	0.023	0.020	0.013	0.005	0.002	0.001	0.001	0.004	0.015	0.019
Río San José	0.038	0.044	0.044	0.041	0.028	0.011	0.004	0.002	0.002	0.007	0.027	0.033
Río Grande	0.448	0.518	0.625	0.601	0.373	0.167	0.068	0.042	0.041	0.059	0.255	0.341
Río Schoclla	0.280	0.419	0.482	0.418	0.217	0.100	0.057	0.042	0.034	0.048	0.236	0.290
Río Chachacoma	0.036	0.050	0.061	0.053	0.028	0.012	0.007	0.005	0.004	0.005	0.027	0.032
Quebrada SN1	0.018	0.024	0.029	0.026	0.014	0.006	0.004	0.003	0.002	0.003	0.013	0.015
Intercuenca SN2	0.020	0.026	0.031	0.028	0.015	0.006	0.003	0.002	0.002	0.003	0.014	0.017
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-17 Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Húmedo (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.336	0.367	0.380	0.376	0.278	0.167	0.085	0.052	0.046	0.088	0.208	0.282
Río Azufre	0.210	0.241	0.267	0.272	0.220	0.162	0.112	0.080	0.070	0.072	0.123	0.166
Quebrada La Saccha	0.022	0.025	0.024	0.021	0.014	0.007	0.003	0.001	0.001	0.005	0.016	0.019
Río San José	0.041	0.046	0.046	0.042	0.030	0.016	0.006	0.003	0.002	0.008	0.028	0.034
Río Grande	0.509	0.588	0.666	0.634	0.411	0.209	0.090	0.052	0.048	0.078	0.271	0.396
Río Schoclla	0.000	0.499	0.537	0.461	0.243	0.130	0.066	0.048	0.042	0.063	0.276	0.340
Río Chachacoma	0.043	0.057	0.066	0.058	0.031	0.015	0.008	0.005	0.005	0.007	0.029	0.037
Quebrada SN1	0.021	0.028	0.032	0.028	0.016	0.008	0.004	0.003	0.003	0.003	0.014	0.018
Intercuenca SN2	0.023	0.029	0.033	0.030	0.016	0.007	0.003	0.002	0.002	0.003	0.015	0.020
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-18 Caudal Mensual Mínimo Caso Sin Proyecto - Año Seco (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.277	0.309	0.344	0.346	0.236	0.117	0.063	0.042	0.034	0.049	0.144	0.178
Río Azufre	0.172	0.199	0.237	0.245	0.192	0.132	0.093	0.068	0.055	0.052	0.090	0.106
Quebrada La Saccha	0.018	0.022	0.021	0.019	0.011	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.012	0.012
Río San José	0.035	0.040	0.041	0.039	0.024	0.009	0.003	0.002	0.001	0.005	0.023	0.023
Río Grande	0.360	0.401	0.544	0.540	0.317	0.140	0.057	0.036	0.031	0.041	0.221	0.267
Río Schoclla	0.216	0.316	0.391	0.342	0.179	0.084	0.049	0.033	0.026	0.035	0.171	0.226
Río Chachacoma	0.029	0.037	0.051	0.046	0.023	0.011	0.006	0.004	0.003	0.004	0.020	0.025
Quebrada SN1	0.014	0.018	0.025	0.023	0.012	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.010	0.012
Intercuenca SN2	0.015	0.019	0.027	0.025	0.012	0.005	0.003	0.002	0.001	0.002	0.011	0.013
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

### Resultados de Simulación de Caudales Caso con Proyecto

También se estimaron los caudales mensuales para cada una de las microcuencas en el área de estudio. Los caudales mensuales simulados se muestran en las Tabla 3.2.3.2-19, *Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Normal (m³/s)*, Tabla 3.2.3.2-20, *Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Húmedo (m³/s)*, y Tabla 3.2.3.2-21, *Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Seco (m³/s)*.

**Tabla 3.2.3.2-19 Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Normal (m³/s)**

Microcuencas	QMA (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.657	0.750	1.405	1.603	0.959	0.387	0.196	0.096	0.056	0.057	0.482	0.880	1.011
Río Azufre	0.618	0.695	1.308	1.502	0.868	0.334	0.177	0.120	0.086	0.087	0.502	0.803	0.934
Quebrada La Saccha	0.116	0.139	0.252	0.287	0.157	0.044	0.009	0.003	0.001	0.014	0.118	0.169	0.197
Río San José	0.227	0.271	0.497	0.571	0.308	0.084	0.019	0.007	0.003	0.023	0.228	0.330	0.386
Río Grande	0.597	0.663	1.240	1.417	0.998	0.503	0.268	0.107	0.051	0.064	0.310	0.642	0.903
Río Shoclla	0.534	0.506	1.152	1.349	0.848	0.321	0.159	0.073	0.047	0.058	0.368	0.656	0.872
Qda Chachacoma	0.066	0.068	0.141	0.167	0.109	0.041	0.020	0.009	0.006	0.008	0.045	0.075	0.102
Quebrada SN1	0.032	0.034	0.068	0.080	0.053	0.020	0.010	0.005	0.003	0.004	0.022	0.035	0.049
Intercuenca SN2	0.030	0.032	0.064	0.075	0.051	0.022	0.010	0.004	0.002	0.003	0.017	0.033	0.046
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)													

**Tabla 3.2.3.2-20 Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Húmedo (m³/s)**

Microcuencas	QMAH (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.967	1.261	1.876	2.261	1.420	0.424	0.220	0.119	0.066	0.117	0.880	1.413	1.548
Río Azufre	0.913	1.173	1.744	2.122	1.325	0.362	0.194	0.133	0.095	0.173	0.880	1.326	1.430
Quebrada La Saccha	0.173	0.236	0.335	0.406	0.244	0.050	0.014	0.004	0.002	0.033	0.196	0.273	0.289
Río San José	0.342	0.463	0.663	0.809	0.483	0.094	0.027	0.010	0.004	0.060	0.384	0.539	0.570
Río Grande	0.881	1.132	1.679	2.057	1.389	0.545	0.302	0.136	0.064	0.131	0.686	1.108	1.346
Río Shoclla	0.871	1.033	1.666	2.130	1.338	0.361	0.180	0.091	0.055	0.139	0.844	1.228	1.380
Qda Chachacoma	0.102	0.129	0.199	0.250	0.161	0.046	0.022	0.011	0.006	0.016	0.094	0.136	0.159
Quebrada SN1	0.049	0.062	0.095	0.119	0.077	0.023	0.011	0.005	0.003	0.008	0.044	0.064	0.075
Intercuenca SN2	0.045	0.058	0.088	0.109	0.073	0.024	0.011	0.005	0.003	0.006	0.038	0.058	0.070
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)													

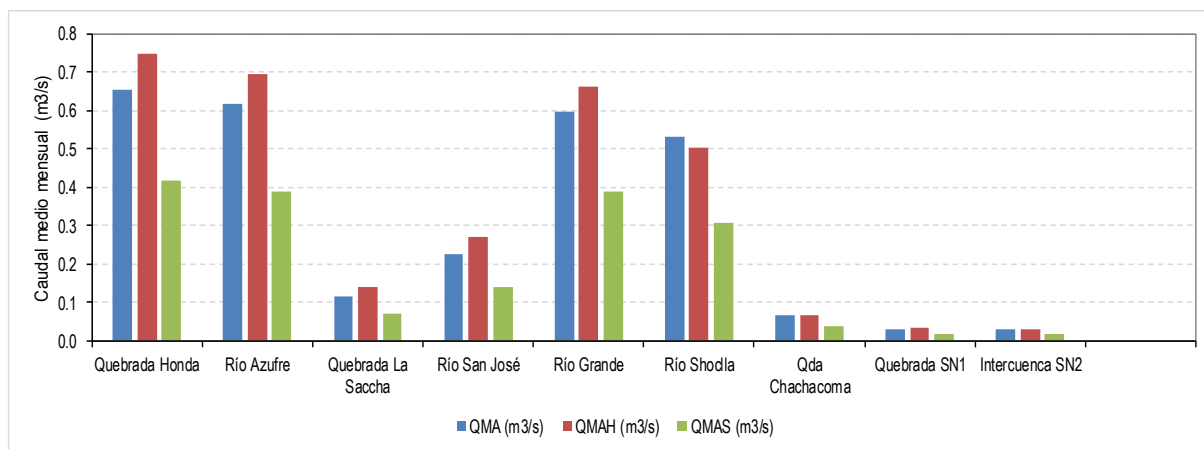
**Tabla 3.2.3.2-21 Caudal Mensual Promedio en Caso con Proyecto - Año Seco (m³/s)**

Microcuencas	QMAS (m³/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.419	0.382	0.973	1.074	0.618	0.331	0.175	0.084	0.050	0.041	0.203	0.507	0.594
Río Azufre	0.390	0.324	0.899	0.997	0.543	0.279	0.162	0.110	0.079	0.060	0.242	0.454	0.533
Quebrada La Saccha	0.072	0.072	0.178	0.193	0.095	0.035	0.008	0.002	0.001	0.002	0.062	0.100	0.121
Río San José	0.142	0.137	0.350	0.384	0.186	0.067	0.017	0.006	0.002	0.003	0.118	0.195	0.233
Río Grande	0.388	0.430	0.802	0.889	0.709	0.437	0.228	0.089	0.043	0.037	0.091	0.328	0.570
Río Shoclla	0.309	0.288	0.734	0.725	0.520	0.263	0.133	0.063	0.040	0.034	0.098	0.284	0.522
Qda Chachacoma	0.039	0.038	0.088	0.099	0.070	0.034	0.016	0.008	0.005	0.004	0.012	0.035	0.062
Quebrada SN1	0.019	0.019	0.043	0.048	0.034	0.017	0.008	0.004	0.003	0.002	0.006	0.017	0.030
Intercuenca SN2	0.019	0.019	0.041	0.046	0.035	0.019	0.008	0.004	0.002	0.002	0.005	0.016	0.029
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)													



El Gráfico 3.2.3-19, *Caudal Medio Anual – Caso con Proyecto*, muestra la variación del caudal anual, considerando los tres escenarios hidrológicos, para cada una de las microcuencas. El máximo caudal se registra en la microcuenca del río Shoclla.

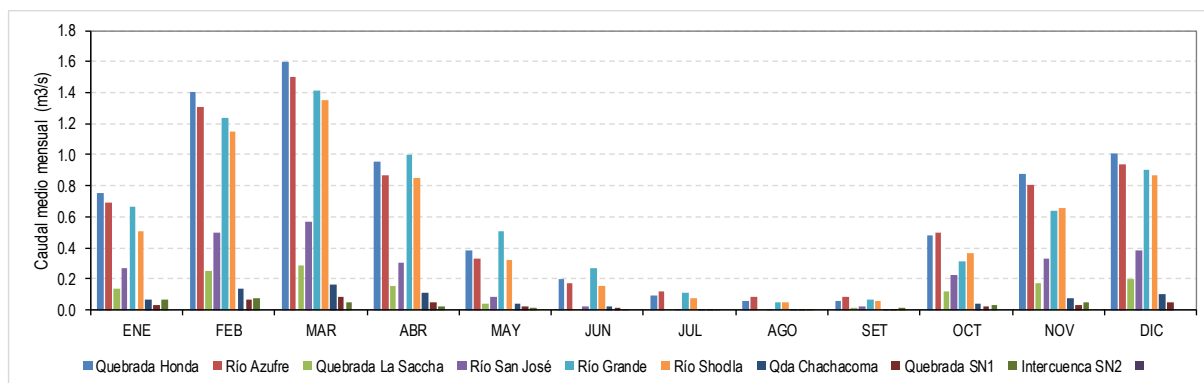
**Gráfico 3.2.3-19 Caudal Medio Anual - Caso con Proyecto**



**Fuente:** Estudio hidrológico para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico (WSP,2019).

El Gráfico 3.2.3-20, *Caudal Medio Mensual – Caso con Proyecto – Año Normal*, muestra la variación de los caudales simulados, considerando un año normal, que guarda una correspondencia con la estacionalidad de la precipitación. Es decir, los valores más altos de caudales se producen durante la época de lluvia que se producen durante los meses de noviembre a abril; durante este periodo el mes de marzo es el mes en que se producen los caudales máximos. En la época seca (junio-setiembre) se producen los valores más bajos en el mes de agosto.

**Gráfico 3.2.3-20 Caudal Medio Mensual- Caso con Proyecto - Año Normal**



**Fuente:** Estudio hidrológico para la segunda modificación del EIA Yanacocha – Estudio hidrológico (WSP,2019).

#### Caudales Mensuales Máximos

En la Tabla 3.2.3.2-22, *Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Normal (m³/s)*, Tabla 3.2.3.2-23, *Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m³/s)*, y Tabla 3.2.3.2-24, *Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Seco (m³/s)*, se muestran los caudales mensuales máximos para los escenarios de año normal, húmedo y seco considerando el caso Con Proyecto.

**Tabla 3.2.3.2-22 Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Normal (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	2.146	5.526	9.331	3.956	1.246	0.256	0.131	0.069	0.155	3.523	5.241	3.295
Río Azufre	2.260	5.442	8.862	3.747	1.292	0.208	0.143	0.100	0.365	3.469	4.980	3.326
Quebrada La Saccha	0.483	1.063	1.744	0.725	0.286	0.013	0.005	0.002	0.130	0.722	1.018	0.711
Río San José	0.960	2.142	3.527	1.458	0.567	0.026	0.011	0.004	0.226	1.451	2.052	1.407

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Río Grande	2.345	4.414	4.352	3.284	0.593	0.368	0.162	0.067	0.266	1.804	2.344	5.472
Río Schoclla	2.412	4.728	4.439	3.163	0.408	0.226	0.097	0.056	0.238	2.559	2.907	6.317
Río Chachacoma	0.300	0.551	0.546	0.427	0.052	0.028	0.012	0.007	0.045	0.298	0.332	0.707
Quebrada SN1	0.146	0.260	0.262	0.209	0.025	0.014	0.006	0.004	0.024	0.141	0.156	0.331
Intercuenca SN2	0.128	0.234	0.228	0.187	0.027	0.014	0.006	0.003	0.011	0.114	0.137	0.295
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

Tabla 3.2.3.2-23 Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m³/s)

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	3.866	7.302	12.708	5.699	1.429	0.274	0.165	0.083	0.804	5.272	7.867	5.132
Río Azufre	3.694	6.896	12.054	5.395	1.426	0.281	0.160	0.111	1.079	5.055	7.424	5.052
Quebrada La Saccha	0.748	1.342	2.357	1.042	0.300	0.064	0.008	0.003	0.285	1.022	1.481	1.040
Río San José	1.494	2.700	4.754	2.094	0.596	0.098	0.016	0.005	0.537	2.054	2.983	2.064
Río Grande	4.489	6.294	6.447	5.310	0.627	0.404	0.204	0.087	1.095	3.845	4.356	8.368
Río Schoclla	4.959	6.931	7.582	6.224	0.453	0.249	0.127	0.065	1.258	5.192	5.173	9.827
Río Chachacoma	0.585	0.821	0.853	0.689	0.057	0.031	0.015	0.008	0.150	0.552	0.586	1.088
Quebrada SN1	0.277	0.389	0.397	0.321	0.029	0.016	0.008	0.004	0.072	0.255	0.278	0.507
Intercuenca SN2	0.250	0.348	0.362	0.295	0.029	0.016	0.007	0.003	0.054	0.226	0.235	0.454
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

Tabla 3.2.3.2-24 Caudal Mensual Máximo Caso Con Proyecto - Año Seco (m³/s)

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.992	3.618	6.630	2.622	0.756	0.232	0.115	0.062	0.058	1.619	3.239	2.126
Río Azufre	0.966	3.638	6.303	2.483	0.990	0.191	0.130	0.092	0.067	2.006	3.107	2.028
Quebrada La Saccha	0.259	0.805	1.256	0.484	0.237	0.011	0.003	0.002	0.010	0.483	0.662	0.448
Río San José	0.503	1.598	2.548	0.973	0.472	0.023	0.009	0.003	0.010	0.971	1.338	0.889
Río Grande	0.933	2.622	2.008	1.714	0.531	0.313	0.135	0.056	0.053	0.273	0.851	3.192
Río Schoclla	0.672	2.797	1.761	1.386	0.332	0.190	0.082	0.048	0.056	0.258	0.847	3.409
Río Chachacoma	0.097	0.320	0.243	0.185	0.045	0.023	0.010	0.006	0.006	0.060	0.113	0.410
Quebrada SN1	0.049	0.153	0.121	0.090	0.022	0.012	0.005	0.003	0.003	0.033	0.058	0.194
Intercuenca SN2	0.039	0.136	0.105	0.081	0.024	0.012	0.005	0.003	0.003	0.014	0.039	0.169
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

#### Caudales Mensuales Mínimos

En la Tabla 3.2.3.2-25, Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Normal (m³/s), Tabla 3.2.3.2-26, Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m³/s), y Tabla 3.2.3.2-27, Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Seco (m³/s), se muestran los caudales mensuales máximos para los escenarios de año normal, húmedo y seco caso Con Proyecto.

Tabla 3.2.3.2-25 Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Normal (m³/s)

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.311	0.342	0.363	0.362	0.259	0.134	0.070	0.046	0.039	0.070	0.186	0.222
Río Azufre	0.194	0.230	0.256	0.262	0.209	0.145	0.101	0.073	0.062	0.062	0.111	0.132
Quebrada La Saccha	0.020	0.024	0.023	0.020	0.013	0.005	0.002	0.001	0.001	0.004	0.015	0.019
Río San José	0.038	0.044	0.044	0.041	0.028	0.011	0.004	0.002	0.002	0.007	0.027	0.033
Río Grande	0.448	0.518	0.625	0.601	0.373	0.167	0.068	0.042	0.041	0.059	0.255	0.341
Río Schoclla	0.280	0.419	0.482	0.418	0.217	0.100	0.057	0.042	0.034	0.048	0.236	0.290

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Río Chachacoma	0.036	0.050	0.061	0.053	0.028	0.012	0.007	0.005	0.004	0.005	0.027	0.032
Quebrada SN1	0.018	0.024	0.029	0.026	0.014	0.006	0.004	0.003	0.002	0.003	0.013	0.015
Intercuenca SN2	0.020	0.026	0.031	0.028	0.015	0.006	0.003	0.002	0.002	0.003	0.014	0.017
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-26 Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Húmedo (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.336	0.367	0.380	0.376	0.278	0.167	0.085	0.052	0.046	0.088	0.208	0.282
Río Azufre	0.210	0.241	0.267	0.272	0.220	0.162	0.112	0.080	0.070	0.072	0.123	0.166
Quebrada La Saccha	0.022	0.025	0.024	0.021	0.014	0.007	0.003	0.001	0.001	0.005	0.016	0.019
Río San José	0.041	0.046	0.046	0.042	0.030	0.016	0.006	0.003	0.002	0.008	0.028	0.034
Río Grande	0.509	0.588	0.666	0.634	0.411	0.209	0.090	0.052	0.048	0.078	0.271	0.396
Río Schoclla	0.000	0.499	0.537	0.461	0.243	0.130	0.066	0.048	0.042	0.063	0.276	0.340
Río Chachacoma	0.043	0.057	0.066	0.058	0.031	0.015	0.008	0.005	0.005	0.007	0.029	0.037
Quebrada SN1	0.021	0.028	0.032	0.028	0.016	0.008	0.004	0.003	0.003	0.003	0.014	0.018
Intercuenca SN2	0.023	0.029	0.033	0.030	0.016	0.007	0.003	0.002	0.002	0.003	0.015	0.020
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Tabla 3.2.3.2-27 Caudal Mensual Mínimo Caso Con Proyecto - Año Seco (m³/s)**

Microcuencas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.277	0.309	0.344	0.346	0.236	0.117	0.063	0.042	0.034	0.049	0.144	0.178
Río Azufre	0.172	0.199	0.237	0.245	0.192	0.132	0.093	0.068	0.055	0.052	0.090	0.106
Quebrada La Saccha	0.018	0.022	0.021	0.019	0.011	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.012	0.012
Río San José	0.035	0.040	0.041	0.039	0.024	0.009	0.003	0.002	0.001	0.005	0.023	0.023
Río Grande	0.360	0.401	0.544	0.540	0.317	0.140	0.057	0.036	0.031	0.041	0.221	0.267
Río Schoclla	0.216	0.316	0.391	0.342	0.179	0.084	0.049	0.033	0.026	0.035	0.171	0.226
Río Chachacoma	0.029	0.037	0.051	0.046	0.023	0.011	0.006	0.004	0.003	0.004	0.020	0.025
Quebrada SN1	0.014	0.018	0.025	0.023	0.012	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.010	0.012
Intercuenca SN2	0.015	0.019	0.027	0.025	0.012	0.005	0.003	0.002	0.001	0.002	0.011	0.013
<b>Fuente:</b> Estudio Hidrológico (WSP,2019)												

**Coefficiente de Escorrentía y Rendimiento**Caudal Medio Anual para Año Normal, Húmedo y Seco

Basado en los caudales anuales estimados para los tres escenarios hidrológicos del caso Sin Proyecto, se muestran en la Tabla 3.2.3.2-28, *Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Normal*, Tabla 3.2.3.2-29, *Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Húmedo*, y Tabla 3.2.3.2-30, *Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Seco*, respectivamente.

Los rendimientos hídricos para un año normal (Tabla 3.2.3.2-28), fueron comparados con los rendimientos obtenidos para las cuencas de los ríos Jequetepeque y Crisnejas, ya que las microcuencas de estudio se encuentran en la parte alta de estas cuencas. El rendimiento para la cuenca Jequetepeque es de 15.78 l/s/km², de acuerdo con el *Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca del Río Jequetepeque en el 2015* (Autoridad Nacional del Agua), y para la cuenca Crisnejas es de 13.8 l/s/km². Además, en el *Estudio Hidrológico de la Región Cajamarca 2010 – 2011* (Gobierno Regional de Cajamarca) los rendimientos para las cuencas Jequetepeque y Crisnejas son 14.75 y 20.77 l/s/km², respectivamente. Comparando los rendimientos obtenidos para un año normal, éstos son mayores que los valores obtenidos en los mencionados estudios, debido a que las microcuencas de estudio se

encuentran en la parte alta donde ocurre una mayor producción de precipitación por lo cual se tienen rendimientos hídricos mayores.

**Tabla 3.2.3.2-28 Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto – Año Normal**

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (m)	PMAH (mm)	QMAH (m <sup>3</sup> /s)	QMAH (mm)	Coefficiente de escorrentía	Rendimiento (L/s/km <sup>2</sup> )
Quebrada Honda	25.97	3,951.9	1,292.9	0.657	797.4	0.62	25.3
Río Azufre	24.66	3,940.8	1,288.8	0.618	790.3	0.61	25.1
Quebrada La Saccha	4.87	3,883.2	1,267.4	0.116	749.5	0.59	23.8
Río San José	10.40	3,714.2	1,204.4	0.227	689.0	0.57	21.8
Río Grande	26.41	3,681.6	1,192.3	0.597	712.9	0.60	22.6
Río Schoclla	34.17	3,688.0	1,194.6	0.534	493.0	0.41	15.6
Río Chachacoma	3.74	3,521.2	1,132.5	0.066	554.5	0.49	17.6
Quebrada SN1	1.67	3,589.2	1,157.8	0.032	601.3	0.52	19.1
Intercuenca SN2	1.66	3,350.4	1,068.9	0.030	569.1	0.53	18.0
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)							

**Tabla 3.2.3.2-29 Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Húmedo**

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (m)	PMAS (mm)	QMAS (m <sup>3</sup> /s)	QMAS (mm)	Coefficiente de escorrentía	Rendimiento (L/s/km <sup>2</sup> )
Quebrada Honda	25.97	3,951.9	1,702.3	0.967	1174.3	0.69	37.2
Río Azufre	24.66	3,940.8	1,696.5	0.913	1167.8	0.69	37.0
Quebrada La Saccha	4.87	3,883.2	1,666.7	0.173	1123.1	0.67	35.6
Río San José	10.40	3,714.2	1,579.3	0.342	1037.4	0.66	32.9
Río Grande	26.41	3,681.6	1,562.5	0.881	1052.3	0.67	33.4
Río Schoclla	34.17	3,688.0	1,565.8	0.871	803.4	0.51	25.5
Qda Chachacoma	3.74	3,521.2	1,479.5	0.102	863.0	0.58	27.4
Quebrada SN1	1.67	3,589.2	1,514.7	0.049	923.1	0.61	29.3
Intercuenca SN2	1.66	3,350.4	1,391.2	0.045	859.5	0.62	27.3
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)							

**Tabla 3.2.3.2-30 Caudal Medio Anual para Microcuencas de Interés en Caso sin Proyecto - Año Seco**

Microcuencas	Área (km <sup>2</sup> )	Elevación (m)	PMAS (mm)	QMAS (m <sup>3</sup> /s)	QMAS (mm)	Coefficiente de escorrentía	Rendimiento (L/s/km <sup>2</sup> )
Quebrada Honda	25.97	3,951.9	964.4	0.419	509.3	0.53	16.1
Río Azufre	24.66	3,940.8	961.5	0.390	499.1	0.52	15.8
Quebrada La Saccha	4.87	3,883.2	946.8	0.072	469.2	0.50	14.9
Río San José	10.40	3,714.2	903.5	0.142	429.4	0.48	13.6
Río Grande	26.41	3,681.6	895.1	0.388	463.2	0.52	14.7
Río Schoclla	34.17	3,688.0	896.7	0.309	284.9	0.32	9.0
Qda Chachacoma	3.74	3,521.2	854.0	0.039	330.8	0.39	10.5
Quebrada SN1	1.67	3,589.2	871.4	0.019	363.6	0.42	11.5
Intercuenca SN2	1.66	3,350.4	810.2	0.019	356.5	0.44	11.3
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)							

En las tablas anteriores se muestran los coeficientes de escorrentía (CE) anuales estimados para los escenarios hidrológicos normal, húmedo y seco. Para un Año normal, los CE varían entre 0.41 y 0.62; el mínimo valor se encontró en la microcuenca del Río Shoclla y el máximo en la microcuenca quebrada Honda. Para el Año húmedo los CE se incrementan ligeramente y varían entre 0.51 y 0.69; y para el Año Seco varían entre 0.32 y 0.53.

Con respecto a los rendimientos de las cuencas, la microcuenca de la quebrada Honda es la que posee el mayor rendimiento y su valor asciende a 25.3 L/s/km<sup>2</sup> para un año normal.

### Caudales Máximos y Avenidas

Se estimaron caudales máximos para distintos periodos de retorno en las microcuencas de estudio usando el modelo hidrológico HEC-HMS con el método del número de curva (CN) del Natural Resources Conservation Services de los Estados Unidos de América (ex Soil Conservation Service); se utilizó un CN de 84 para las zonas del terreno natural. También se usó un hietograma de tormenta tipo II, típico de zonas montañosas, y el hidrograma unitario del SCS.

Para este fin se usaron las precipitaciones máximas estimadas para las estaciones Carachugo y La Quinua en el estudio Climatológico elaborado por WSP (2019). Para las microcuencas ubicadas en el sector Este (Quebrada Honda, Río Azufre, Quebrada La Saccha y Río San José) se utilizaron los datos de precipitación de la estación Carachugo, y para las microcuencas ubicadas en el sector Oeste (Río Grande, Río Shoclla, Qda Chachacoma, Quebrada SN1 e Intercuenca SN2) se utilizaron los datos de la estación La Quinua. Como número de curva se usó el valor de 84, en base al reporte climatológico elaborado por Knight Piésold and Co (abril, 2011).

En la Tabla 3.2.3.2-31, *Caudales Máximos para Distintos Periodos de Retorno (m<sup>3</sup>/s)*, se muestran los caudales máximos, que fueron estimados en los puntos de verificación de las microcuencas para la condición actual o caso sin proyecto.

**Tabla 3.2.3.2-31 Caudales Máximos para Distintos Periodos de Retorno (m<sup>3</sup>/s)**

TR	Microcuenca								
	Quebrada Honda	Río Azufre	Quebrada Saccha	Río San José	Río Grande	Río Shoclla	Quebrada Chachacoma	Quebrada SN1	Intercuenca SN2
1000	137.4	111.4	37.1	50.5	238.0	251.0	40.0	21.6	21.4
500	124.4	100.9	33.5	45.6	215.4	227.6	36.2	19.5	19.4
200	107.6	87.3	28.9	39.4	186.0	196.6	31.2	16.9	16.8
100	94.9	77.0	25.5	34.7	164.7	173.3	27.5	14.9	14.8
50	82.4	66.8	22.1	30.1	143.5	150.2	23.8	12.9	12.8
20	66.0	53.5	17.6	24.0	115.3	119.7	18.9	10.3	10.2
10	53.9	43.7	14.3	19.5	94.1	96.8	15.2	8.3	8.2
5	41.6	33.8	11.0	26.6	72.6	73.7	11.5	6.3	6.3
2	24.6	20.1	6.4	9.2	41.7	41.2	6.3	3.5	3.5
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)									

### Volúmenes de Reserva

El reservorio San José es un antiguo tajo minero convertido en un gran reservorio con capacidad para almacenar hasta 6 millones de metros cúbicos. El reservorio San José descarga el agua de exceso que se genera en época de lluvias y que es previamente tratada en las plantas ubicadas en las zonas de operaciones de Pampa Larga y Yanacocha Norte.

El agua almacenada tiene un volumen útil de 5 millones de metros cúbicos que sirve para compensar el suministro de agua en canales con los que Yanacocha tienen compromisos previos y formales de descarga. Además, se ha previsto un fondo que garantice la permanente operación del reservorio San José, independientemente de que Yanacocha haya culminado sus operaciones de minado.

### Caracterización de Condiciones de Flujo

La caracterización de los caudales de flujo picos están asociados a los caudales para diversos periodos de retorno, estos caudales se presentan en la Tabla 3.2.3.2-31, *Caudales Máximos para Distintos Periodos de Retorno (m<sup>3</sup>/s)*.

La Tabla 3.2.3.2-32, *Resumen Estadístico de Caudales Observados*, muestra el resumen estadístico de los caudales observados en época seca. El caudal promedio en los puntos de monitoreo fluctúa entre 0.010 y 0.537 m<sup>3</sup>/s en las microcuencas de la quebrada La Saccha y río Grande, respectivamente.

Tabla 3.2.3.2-32 Resumen Estadístico de Caudales Observados

Punto de Monitoreo	Microcuenca	Caudal Época Seca (m3/s)		
		Promedio	Mínimo	Máximo
CP1	Quebrada Honda	0.082	0.035	0.132
CP10/DDRA	Río Azufre	0.250	0.080	0.600
CP11	Quebrada La Saccha	0.010	0.006	0.030
CP5	Río San José	0.156	0.015	0.562
CP3	Río Grande	0.537	0.075	1.160
CP6	Río Shoclla	0.175	0.035	0.615
QCHA	Quebrada Chachacoma	0.015	0.002	0.030
Fuente: Estudio Hidrológico (WSP,2019)				

Las características del componente de flujo base se evalúa en la sección de hidrogeología del presente estudio.

#### 3.2.3.2.4 Estudio de la Demanda Hídrica

En la actualidad, los usuarios de agua dentro de las microcuencas en evaluación, lo conforma básicamente la minera Yanacocha, es decir, el uso del recurso se enfoca en el uso productivo minero principalmente. Asimismo, dado que su ubicación está asociada a determinadas cabeceras de microcuencas, también se han identificado usos agrícolas asociado a determinadas poblaciones aguas abajo.

Esta sección describe todos los usos identificados en la actualidad, así como la estimación de la demanda proyectada, en atribución a la actual modificatoria.

#### Derechos de Uso de Agua

Se considera como demandas aquellos permisos o derechos de usos de agua otorgados por la autoridad administrativa del agua para atender diversas necesidades. En la Tabla 3.2.3.2-33, *Uso de Agua Subterránea*, Tabla 3.2.3.2-34, *Permisos de Agua Superficial*, y Tabla 3.2.3.2-35, *Vertimiento de Aguas Industriales Tratadas*, se muestra las licencias o permisos de agua otorgados por la Autoridad Nacional de Agua (ANA). Cabe precisar, que las demandas de la minera Yanacocha están por debajo de los volúmenes máximos otorgados en las licencias y permisos de agua.

Tabla 3.2.3.2-33 Uso de Agua Subterránea

Descripción	Dispositivo	Entidad/Fecha
Licencia para el uso de las Aguas Subterráneas provenientes de las áreas de operaciones Yanacocha Sur y La Quinua, de un volumen total anual máximo de hasta 17'951,868 m <sup>3</sup> /año, con fines mineros, lo que equivale a 569.25 litros por segundo.	Resolución Directoral N° 773-2016-ANA-AAA.M	Autoridad Administrativa del Agua Marañón 14 de junio del 2016
Autorización de Uso de Agua Subterránea con Fines Mineros de los Pozos CLPW-37BC y CLPW-37AC Campamento de Operaciones Km 37, de un volumen total anual máximo de hasta 42,574 m <sup>3</sup> /año (CLPW-37BC) y 92,330m <sup>3</sup> /año (CLPW-37AC)	Resolución Directoral N° 2398-2015-ANA-AAA-JZ	Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque 08 de setiembre del 2015
Licencia de Uso de las Aguas Subterráneas con Fines Industriales de 3.59 Mm <sup>3</sup> /año equivalente a 114 litros por segundo.	Resolución Administrativa No. 101-2001-MA-ATDRJ	Ministerio de Agricultura 07 de marzo del 2001

Tabla 3.2.3.2-34 Permisos de Agua Superficial

Descripción	Dispositivo	Entidad/Fecha
Autorización de la captación y uso de aguas superficiales excedentes en época de lluvia con fines mineros zona Este	Resolución Administrativa No. 019-2015-ANA-ALA-CAJAMARCA	Administración Local del Agua Cajamarca 14 de agosto del 2015
Autorización de la captación y uso de aguas superficiales excedentes en época de lluvia con fines mineros Zona Oeste.	Resolución Administrativa No. 018-2015-ANA-ALA-CAJAMARCA	Administración Local del Agua Cajamarca 14 de agosto del 2015,
Licencia de Uso de las Aguas Superficiales de la Quebrada Pampa Cerro Negro de un volumen total anual máximo de hasta 94 608 Mm <sup>3</sup> /año equivalente a 3 litros por segundo	RD No 2898-2017-ANA-AAA JZ-V	Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque 28 de noviembre del 2017
Licencia para Captación y uso de Aguas Superficiales Excedentes en épocas de lluvias con fines de control de polvo – Estructuras de Derivación y Sedimentación	Resolución Administrativa No. 648-2006-MA-ATDRJ	Ministerio de Agricultura 23 de agosto del 2006
Licencia de Uso de las Aguas Superficiales de los Manantiales Rumi Rumi 1, Rumi Rumi 2, Rumi Rumi 3, Cuyoc 1, Cuyoc 2, Cuyoc 3, Pampa Cuyoc 1 y Pampa Cuyoc 2 – Paraje Cerro Negro. De un volumen total anual máximo de hasta 268,053 Mm <sup>3</sup> /año equivalente a 8.5 litros por segundo	Resolución Directoral N° 086-2018-ANA-AAA JZ-V	Autoridad Administrativa del Agua Jequetepeque 12 de enero del 2018
Autorización de Uso de las Aguas del Río Cushurobamba con fines industriales – Proyecto China Linda	Resolución Administrativa No. 173-2013-ANA-AAA.M	Autoridad Administrativa del Agua Marañón 21 de marzo de 2013

Tabla 3.2.3.2-35 Vertimiento de Aguas Industriales Tratadas

Descripción	Resolución de Aprobación	Sustento de Resolución	Entidad	Fecha
<b>Sector Operativo Suplementario Yanacocha Oeste</b>				
Autorización de Vertimientos de Aguas Residuales Industriales Tratadas provenientes del Complejo de Operaciones – Zona Oeste, correspondiente a sus áreas operativas Cerro Negro, La Quinua y su ampliación sur, Yanacocha, San José, Carachugo, Maqui Maqui de la Unidad Chaupiloma Sur	Resolución Directoral No 060-2016-ANA-DGCRH	Renovación y modificación de la R.D. No 285-2013-ANA-DGCRH	Autoridad Nacional del Agua	17 de marzo de 2016
	Resolución Directoral No 161 - 2016-ANA-DGCRH	Reconsideración y rectificación de la R.D. No 060-2016-ANA-DGCRH, se indica que los volúmenes y caudales corresponden a flujos máximos, se corrige el cuerpo receptor	Autoridad Nacional del Agua	12 de julio de 2016
Autorización de Vertimiento de Aguas Residuales Industriales Tratadas para los Puntos de Vertimientos DCP-4 y DCP-4B	Resolución Directoral No 089-2017-ANA-DGCRH	Declarar sin efectividad la autorización de vertimiento para el punto DCP-4 en la R.D. No 060-2016-ANA-DGCRH, y rectificada en la R.D. No 161-2016-ANA-DGCRH Autorización de vertimiento en los puntos DCP-4 y DCP-4B	Autoridad Nacional del Agua	28 de abril de 2017
Autorización de Vertimiento de Aguas Residuales Industriales Tratadas Proyectadas para el Punto DCP-14 en la Zona de Operaciones Oeste	Resolución Directoral No 098-2017-ANA-DGCRH	Autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas en un nuevo punto	Autoridad Nacional del Agua	05 de mayo de 2017
<b>Sector Operativo Suplementario Yanacocha Este</b>				
Autorización de Vertimiento de Aguas Residuales Industriales Tratadas provenientes del Complejo de Operaciones - Zona Este, correspondientes a las áreas operativas de Carachugo, Chaquicocha, San José,	Resolución Directoral No 056-2016-ANA-DGCRH	Renovación y modificación de la R.D. No 215-2013-ANA-DGCRH	Autoridad Nacional del Agua	16 de marzo de 2016
	Resolución Directoral No 166-2016-ANA-DGCRH	Reconsideración y rectificación de la R.D. No 056-2016-ANA-DGCRH, se corrige el caudal total a 1331.79 l/s, se indica que	Autoridad Nacional del Agua	21 de julio de 2016



Descripción	Resolución de Aprobación	Sustento de Resolución	Entidad	Fecha
Marleny-San José y Maqui Maqui de la Unidad Chaupiloma Sur		los volúmenes y caudales corresponden a flujos máximos, se corrige el cuerpo receptor		

### ***Demanda de Uso Poblacional***

No existe demanda de uso poblacional que se dé mediante la extracción de agua de una fuente a través de un sistema de captación, tratamiento y distribución, con el fin de establecer las necesidades humanas básicas: preparación de alimentos y hábitos de aseo personal<sup>1</sup>.

### ***Demanda de Uso Productivo***

El uso productivo del agua consiste en la utilización con carácter exclusivo de los recursos, como insumo para el desarrollo de una actividad económica, el cual se establece en orden de preferencia para uso agrario, acuícola, minero. Conforme a la información existente en las microcuencas en estudio, se tiene que las principales actividades económicas están enfocadas principalmente al uso agrícola y minero. A continuación, se presenta el detalle de los mismos.

### ***Demanda de Uso Agrícola***

La demanda de agua de uso agrícola, en el área del proyecto están asociados a las descargas en canales por permisos de uso de agua otorgado a terceros, aguas abajo de la ubicación de la zona del proyecto. En la Tabla 3.2.3.2-36, *Puntos de Control y Relación con sus Respectivos Puntos de Descarga*, se muestra los puntos de vertimiento en las microcuencas a fin de atender compromisos de descarga.

**Tabla 3.2.3.2-36 Puntos de Control y Relación con sus Respectivos Puntos de Descarga**

Microcuenca de interés	Cuerpo receptor	Código del Punto de descarga	Código del Punto de control	Coordenadas del Punto de control	
				Este	Norte
Quebrada Honda	Qda. Pampa Larga	DCP1	CP1	776,437	9,231,330
	Qda. Río Colorado/ Qda. Honda	DC12			
Microcuenca Río Azufre	Qda. Ocuchó Machay	DCP8	CP10	781,574	9,223,810
	Qda. Amacocha	DCP9			
	Qda. Chaquicocha	DCP10			
Quebrada La Saccha	Qda. La Saccha	DCP11	CP11	777,493	9,224,006
Microcuenca Río San José	Qda. San José	DCPLSJ2	CP5	776,121	9,223,467
	Qda. San José	DCP5			
	Qda. San José	VET-RSJ			
Microcuenca Río Grande	Qda. Ornamo/ Río Grande	DCP3	CP3	772,108	9,220,685
	Qda. Encajón	DCP4			
	Qda. Encajón	DCP4 -B			
	Qda. Quishuar	DCP14			
Microcuenca Río Rejo	Qda. Shillamayo	DCP6	CP6	767,524	9,227,116

<sup>1</sup> Reglamento de La ley de Recurso Hídricos Ley N° 29338, Art 58°.

Se consideran como uso de terceros:

- Flujo a ser descargado a través de DCP5 por un flujo máximo de 191,250 m<sup>3</sup>/año para ser utilizado por el canal La Shacsha según su Licencia R.A. N° 003-2009-ANA-ALA-C.
- Descargas en canales de la comunidad, tales como: Encajón Collotán (DCEC-1), Llagamarca (DCLL-1), Quishuar (DCQ-1) y canal Tual (DCTU2B y DCPTULQ). Los flujos descargados corresponden a la Resolución Directoral N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón y se muestran en la Tabla 3.2.3.2-37, *Descarga en Canales*. En dicha tabla se muestran los puntos de descarga que aportan agua a los referidos canales.

**Tabla 3.2.3.2-37 Descarga en Canales**

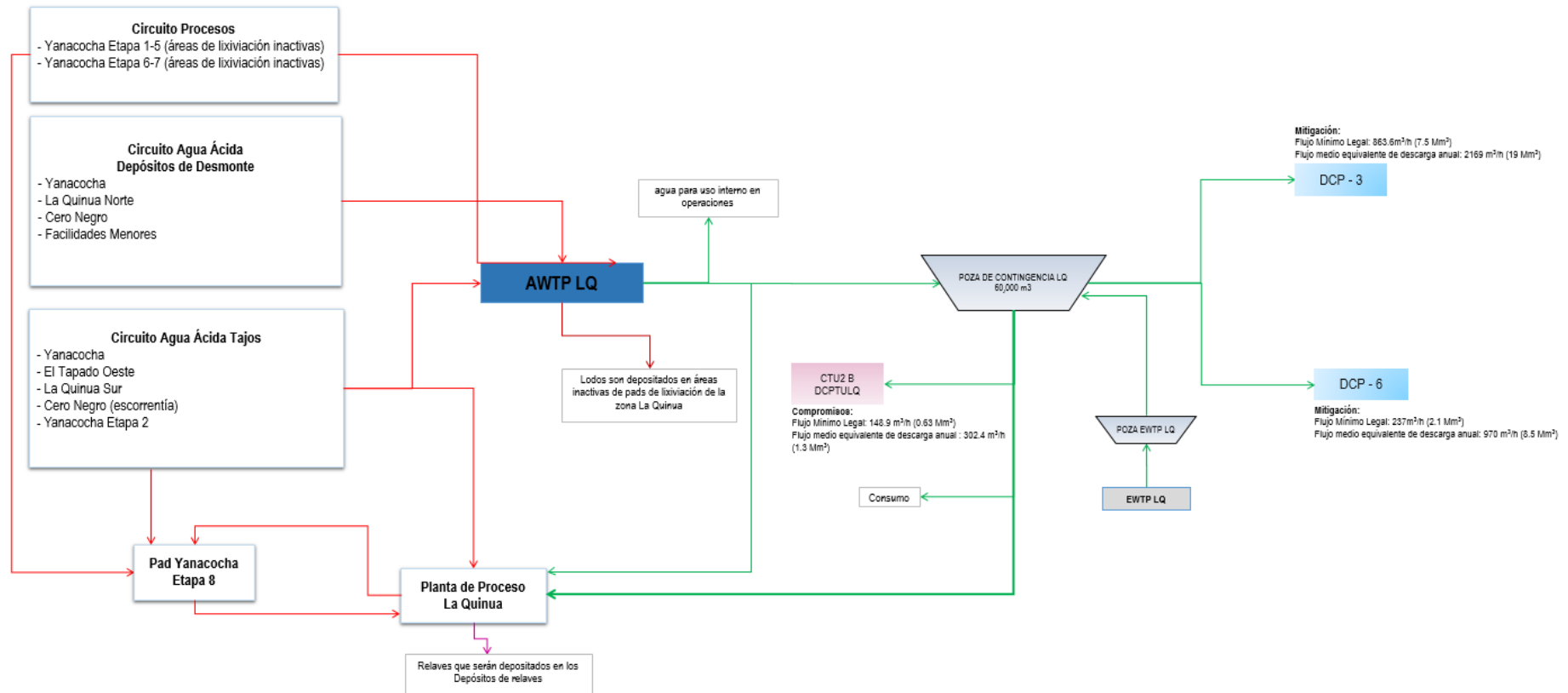
Canales	Fuente	Resolución de Canal	Flujo Promedio (L/s)	Flujo Mínimo de Compromiso (m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	Volumen Máximo a ser Descargado (m <sup>3</sup> / año)
Canal Llagamarca DCCL-1	Reservorio San José	R.A. N° 165-99-CTAR- CAJ/DRA-ATDRC	25	397,440	788,400
Canal Encajón Collotán DCEC-1	Reservorio San José	R.A. N° 001-2009-ANA- ALA-C	42	667,699	946,000
Canal Quishuar DCQ-1	Reservorio San José	R.A. N° 004-2009-ANA- ALA-C	56	890,266	1'357,000
Canal Tual – DCTU2B	AWTP La Quinua	R.A. N° 451-2007-GR- CAJ-DRA-ATDRC	39.6	629,545	1'257,025
Canal Tual – DCPTULQ	AWTP La Quinua	R.A. N° 451-2007-GR- CAJ-DRA-ATDRC	1.76	27,980	79,050
<b>Fuente:</b> Estudio de Impacto Ambiental de Yanacocha. <b>Notas:</b> (1) El valor mostrado equivale al volumen total descargado durante los meses de la época de esticje					

Los canales DCCL-1, DCEC-1 y DCQ-1 reciben un volumen mínimo total de 1'955,405 m<sup>3</sup>, que provienen del reservorio San José, el cual dispone de una capacidad útil de 4'500,000 m<sup>3</sup>. El volumen restante es utilizado para cumplir compromisos de descargas en otros puntos de vertimiento.

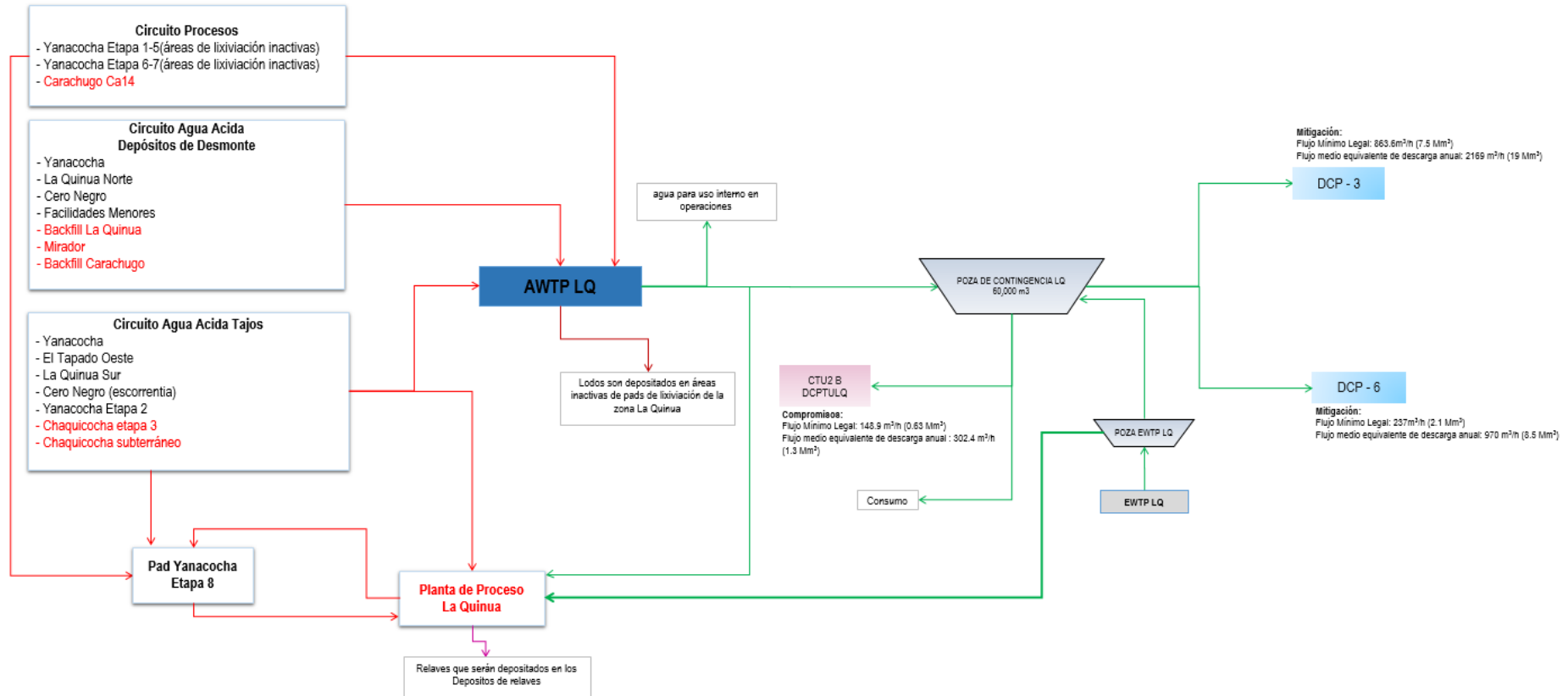
En el caso de los canales DCTU2B y DCPTULQ, éstos reciben un volumen mínimo total de 657,525 m<sup>3</sup>, que proviene de la planta de tratamiento AWTP La Quinua, la cual trata agua de contacto de tres fuentes: áreas de lixiviación inactivas, agua ácida de depósitos de desmonte y flujo de desagüe de tajos. De las tres fuentes de agua, la principal es el flujo de desagüe de tajos, el cual representa un 70% del total de agua tratada en AWTP La Quinua. El agua tratada en AWTP La Quinua descarga en la poza de contingencia La Quinua (capacidad de 60,000 m<sup>3</sup>), la cual es una poza de paso con una capacidad de retención temporal.

En el Esquema 3-1, *Esquema de Sistema de Manejo de Agua AWTP La Quinua – Caso Sin Proyecto* y en el Esquema 3-2, *Esquema de Sistema de Manejo de Agua AWTP La Quinua – Caso Con Proyecto*, se muestra un esquema del sistema de manejo de agua de AWTP LQ, los flujos de ingreso y salida, los volúmenes mínimos y máximos descargados en los canales DCTU2B y DCPTULQ y en los puntos de vertimiento DCP3 y DCP6 (de forma intermitente pues este punto de vertimiento posee otra fuente de agua). Los valores mostrados son volúmenes y promedios anuales, asociados a escenarios hidrológicos promedio, y su finalidad es mostrar que existe disponibilidad de agua en el sector para los canales DCTU2B y DCPTULQ.

Esquema 3-1 Esquema de Sistema de Manejo de Agua AWTP La Quinua – Caso Sin Proyecto



Esquema 3-2 Esquema de Sistema de Manejo de Agua AWTP La Quinua – Caso Con Proyecto



El estudio hidrogeológico evaluó el impacto que producirá la implementación de los componentes del II MEIA en los cuerpos de agua que se encuentran dentro del área de estudio, y estimó que no tienen ningún impacto al final del proyecto. El impacto al **flujo** base fue estimado para la estación seca del último periodo de la operación, que es el periodo más crítico con respecto al descenso del nivel freático (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico). Por lo tanto, las descargas aprobadas se mantienen, es decir no hay incremento en las descargas. El flujo de mitigación al flujo base y los caudales a ser descargados, tal como se muestran en la Tabla 3.2.3.2-38, *Incremento en las Descargas debido a la Mitigación al Flujo Base*.

**Tabla 3.2.3.2-38 Incremento en las descargas debido a la mitigación al flujo base**

Microcuenca de interés	Cuerpo receptor	Código del punto de Descarga	Puntos de Control del Modelo	Flujo Base sin Proyecto (l/s)	Impacto al Flujo Base (L/s) <sup>(1)</sup>		
					Impacto Aprobado	Impacto proyectado II MEIA	Impacto Total (aprobado + II MEIA)
Quebrada Honda	Qda. Pampa Larga	DCP1	CP1	31	25.8	0	25.8
	Qda. Río Colorado/ Qda. Honda	DCP12					
Microcuenca Río Grande	Qda. Ornamo/ Río Grande	DCP3	RG2	14	239.9	0	239.9
	Qda. Encajón	DCP4	QE4	0	47.9	0	47.9
	Qda. Encajón	DCP4 -B			0	0	0
	Qda. Quishuar	DCP14			0	0	0
Microcuenca Río Rejo	Quebrada Huaccha Rum y	DCP6	QHR2	0	0	0	0
	Río Schoclla		QSCLL2	70	16.0	0	16.0
	Qda. Shillamayo	No aplica	QSH2	8	47.9	0	47.9
	Qda aportante a la presa	No aplica	QPCN	7	3.2 <sup>(2)</sup>	0	3.2 <sup>(2)</sup>
Microcuenca Río Azufre	Qda. Ocucho Machay	DCP8	QOM2	0	4.5	0	4.5
	Qda. Arnacocha	DCP9	QARN	16	31.3	0	31.3
	Qda. Chaquicocha	DCP10	QCHCAT	0	76.7	0	76.7
Quebrada La Saccha	Qda. La Saccha	DCP11	RPA1	10	0	0	0
Microcuenca Río San José	Qda. San José	VET-RSJ	RPA5	0	0	0	0
	Qda. San José	DCP5					
	Qda. San José	DCPLSJ2					
Microcuenca Quebrada Chachacoma	Qda. Chachacoma	No aplica	QCHA	1	0	0	0
			QCHA2	3	0	0	0
Flujo total				160.00	493.2	0.0	493.2
Fuente: MEIA YANACocha							
Notas: 1. Estos flujos incluyen: i) los flujos asociados a la mitigación ambiental antes de la II MEIA Yanacocha. ii) los flujos de mitigación ambiental proyectados asociados a la II MEIA Yanacocha. En el caso de los flujos asociados a la mitigación ambiental, éstos se descargarán en la época de estiaje (junio a septiembre). 2. De acuerdo con la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Cerro Negro, 2011 que fue aprobado R.D. N°074-2012-MEM/AAM, el impacto de 1.2 L/s en la quebrada Aportante a la presa fue considerado como "Sin importancia" en la evaluación de impactos. Por lo tanto, este flujo de 1.2 L/s no fue parte de los compromisos de descarga para mitigación del flujo base, por ser un impacto muy local y que será mitigado mediante el sistema de manejo de agua integrado.							

Además del flujo de mitigación al flujo base, Yanacocha posee compromisos de descarga en los puntos de vertimiento de la red de monitoreo que fueron aprobados en IGA's anteriores, estos flujos de compromiso social se mantienen y no deberían verse afectados por la implementación de los componentes de la II MEIA. La Tabla 3.2.3.2-39, *Flujo Mínimo de Mitigación al Flujo Base*, resume los valores de los flujos de mitigación aprobados, proyectados, total (aprobado + proyectado), flujos de compromiso social, flujos en canales y los volúmenes anuales autorizados de descargas.

Para determinar el flujo de descarga en los puntos DCP's se considera que en las microcuencas donde se tengan que descargar agua para cumplir con la mitigación al flujo base y compromiso social, se descargará sólo el flujo de mayor valor; por ejemplo, en el DCP8 la descarga por mitigación al flujo base Con Proyecto es 4.5 L/s (ver Tabla 3.2.3.2-39 - columna 10), mientras que el flujo de compromiso social es 35 L/s (ver Tabla 3.2.3.2-39 - columna 11), entonces el flujo descargado será 35 L/s; a este valor descargado se le ha denominado "flujo mínimo legal" y se muestra en la columna 13. Bajo estas consideraciones, el flujo total descargado sin incluir canales es 552.73 L/s en todos los puntos de descarga DCP's; y considerando el flujo descargado en los canales con compromiso (164.36 L/s), el flujo total descargado es 717.09 L/s.

La Tabla 3.2.3.2-39, también muestra (en la columna 14), el volumen de descarga anual autorizada y su caudal medio anual equivalente asociado (ver columna 15). Los volúmenes de descarga anual autorizada fueron aprobados mediante las resoluciones indicadas en la columna 16 de la Tabla 3.2.3.2-39 se puede apreciar que, a pesar del incremento en las descargas de las microcuencas mencionadas (debido a la mitigación al flujo base), los nuevos volúmenes descargados, que se muestran en la columna 13 de la Tabla 3.2.3.2-39, no exceden los volúmenes de descarga anual autorizados en las resoluciones mencionadas. Todas las resoluciones de autorización de vertimientos cuentan con su respectivo estudio de evaluación ambiental del efecto del vertimiento del cuerpo receptor, en el cual se muestra el cálculo de la carga y dilución en el cuerpo receptor, la extensión de la zona de mezcla y los puntos de control en el cuerpo receptor.

Finalmente, es importante mencionar que el flujo que se descarga en los puntos de vertimiento es agua tratada que cumple con los límites máximos permisibles de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas (LMP's) que exige la autoridad según D.S N° 010-2010-MINAM.

Tabla 3.2.3.2-39 Flujo Mínimo de Mitigación al Flujo Base

Punto descarga	Coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S)		Ubicación Hidrográfica			Flujo base Sin proyecto (L/s)	Flujo (L/s) <sup>(1)</sup>			Compromiso social APROBADO <sup>(2)</sup> (L/s)	Compromiso social con Canales <sup>(7)</sup> (L/s)	Flujo mínimo legal (L/s)	Volumen de descarga anual autorizada <sup>(3)</sup> (m3)	Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada (L/s)	Resoluciones de aprobación de vertimientos <sup>(3)</sup>
	Este (m)	Norte (m)	Sub Cuenca	Microcuenca	Quebrada		Impacto Aprobado	Impacto proyectado II MEIA	Impacto Total (aprobado + II MEIA)						
DCP 1	776,341	9229618	Quebrada Honda	Quebrada Honda	Pampa Larga	31.00	4.64	0.00	4.64	0.00	0.00	4.64	2,000,000	63.42	RD 196-2017-ANA-DGCRH
DCP 12	778,361	9230836	Quebrada Honda	Quebrada Honda	Río Colorado		21.16	0.00	21.16	0.00	0.00	21.16	1,000,000	31.71	RD 171-2017-ANA-DGCRH
DCP 3	771,301	9223059	Río Grande	Río Grande	Callejón	14.00	239.90	0.00	239.90	0.00	0.00	239.90	19,000,000	602.49	RD 196-2017-ANA-DGCRH
DCP 4	774,442	9225092	Río Grande	Río Grande	Encajón	0.00	23.95	0.00	23.95	0.00	0.00	23.95 <sup>(6)</sup>	1,000,000	31.71	RD N 089-2017-ANA-DGCRH
DCP 4B	774,141	9225005	Río Grande	Río Grande	Encajón		23.95	0.00	23.95	0.00	0.00	23.95 <sup>(6)</sup>	3,000,000	95.13	RD N 089-2017-ANA-DGCRH
DCP14	775,155	9223800	Río Grande	Río Grande	Quishuar - Corral		0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	8.00	500,000	15.85	RD 098-2017-ANA-DGCRH
DCP 6	768,875	9227178	Río Rejo	Río Shoclla	Shoclla	70.00	16.00	0.00	16.00	0.00	0.00	65.90	8,500,000	269.53	RD 196-2017-ANA-DGCRH
No hay punto de descarga			Río Rejo	Río Shoclla	Shillamayo <sup>(9)</sup>	8.00	47.90	0.00	47.90	0.00	0.00	0.00	0	0.00	--
No hay punto de descarga			Río Rejo	Río Shoclla	Aportante a la presa <sup>(9)</sup>	7.00	3.20 <sup>(10)</sup>	0.00	3.20 <sup>(10)</sup>	0.00	0.00	0.00	0	0.00	--
DCP 8	779385	9227117	Río Azufre	Río Azufre	Ocucho Machay	0.00	4.50	0.00	4.50	35.00 <sup>(4)</sup>	0.00	35.00 <sup>(4)</sup>	3,500,000	110.98	RD 171-2017-ANA-DGCRH
DCP 9	780498	9227803	Río Azufre	Río Azufre	Pachanes / Arnacocha	16.00	31.30	0.00	31.30	0.00	0.00	31.30	2,000,000	63.42	RD 171-2017-ANA-DGCRH
DCP 10	778768	9225435	Río Azufre	Río Azufre	Chaquicocha	0.00	76.70	0.00	76.70	0.00	0.00	76.70	9,000,000	285.39	RD 171-2017-ANA-DGCRH
DCP 11	777409	9224724	Río Quinuario	Quebrada La Saccha	La Saccha	10.00	0.00	0.00	0.00	7.00 <sup>(8)</sup>	0.00	7.00	500,000	15.85	RD 171-2017-ANA-DGCRH
VET RSJ	776086	9224319	Río Quinuario	Río San José	San José	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,000,000	317.10	RD 171-2017-ANA-DGCRH
DCP 5	775976	9224014	Río Quinuario	Río San José	San José		0.00	0.00	0.00	15.23 <sup>(5)</sup>	0.00	15.23 <sup>(5)</sup>	1,500,000	47.56	RD 196-2017-ANA-DGCRH
DCPLSJ2	776332	9224922	Río Quinuario	Río San José	San José		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,000,000	31.71	RD 196-2017-ANA-DGCRH
No hay punto de descarga			Río Rejo	Quebrada Chachacoma	Chachacoma	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	--
No hay punto de descarga			Río Rejo	Quebrada Chachacoma	Chachacoma	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	--
DCLL1	774021	9224868	Canal Llagamarca			NA	NA	NA	NA	NA	25.00 <sup>(7)</sup>	25.00 <sup>(7)</sup>	788,400	49.59	R.A. N° 165-99-CTAR-



Punto descarga	Coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S)		Ubicación Hidrográfica			Flujo base Sin proyecto (L/s)	Flujo (L/s) <sup>(1)</sup>			Compromiso social APROBADO <sup>(2)</sup> (L/s)	Compromiso social con Canales <sup>(7)</sup> (L/s)	Flujo mínimo legal (L/s)	Volumen de descarga anual autorizada <sup>(3)</sup> (m3)	Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada (L/s)	Resoluciones de aprobación de vertimientos <sup>(3)</sup>
	Este (m)	Norte (m)	Sub Cuenca	Microcuenca	Quebrada		Impacto Aprobado	Impacto proyectado II MEIA	Impacto Total (aprobado + II MEIA)						
															CAJ/DRA- ATDRC
DCEC1	772592	9224492	Canal Encajón – Collotán			NA	NA	NA	NA	NA	42.00 <sup>(7)</sup>	42.00 <sup>(7)</sup>	946,000	59.51	R.A. N° 001- 2009-ANA- ALA-C
DCQ1	772414	9224336	Canal Quishuar			NA	NA	NA	NA	NA	56.00 <sup>(7)</sup>	56.00 <sup>(7)</sup>	1,357,000	85.36	R.A. N° 004- 2009-ANA- ALA-C
DCTU2B	770636	9226254	Canal Tual			NA	NA	NA	NA	NA	39.60 <sup>(7)</sup>	39.60 <sup>(7)</sup>	1,257,025	79.07	R.A. N° 451- 2007-GR- CAJ- DRA-ATDRC
DCPTULQ	771273	9226958	Canal Tual			NA	NA	NA	NA	NA	1.76 <sup>(7)</sup>	1.76 <sup>(7)</sup>	79,050	4.97	R.A. N° 451- 2007-GR- CAJ- DRA-ATDRC
Flujo total						160.00	493.2	0.00	493.2	65.23	164.36	717.09	66,927,47 5	2,260.36	--
Fuente: MEIA YANACocha. Notas: 1. Estos flujos incluyen: i) los flujos asociados a la mitigación ambiental antes de la II MEIA Yanacocha. ii) los flujos de mitigación ambiental proyectados asociados a la II MEIA Yanacocha. En el caso de los flujos asociados a la mitigación ambiental, éstos se descargarán en la época de estiaje (junio a septiembre). 2. Estos flujos no forman parte de una mitigación ambiental sino corresponden a acuerdos de MYSRL con actores de las subcuencas. 3. Los flujos máximos de descarga están de acuerdo al permiso de autorización de vertimiento de aguas residuales industriales. 4. Flujo a ser descargado como mitigación por el drenaje de la laguna Pato y Corazón. Incluye los 4,5 L/s de mitigación al flujo base. 5. Flujo a ser descargado a través de DCP5 por un flujo máximo de 191 250 m³/año para ser utilizado por el canal La Shacha según su Licencia R.A. N° 003-2009-ANA-ALA-C. 6. El DCP4 fue dividido debido a temas sociales notificados a la autoridad del agua y OEFA; por lo que este flujo total (47,9) se divide en 2 flujos iguales a ser descargados en el DCP4 y DCP4B. 7. Flujo acordado con canales comunales a ser descargados en época de estiaje. 8. Se considera como descarga operativa, no corresponde a ningún compromiso de Yanacocha. 9. El impacto en esta quebrada se mitiga con las descargas que se realizan en el punto de descarga DCP 6. 10. De acuerdo a la Segunda Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Proyeto Cerro Negro, 2011 que fue aprobado R.D. N°074-2012-MEM/AAM, el impacto de 1,2 L/s en la quebrada Aportante a la presa fue considerado de "Sin importancia" en la evaluación de impactos. Por lo tanto, este flujo no fue parte de los compromisos de descarga para mitigación del flujo base, por ser un impacto muy local y que será mitigado mediante el sistema de manejo de agua integrado.															

### Demanda de Otros Usuarios

Además, del uso de terceros que se muestra en la Tabla 3.2.3.2-37 Descarga en Canales, se considera como parte de las demandas de las microcuencas en estudio, la demanda de otros usuarios con los cuales Yanacocha no tiene compromisos sociales pero que se encuentran dentro del límite de estudio y que disponen de una resolución de uso de agua.

La Tabla 3.2.3.2-40 Resoluciones de agua de otros usuarios, muestra las resoluciones de uso de agua de otros usuarios identificados en cada microcuenca.

**Tabla 3.2.3.2-40 Resoluciones de Uso de Agua de Otros Usuarios**

Ubicación	Nombre del Canal	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)	Resolución
Microcuenca Quebrada Honda	San Martín Tupac Amaru (Tual)	776,432	9,231,331	3799	R.D N° 1231-2018-ANA-AAA.M
	Canal de Jaime Huayhua (Alberto Huayhua)	778,278	9,230,986	3981	R.D.N 358-2013-ANA-AAA.M
	Canal de Teresa Huayhua (Cruzado Llanos)	777,738	9,230,090	3930	R.D.N 263-2013-ANA-AAA.M
	Canal de Rodolfo Huayhua	777,928	9,230,347	3930	(Ver nota 1)
Microcuenca Río Azufre	Quihuila Quecher Pabellón	781,148	9,229,166	3931	R.A N° 061-2000/CTAR
	Azufre Quecher Bellavista Alta	781,433	9,227,501	3812	R.A N°688-2009-ANA-ALA-CAJ
	La Totora	779,872	9,226,386	3836	R.A.N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC <sup>(2)</sup>
	Ocón 2	779,492	9,225,610	3838	R.D.N° 851-2018-ANA-AAA.M
	Ocón 3 <sup>(3)</sup>	779,716	9,225,254	3750	R.D N° 1050-2018-ANA-AAA.M
	Canal Azufre Ojo de agua	780,731	9,228,300	3826	R.A N.539-2004-GR-CAJ/DRA-ATDRC <sup>(2)</sup>
	Azufre Atunconga	780,765	9,224,462	3625	N°1055-2017-ANA-AAA.M
	EL Porvenir Combemayo (Uso poblacional) <sup>(3)</sup>	781,640	9,225,668	3800	R.D.N303-2014-ANA.AAA_VI.M <sup>(2)</sup>
Microcuenca Qda.	Toma El Cince	778,360	9,223,397	3794	R.A N°446-778-2016-ANA-AAA.M <sup>(2)</sup>
	Tres Tingos	779,456	9,222,468	3618	R.D.N.985-2013-ANA-AAA.M
Microcuenca Río San José	La Shacsha	776,415	9,222,789	3782	RD 811-2014-ANA-AAA-M
	Tomacucho	777,136	9,222,303	3698	R.A N° 065-2003-RECAJIDRA-ATDRC
	Shacsha Uñigan	777,808	9,221,841	3606	RA N°071-2003-RECAJIDRA-ATDRC
	Quinoa Totora	778,647	9,220,269	3447	R.D.N.985-2013-ANA-AAA.M
Microcuenca Río Grande	Llagamarca	774,239	9,225,005	3780	R.A. N° 165-99-CTAR- CAJ/DRA-ATDRC
	Encajón Collotan	772,595	9,224,491	3646	R.A. N° 001-2009-ANA- ALA-C
	Quishuar Corral	772,419	9,224,329	3612	R.A. N° 004-2009-ANA- ALA-C
	Quishuar Corral (Uso poblacional) <sup>(3)</sup>	774,112	9,224,326	-	R.A.N008-2007-GR.CAJDRA-ATDRC.JASS <sup>(2)</sup>
	José Salvador Coremayo	769,586	9,223,711	3434	R.A.N°19-93-REMON.DSR-IV-AC-C
	Canal San Jose	775,009	9,223,241	3784	R.D.N025-2012-ANA-AAA-VI M
	Canal San Jose (Uso poblacional)	773,514	9,222,906	3968	RD N° 703 -2016-ANA-AAA.M <sup>(2)</sup>
	Canal Palo Blanco	772,096	9,223,340	3492	RD N°2234-2016-ANA-AAA.M
	Arcuyoc El Potrero	768,201	9,222,732	3602	R.A.N°319-2005-GR-CAJ/DRA-ATDRC <sup>(2)</sup>
	Callaquero <sup>(3)</sup>	773,652	9,223,750	3705	R.A.N 563-2010-ANA-ALA-CAJAMARCA <sup>(2)</sup>
	Uñigan Tornuyoc	784,042	9,224,198	3437	(Ver nota 1)
	La Ramada	766,855	9,225,122	3637	(Ver nota 1)
Microcuenca Río Shoclla	Canal de Regadío S/N 2	769,996	9,231,525	3596	(Ver nota 1)
	La Ramada	766,855	9,225,122	3637	(Ver nota 1)
	Canal el Cardon	-	-	-	(Ver nota 1)

Ubicación	Nombre del Canal	Este (m)	Norte (m)	Altitud (m.s.n.m)	Resolución
<b>Notas:</b> 1. Se tiene conocimiento de canales que no tienen resolución de uso de agua y no se conoce su consumo. No se ha considerado en la demanda de otros usuarios. 2. Flujos derivados de la captación de manantiales. 3. Coordenadas referenciales, pertenecientes a un punto de captación declarado en la resolución.					

En la Tabla 3.2.3.2-41, *Demanda de Otros Usuarios (m³)*, se observa que la máxima demanda por otros usuarios se encuentra en la microcuenca río Azufre. Cabe destacar, que no se han identificado demandas correspondientes de otros usuarios en las microcuencas de Shoclla, Quebrada Chachacoma, SN1 e Intercuenca SN2.

**Tabla 3.2.3.2-41 Demanda de Otros Usuarios (m³)**

Mes	Quebrada Honda	Río Azufre	Quebrada La Saccha	Río San José	Río Grande	Río Shoclla	Quebrada SN1	Quebrada Chachacoma	Intercuenca SN2
Enero	0	118,762	54,907	93,262	40,176	0	0	0	0
Febrero	0	96,984	49,594	84,237	31,905	0	0	0	0
Marzo	0	104,697	54,907	93,262	32,141	0	0	0	0
Abril	0	101,520	53,136	114,178	31,104	0	0	0	0
Mayo	205,969	243,301	54,907	141,446	56,085	0	0	0	0
Junio	199,325	565,193	53,136	136,884	54,276	0	0	0	0
Julio	205,969	585,537	54,907	141,446	50,434	0	0	0	0
Agosto	205,969	593,558	54,907	141,446	56,085	0	0	0	0
Setiembre	199,325	566,372	53,136	136,884	54,276	0	0	0	0
Octubre	205,969	279,962	54,907	141,446	40,176	0	0	0	0
Noviembre	0	296,873	53,136	114,178	38,880	0	0	0	0
Diciembre	0	113,095	54,907	93,262	40,176	0	0	0	0

#### **Demanda de Uso Minero**

Los consumos de agua del complejo minero Yanacocha, tales como: controles ambientales (operación y cierre), consumo agua para construcción y agua de procesos (incluye consumo planta de cal). En la Tabla 3.2.3.2-42, *Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso sin Proyecto*, se muestra la demanda mensual del complejo minero Yanacocha para el Caso Sin Proyecto y en la Tabla 3.2.3.2-43, *Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso con Proyecto*, la demanda mensual para el caso Con Proyecto.

**Tabla 3.2.3.2-42 Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso Sin Proyecto (m³)**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Enero	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Febrero	92,893	102,092	339,701	74,568	61,438	479,980
Marzo	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Abril	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Mayo	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Junio	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Julio	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Agosto	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Setiembre	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Octubre	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Noviembre	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Diciembre	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212

**Tabla 3.2.3.2-43 Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha -Caso con Proyecto (m<sup>3</sup>)**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Enero	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Febrero	111,251	20,647	361,172	53,591	29,578	530,088
Marzo	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Abril	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Mayo	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Junio	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Julio	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Agosto	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Setiembre	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Octubre	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Noviembre	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Diciembre	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341

**Demanda de Agua Caso Sin Proyecto:**

**Tabla 3.2.3.2-44 Demandas de agua por consumo minero Yanacocha – Caso sin Proyecto (Hm<sup>3</sup>)**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Enero	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Febrero	0.09	0.10	0.34	0.07	0.06	0.48
Marzo	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Abril	0.10	0.11	0.36	0.08	0.07	0.51
Mayo	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Junio	0.10	0.11	0.36	0.08	0.07	0.51
Julio	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Agosto	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Setiembre	0.10	0.11	0.36	0.08	0.07	0.51
Octubre	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53
Noviembre	0.10	0.11	0.36	0.08	0.07	0.51
Diciembre	0.10	0.11	0.37	0.08	0.07	0.53

***Demanda de Agua Caso Con Proyecto:*****Tabla 3.2.3.2-45 Demandas de agua por consumo minero Yanacocha – Caso con Proyecto (Hm<sup>3</sup>)**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Enero	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Febrero	0.11	0.02	0.36	0.05	0.03	0.53
Marzo	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Abril	0.12	0.02	0.38	0.06	0.03	0.56
Mayo	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Junio	0.12	0.02	0.38	0.06	0.03	0.56
Julio	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Agosto	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Setiembre	0.12	0.02	0.38	0.06	0.03	0.56
Octubre	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58
Noviembre	0.12	0.02	0.38	0.06	0.03	0.56
Diciembre	0.12	0.02	0.39	0.06	0.03	0.58

***Consumo de Agua Caso Sin Proyecto***

Los consumos internos para el caso sin proyecto se refieren a las demandas o consumo de agua en todo el complejo de Yanacocha. Se consideran los siguientes consumos: agua para controles ambientales en condiciones de operación y cierre de algunos componentes, agua para la construcción de los componentes del caso Sin Proyecto y agua para procesos. En la siguiente Tabla 3.2.3.2-46, *Demandas Mensuales por Consumo - Complejo Minero Yanacocha - Caso sin Proyecto (m<sup>3</sup>)*, se muestra la demanda mensual para el caso Sin Proyecto en los dos periodos que se han descrito.

**Tabla 3.2.3.2-46 Demandas Mensuales por Consumo en el Complejo Minero Yanacocha-Caso Sin Proyecto (m<sup>3</sup>)**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos	Agua para controles ambientales	Agua para construcción	Agua para procesos
Enero	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Febrero	92,893	102,092	339,701	74,568	61,438	479,980
Marzo	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Abril	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Mayo	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Junio	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Julio	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Agosto	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Setiembre	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Octubre	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212
Noviembre	97,916	108,378	358,593	79,142	65,239	510,205
Diciembre	101,180	111,990	370,546	81,780	67,413	527,212

Gráfico 3.2.3-21 Esquema de Balance Hídrico – Caso Sin Proyecto

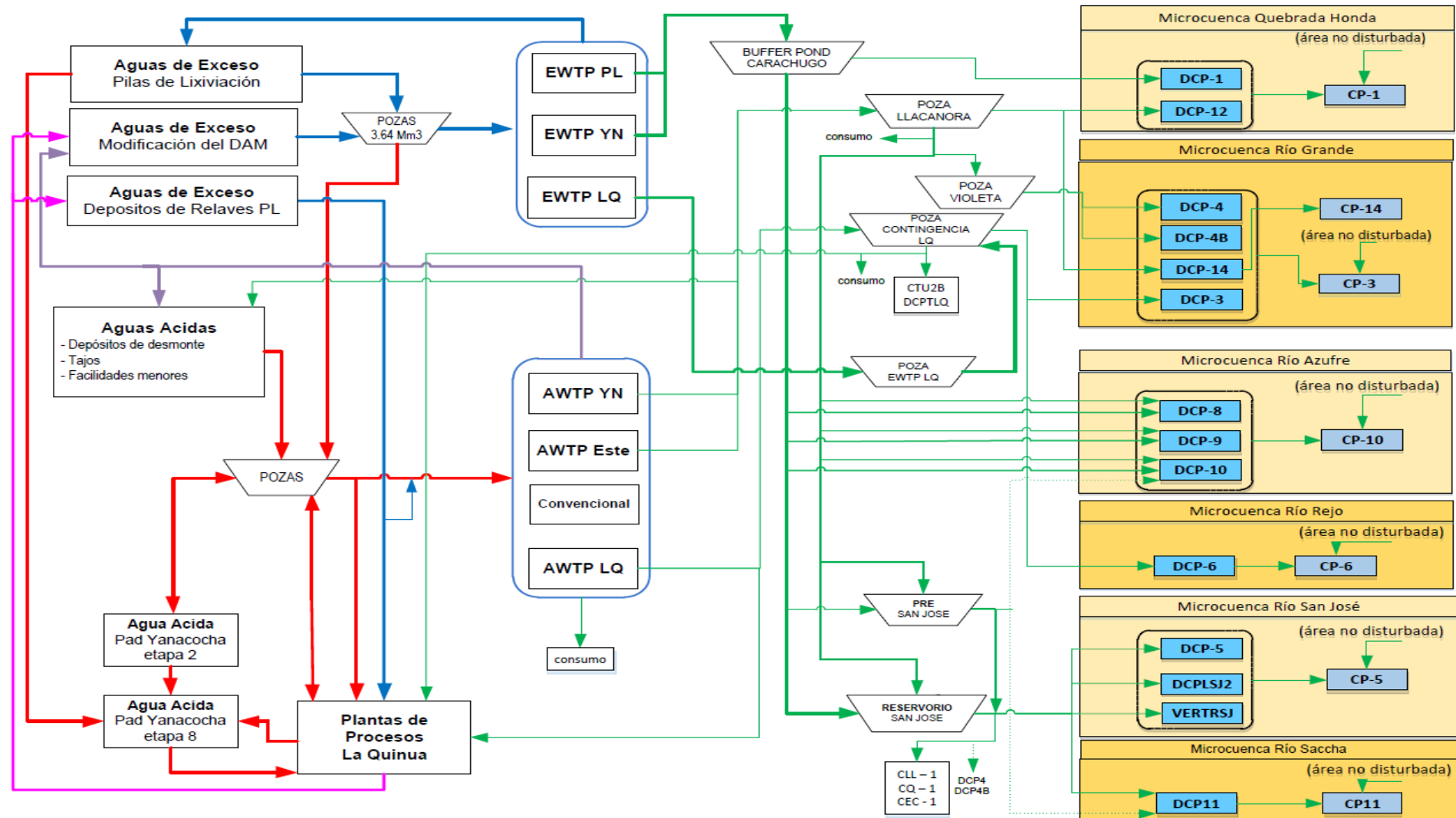
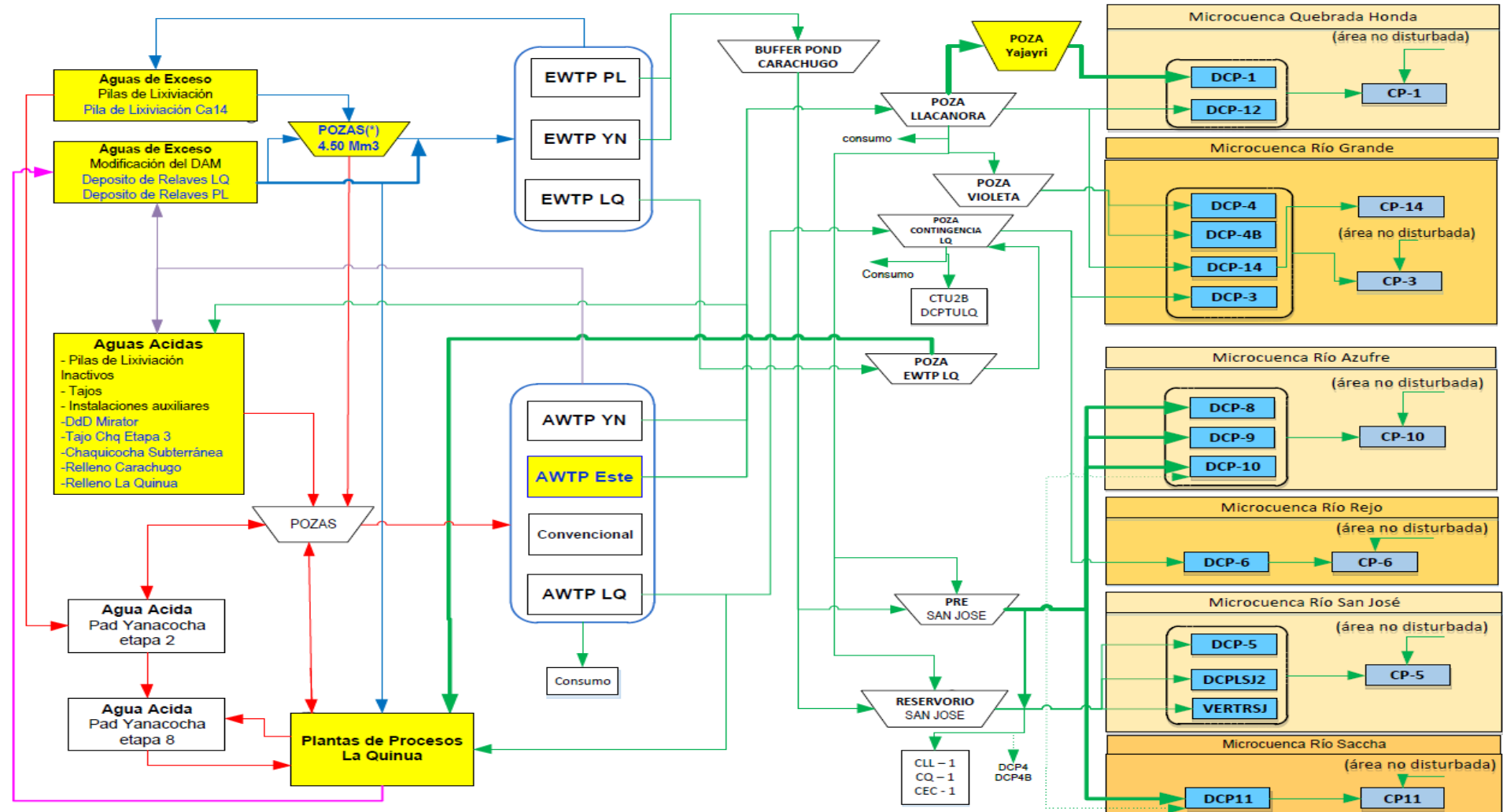


Gráfico 3.2.3-22 Esquema de Balance Hídrico - Caso Con Proyecto





## Caudal Ecológico

### Normativa Aplicable

De acuerdo con la normativa vigente, el caudal ecológico debe estimarse según los lineamientos de la R.J. N° 154-2016-ANA, donde se aprueba la "Metodología para Determinar Caudales Ecológicos". En esta norma se establece el denominado "caudal ecológico referencial", el cual es equivalente al caudal mensual al 95% de persistencia en el tramo de interés de la fuente natural de agua (Art N° 6). Asimismo, en el artículo N° 7 se menciona que "los titulares de proyectos de inversión que soliciten la aprobación de caudales ecológicos deberán presentar optativamente:

- Un estudio que determine el caudal ecológico referencial conforme a la regla establecida en el artículo 6° o,
- Un estudio específico de caudal ecológico que determine valores distintos al caudal ecológico referencial.

En el inciso 7.2 (b) de la R.J. N° 154-2016-ANA se especifica que los Proyectos con Estudio de Impacto Ambiental Detallado (como el presente) o Semi-Detallado deben determinar el caudal ecológico aplicando el método de Simulación de Hábitat u Holístico. En el Anexo 3 de dicha norma de establecen "lineamientos" para determinar el Caudal Ecológico Específico para Proyectos con Estudio de Impacto Ambiental Detallado o Semi-Detallado. Este anexo señala también que en cuerpos de agua alterados pueden usarse metodologías más simplificadas que las de simulación de hábitat.

Adicionalmente, cabe precisar que para la estimación del caudal ecológico de la presente II MEIA se aplicó los lineamientos descritos en la R.J. N° 154-2016-ANA, considerando que el inicio del procedimiento administrativo para la "II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de la Unidad Minera Yanacocha" inició el 12 de abril de 2019, fecha anterior a la aprobación de la R.J. N° 267-2019-ANA (05 de diciembre de 2019), norma actual donde se aprueban los nuevos lineamientos para determinar caudales ecológicos.

### Metodologías de Caudal Ecológico

En base a los requerimientos de la R.J. N° 154-2016-ANA, como parte de la II MEIA se ha optado por desarrollar tres metodologías:

1. Método estadístico, para una persistencia del 95% (caudal ecológico referencial)
2. Método hidrológico, usando el método de Tennant modificado que considera el régimen hidrológico del curso de agua y curvas de calidad de hábitat para las especies; y
3. Método de simulación de hábitat, usando la metodología IFIM y el software PHABSIM (Physical Habitat Simulation System).

### Resultados de Caudal Ecológico

En la Tabla 3.2.3.2-47, *Caudal Ecológico Medio Anual*, se muestran los caudales medios anuales obtenidos mediante los tres métodos mencionados:

**Tabla 3.2.3.2-47 Caudal Ecológico Medio Anual**

Microcuenca	Q 95 (m³/s)	Q Tennant (m³/s)	Q Phabsim (m³/s)
Quebrada Honda	0.225	0.344	--
Río Azufre	0.204	0.324	0.80
Quebrada La Saccha	0.029	0.061	0.08
Río San José	0.061	0.129	0.15
Río Grande	0.313	0.398	0.50
Río Shoclla	0.239	0.358	0.50
Qda Chachacoma	0.031	0.046	0.10

Microcuenca	Q 95 (m <sup>3</sup> /s)	Q Tennant (m <sup>3</sup> /s)	Q Phabsim (m <sup>3</sup> /s)
Quebrada SN1	0.015	0.021	--

De la Tabla 3.2.3.2-47, *Caudal Ecológico Medio Anual*, se observa que los caudales ecológicos obtenidos mediante el modelo de simulación de hábitat (PHABSIM), sobreestiman el caudal ecológico medio anual de los otros dos métodos. Esto se explica en que las curvas de preferencia, consideradas como dato de ingreso del PHABSIM, indican que a mayor cantidad de agua (caudal) en el tramo de estudio los microorganismos presentes se incrementan. Sin embargo, en las microcuencas de estudio el incremento poblacional de los microorganismos se ve condicionado por el régimen hidrológico de los cursos de agua; además, de acuerdo con información de línea base realizados en estudios anteriores, las especies se han adaptado a las variaciones del régimen hídrico en condiciones actuales (poca disponibilidad de agua y hábitat, sobre todo en época seca). Por lo tanto, debe considerarse que los métodos estadísticos e hidrológicos son más apropiados para los tramos en estudio (microcuencas), debido a que éstos consideran las variaciones estacionales del cuerpo de agua, ya que se obtienen como resultados de una serie de caudales simulados con un periodo cercano a 20 años.

En la Tabla 3.2.3.2-48, *Caudal Ecológico Método Estadístico (95% persistencia)* y Tabla 3.2.3.2-49, *Caudal ecológico – Método Hidrológico (Tennant modificado)*. Se muestran los caudales ecológicos mensuales obtenidos mediante los métodos estadístico e hidrológico, respectivamente.

**Tabla 3.2.3.2-48 Caudal Ecológico - Método Estadístico (95% persistencia)**

Microcuenca	Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.225	0.385	0.599	0.494	0.257	0.265	0.128	0.071	0.040	0.042	0.117	0.129	0.167
Río Azufre	0.204	0.308	0.554	0.425	0.218	0.196	0.121	0.086	0.062	0.062	0.143	0.117	0.153
Quebrada La Saccha	0.029	0.048	0.106	0.083	0.034	0.013	0.005	0.002	0.001	0.001	0.021	0.016	0.015
Río San José	0.061	0.099	0.222	0.173	0.072	0.029	0.012	0.005	0.002	0.001	0.042	0.035	0.032
Río Grande	0.313	0.290	0.643	0.562	0.586	0.455	0.222	0.090	0.042	0.030	0.220	0.240	0.373
Río Shoclla	0.232	0.216	0.482	0.448	0.401	0.283	0.125	0.062	0.040	0.034	0.244	0.207	0.246
Qda Chachacoma	0.031	0.027	0.067	0.061	0.057	0.038	0.016	0.008	0.005	0.004	0.030	0.027	0.032
Quebrada SN1	0.015	0.013	0.032	0.029	0.028	0.018	0.008	0.004	0.003	0.002	0.014	0.013	0.015

**Tabla 3.2.3.2-49 Caudal ecológico – Método Hidrológico (Tennant modificado)**

Microcuenca	Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.344	0.427	0.585	0.727	0.420	0.265	0.202	0.104	0.065	0.150	0.287	0.420	0.472
Río Azufre	0.324	0.394	0.551	0.689	0.386	0.193	0.181	0.114	0.084	0.179	0.288	0.393	0.440
Quebrada La Saccha	0.061	0.080	0.106	0.138	0.073	0.032	0.018	0.007	0.005	0.034	0.064	0.084	0.091
Río San José	0.129	0.169	0.224	0.292	0.154	0.068	0.039	0.016	0.010	0.071	0.135	0.177	0.193
Río Grande	0.398	0.449	0.642	0.788	0.584	0.454	0.322	0.152	0.076	0.187	0.335	0.382	0.400
Río Shoclla	0.358	0.453	0.482	0.836	0.483	0.281	0.213	0.105	0.062	0.216	0.386	0.393	0.391
Qda Chachacoma	0.046	0.057	0.067	0.105	0.062	0.037	0.028	0.013	0.008	0.027	0.047	0.050	0.051
Quebrada SN1	0.021	0.026	0.032	0.048	0.029	0.018	0.013	0.006	0.004	0.012	0.021	0.023	0.023

De las Tablas 3.2.3.2-48 y 3.2.3.3-49, se observa que la variación del caudal ecológico, estimado para un 95% de persistencia y el obtenido mediante el método de Tennant modificado, guardan una correspondencia con el régimen hidrológico de la zona de estudio (época seca y época húmeda). El caudal más bajo se presenta en el mes de agosto para todas las microcuencas.

Por otro lado, los caudales obtenidos por la metodología del modelamiento de Hábitat con PHABSIM son los más altos entre los métodos evaluados; pero al contrastarlos con la información obtenida en los trabajos de campo, se observa que las especies acuáticas (bentos) se han adaptado a la variación estacional y condiciones hidrológicas de los cuerpos de agua (época húmeda y época seca); así como a las condiciones naturales de calidad del agua (pH ácido y altas concentraciones de algunos metales) en las parte altas de las microcuencas. Por lo tanto, los resultados obtenidos por esta metodología no son representativos para los cuerpos de agua analizados.

Dado que el caudal ecológico determinado con el método estadístico es el que mejor representa el régimen hídrico, se considera usar estos resultados como caudal ecológico de la presente II MEIA. Por último, se considera que el caudal ecológico debe ser como mínimo el flujo base, el cual fue determinado en el estudio hidrogeológico de la presente modificatoria. En la Tabla 3.2.3.2-50, *Caudal Ecológico en Microcuencas de Estudio (m³/s)* se muestra el caudal ecológico para cada una de las microcuencas de estudio.

**Tabla 3.2.3.2-50 Caudal Ecológico en Microcuencas de Estudio (m³/s)**

Microcuenca	Anual	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Quebrada Honda	0.225	0.385	0.599	0.494	0.257	0.265	0.128	0.071	0.040	0.042	0.117	0.129	0.167
Río Azufre	0.204	0.308	0.554	0.425	0.218	0.196	0.121	0.086	0.062	0.062	0.143	0.117	0.153
Quebrada La Saccha	0.029	0.048	0.106	0.083	0.034	0.013	0.005	0.002	0.001	0.001	0.021	0.016	0.015
Río San José	0.061	0.099	0.222	0.173	0.072	0.029	0.012	0.005	0.002	0.001	0.042	0.035	0.032
Río Grande	0.313	0.290	0.643	0.562	0.586	0.455	0.222	0.090	0.042	0.030	0.220	0.240	0.373
Río Shoclla	0.239	0.216	0.482	0.448	0.401	0.283	0.125	0.070	0.070	0.070	0.244	0.207	0.246
Qda Chachacoma	0.031	0.027	0.067	0.061	0.057	0.038	0.016	0.008	0.005	0.004	0.030	0.027	0.032
Quebrada SN1	0.015	0.013	0.032	0.029	0.028	0.018	0.008	0.004	0.003	0.002	0.014	0.013	0.015

El detalle completo del estudio de caudal ecológico para la II MEIA Yanacocha realizado por WSP (2019), incluyendo las fuentes de información utilizadas (V SYE, I MEIA y Estudio Hidrológico), la descripción de las metodologías y los resultados obtenidos para cada una de las microcuencas dentro del área de estudio se muestra en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.3 Estudios de Caudal Ecológico*. De igual forma, el detalle del estudio de caudal ecológico que fue realizado como parte de la I MEIA (Stantec, 2018), el cual incluye la metodología aplicada y los resultados obtenidos es mostrado también en dicho Anexo F.3.

### 3.2.3.2.5 Balance Hídrico

El balance hídrico tiene como objetivo establecer la disponibilidad hídrica final en las microcuencas en evaluación a partir de la oferta y demanda hídrica evaluada. Las operaciones de Minera Yanacocha se abastecen de agua a partir de la precipitación que cae sobre sus instalaciones (áreas disturbadas) y descargan agua tratada a las cuencas no disturbadas. En el modelo de balance de agua se ha incluido tanto las cuencas disturbadas como las no disturbadas.

A nivel de las cuencas disturbadas, se ha considerado los resultados del modelo de balance de agua obtenidos a partir del modelo GoldSim, donde las instalaciones han sido modeladas de forma integrada y dinámica.

- Integrada se refiere a que todos los elementos del balance interaccionan entre sí siguiendo las reglas operacionales que Minera Yanacocha ha implementado a lo largo del tiempo o bien nuevas reglas que se proyecten para el futuro.
- Dinámica se refiere a que el estado del sistema en un tiempo dado es función del estado anterior y de las condiciones operacionales y climáticas del paso de tiempo actual. De esta forma, se garantiza que el modelo de balance sea realista y fiel reflejo de las condiciones del campo.

A nivel de las cuencas no disturbadas, éstas fueron implementadas en el modelo GoldSim usando la formulación y parámetros del modelo Soil Moisture Accounting (SMA) obtenidos en el Estudio Hidrológico (WSP, 2019). Para evaluar la variabilidad de la precipitación, el modelo de balance hídrico utiliza un conjunto de diferentes escenarios factibles de precipitación a nivel diario en el área de Yanacocha; estos escenarios son generados mediante la implementación de un modelo estocástico. Los resultados son analizados en términos de probabilidad de excedencia o riesgo.

Para la evaluación del balance hídrico se ha considerado evaluar dos casos: Caso sin proyecto y Caso con Proyecto. Los balances hídricos presentados se han realizado hasta el punto de cierre de la cuenca (que fue definido en el Estudio Hidrológico, ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas – Anexo F.1 Estudio Hidrológico*). Se tomó en cuenta para los balances: la oferta hídrica, proveniente de las descargas de los puntos de vertimiento autorizados y del área no disturbada de la microcuenca en

estudio; demanda por caudal ecológico demanda de canales con los que Yanacocha tiene compromiso y demanda de otros usuarios que se ubican dentro del límite de estudio. Los puntos de vertimiento están aprobados en IGAs anteriores y su objetivo es mitigar el flujo base en la cuenca y los compromisos de canales de acuerdo con su licencia de uso. La demanda de otros usuarios considera la demanda de terceros identificados en las microcuencas de estudio con las que Yanacocha no mantiene compromisos de descarga (ver Tabla 3.2.3.2-41, *Demanda de otros usuarios*).

En general, los resultados del balance hídrico muestran que se cumplen los compromisos de descarga e incluso hay un caudal excedente (durante la época húmeda), se entiende que otros usuarios fuera del cierre de cuenca se benefician de este caudal excedente. A continuación, se describe los resultados del balance hídrico:

### **Balance Hídrico Caso Sin Proyecto**

#### **Descripción del Esquema Hidráulico Caso sin Proyecto**

El proyecto Yanacocha, por su naturaleza, involucra un esquema hídrico del caso Sin Proyecto basado en aguas de contacto (proveniente de las áreas disturbadas) y no contacto (proveniente de las áreas no disturbadas). Dado que el mismo se encuentra ubicado en la parte alta de 8 microcuencas de interés y una intercuenca: microcuenca Quebrada Honda, microcuenca del río Azufre, microcuenca de la quebrada La Saccha, microcuenca del río San José, microcuenca del río Grande, microcuenca del río Shoclla, microcuenca quebrada Chachacoma, microcuenca quebrada SN1 e intercuenca SN2; todas las instalaciones producen, conducen, almacenan, tratan y descargan agua y de alguna forma interaccionan con el sistema superficial o subterráneo de agua del sitio.

En este sentido, dentro del área disturbada el sistema hidráulico considera a todas las instalaciones que producen, conducen, almacenan, tratan y descargan agua y que de alguna forma interaccionan con el sistema superficial o subterráneo de agua en Yanacocha. Así, hay instalaciones que producen aguas ácidas (por ejemplo, desagüe de los tajos, escorrentías de los depósitos de desmonte, etc.), y otras que tratan, almacenan y descargan agua (plantas AWTP y EWTP; reservorio San José y otros; puntos de descarga controlada (DCP, por sus siglas en inglés)).

Conforme al criterio planteando para la descripción de este sistema dentro de las áreas disturbadas, al conjunto de instalaciones que generan agua, se les denominará "segmento aguas arriba", y al conjunto de instalaciones que tratan y descargan agua, se les denominará "segmento aguas abajo".

#### **a) Segmento "aguas arriba"**

El segmento "aguas arriba" comprende a su vez dos circuitos de agua:

- Circuito de exceso, el cual capta y conduce hacia las plantas de tratamiento de agua de procesos (EWTP), el flujo interceptado por las pilas de lixiviación y las plantas CIC y MC.
- Circuito de agua ácida, el capta y conduce hacia las plantas de agua ácida (AWTP) el flujo interceptado por: los tajos (considera escorrentía en las paredes y flujos de desagüe de tajos), y las filtraciones y escorrentía que generan los depósitos de desmonte.
- El flujo de desagüe de los tajos ha sido estimado mediante un modelo hidrogeológico, el cual se detalla en la sección de "Hidrogeología".

#### **b) Segmento "aguas abajo"**

El segmento de aguas abajo representa el almacenamiento, transporte y descarga del efluente tratado en las plantas EWTP y AWTP. Este sistema posee la siguiente infraestructura:

- 3 plantas de tratamiento de agua de procesos, las cuales están ubicadas en los sectores este: EWTP Pampa Larga y EWTP Yanacocha Norte, y en el sector oeste: EWTP La Quinua.
- 3 plantas de tratamiento de agua ácida existentes y plantas reacondicionadas (AWTP convencional), las cuales son: AWTP Este, AWTP Yanacocha Norte, AWTP La Quinua y AWTP convencional.

- Pozas de almacenamiento temporal, como son: Carachugo Buffer, Llacanora, Violeta, Contingencia La Quinua, la nueva Quinua y Pre –San José.
- Reservorio San José, que permite la regulación del agua tratada y que tiene una capacidad máxima de 6 millones de metros cúbicos.
- Puntos de vertimiento, los cuales están distribuidos en las seis microcuencas de interés considerando un flujo de mitigación al flujo base y compromisos sociales adoptados en instrumentos de gestión ambiental ya aprobados.

El caso Sin Proyecto considera, además de la filosofía general de manejo de agua en Yanacocha (captar, tratar y descargar), considera los componentes del plan de minado BP20, las mejoras en el manejo de agua para poder lograr el cumplimiento de los nuevos estándares de calidad de agua que solicita la autoridad (Modificaciones Operativas propuestas para el cumplimiento de LMP's y ECA's), y los criterios del actual plan de cierre.

La Tabla 3.2.3.2-51, *Puntos de Control y Relación con sus Respectivos Puntos de Descarga*, presenta la ubicación de los diversos puntos de control o cierre en relación con las descargas existentes dentro del sistema hídrico natural de las microcuencas en evaluación. En las microcuencas Río Azufre, Río Grande y Río Shoclla, el punto de cierre de las microcuencas coincide con la ubicación de los puntos de control o CP's; por tal motivo, en estas microcuencas el flujo total reportado coincide con el flujo monitoreado en los CP's.

**Tabla 3.2.3.2-51 Puntos de Control y Relación con sus Respectivos Puntos de Descarga**

Microcuenca de interés	Cuerpo receptor	Código del Punto de descarga	Código del Punto de control	Coordenadas del Punto de Control	
				Este	Norte
Quebrada Honda	Qda. Pampa Larga	DCP1	Punto de cierre	774962	9233482
	Qda. Río Colorado/ Qda. Honda	DC12			
Microcuenca Río Azufre	Qda. Ocucho Machay	DCP8	CP10	781574	9223810
	Qda. Amacocha	DCP9			
	Qda. Chaquicocha	DCP10			
Quebrada La Saccha	Qda. La Saccha	DCP11	Punto de cierre	779578	9222329
Microcuenca Río San José	Qda. San José	DCPLSJ2	Punto de cierre	780302	9218282
	Qda. San José	DCP5			
	Qda. San José	VET-RSJ			
Microcuenca Río Grande	Qda. Ornamo/ Río Grande	DCP3	CP3	772108	9220685
	Qda. Encajón	DCP4			
	Qda. Encajón	DCP4 -B			
	Qda. Quishuar	DCP14			
Microcuenca Río Rejo	Qda. Shillamayo	DCP6	CP6	767524	9227116

Las descargas de los flujos en canales de la comunidad, tales como: Encajón Collotán (DCEC-1), Llagamarca (DCLL-1), Quishuar (DCQ-1) y canal Tual (DCTU2B y DCPTULQ), fueron aprobados por Resolución Directoral N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón y se muestran en la Tabla 3.2.3.2-52, *Estaciones en Canales y Flujos a Descargar*:

**Tabla 3.2.3.2-52 Estaciones en Canales y Flujos a Descargar**

Canales	Flujo promedio (L/s)	Volumen máximo a ser descargado (m³/ año)
Canal Encajón Collotán – DCEC-1	42.00	946,000
Canal Llagamarca – DCLL-1	25.00	788,400
Canal Quishuar – DCQ-1	56.00	1,357,000
Canal Tual – DCTU2B	39.60	1,257,025

<b>Canales</b>	<b>Flujo promedio (L/s)</b>	<b>Volumen máximo a ser descargado (m<sup>3</sup>/ año)</b>
Canal Tual – DCPTULQ	1.76	79,050

El esquema de balance hídrico considera la ocurrencia de dos periodos en su evolución, estos dos periodos aplican al caso Sin Proyecto y Con Proyecto y se generan debido a que durante la implementación del proyecto comienzan en algunos sectores de la mina el cierre progresivo de los principales componentes de mina como son: plataformas de lixiviación, y tajos, y algunas condiciones del balance comienzan a variar, influyendo en la oferta y demanda. Los periodos en que se ha dividido el análisis del balance de agua son:

1. Periodo 2020 – 2025; este periodo considera la operación del actual plan de minado hasta antes del comienzo de las actividades de cierre de la mina.
2. Periodo 2026 – 2040; este periodo considera que se han implementado sobre las pilas de lixiviación sistemas de cobertura que reducen la infiltración, sin embargo, las escorrentías aún son enviadas a las plantas de tratamiento de agua ácida. Durante este periodo se emplearán 3 plantas de agua ácida adicionales debido a que se produce mayor volumen de agua ácida que en periodo de operación. Además, una porción de la escorrentía de las pilas de lixiviación cerradas (con cobertura) será derivada hacia los puntos de descarga. A partir del 2032; se considera que los flujos provenientes de las plataformas de lixiviación se tratan en las plantas de agua ácida. Todas las consideraciones para el cierre del complejo minero han sido implementadas y las plantas EWTP, ya no se encuentran en operación.

A continuación, se muestran los diagramas fluviales de cada una de las microcuencas de estudio en condiciones Sin y Con proyecto. Los valores de los caudales que se muestran corresponden a la época húmeda (mes de marzo) y a la época seca (mes de agosto); se seleccionaron estos meses para mostrar la variación que existe en la disponibilidad de agua dependiendo de la época del año. Además, los diagramas muestran las descargas que se realizan en los puntos de descarga DCP's (en color verde), y los canales con (en color negro) y sin autorización (en color amarillo) que toman agua en las microcuencas de estudio.

**DCP12**

- Flujo base = 21.16 l/s
- Flujo social = 0.00 l/s
- Flujo mínimo legal = 21.16 l/s
- Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 31.71 l/s

**DCP1**

- Flujo base = 4.64 l/s
- Flujo social = 0.00 l/s
- Flujo mínimo legal = 4.64 l/s
- Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 63.42 l/s

**Caudales y Derivaciones:**

- Qda. Río Colorado: 32 l/s
- Canal de Jaime Huayhua (Alberto Huayhua): Q disp = 0 l/s
- Canal de Rodolfo Huayhua: 97.3 l/s
- Canales Teresa Huayhua (Cruzado Llanos): Q disp = 0 l/s
- Qda. Pampa Larga: 45.3 l/s
- Derivación: 31.1 l/s
- Canal Tual: Q disp = 0 l/s
- Qda. Vizcacha: 172.6 l/s
- Qda. Cushuro: 417.6 l/s
- Qda. del Hornamo: 124.8 l/s
- Qda. Honda: 1424.1 l/s
- Q ecológico = 493.6 l/s

**Límite de la Microcuenca Quebrada Honda**

- ▲ Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Alberto Huayhua	R.D.N 358-2013-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Cruzado Llanos	R.D.N 263-2013-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Tual	N° 1231-2018-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 493.6 l/s (Qda Honda).



[illegible]

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Alberto Huayhua	R.D.N 358-2013-ANA-AAA.M	0,00	2,60	2,60
Cruzado Llanos	R.D.N 263-2013-ANA-AAA.M	0,00	18,66	18,66
Tual	N° 1231-2018-ANA-AAA.M	76,90	21,75	98,65

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 40 l/s (Qda Honda).

[illegible]

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
QihUILa Quecher Pabellon	R.A N° 061-2000/CTAR	39,00	16,00	55,00
Azufe Quecher Bellavista	R.A N°688-2009-ANA-ALA-CAJ	0,00	0,00	0,00
La Tolora	R.A N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC	0,00	0,00	0,00
Ocón 2	R.D.N° 851-2018-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Azufe Alunconga	R.D N°1055-2017-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Ocón 3	R.D N° 1050-2018-ANA-AAA.M	0,09	0,00	0,09

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 424.9 l/s (Azufre).

El diagrama ilustra el flujo de agua en el río Azufré, con los siguientes datos y características:

- DCP8:** Flujo base = 4.50 l/s, Flujo social = 35.00 l/s, Flujo mínimo legal = 35.00 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 110.98 l/s. Caudal de 35 l/s se dirige a Qda. OcuchoMadhay.
- DCP9:** Flujo base = 31.3 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 31.3 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 63.42 l/s. Caudal de 31.3 l/s se dirige a Qda. Amatocha.
- DCP10:** Flujo base = 76.7 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 76.7 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 285.39 l/s. Caudal de 177.4 l/s se dirige a Qda. Huascar.
- Qda. Amatocha:** Caudal de 2.9 l/s y 37.9 l/s. Recibe 35 l/s de Qda. S/N.
- Qda. Totorá:** Caudal de 4.6 l/s. Recibe 15.1 l/s de Qda. Cumue.
- Qda. Cumue:** Caudal de 1.7 l/s. Recibe 4.3 l/s de Qda. Cumbe.
- Qda. Quecher:** Caudal de 3.5 l/s. Recibe 0 l/s de Qda. S/N.
- Qda. Cumbe:** Caudal de 12.1 l/s. Recibe 0 l/s de Qda. S/N.
- Qda. OcuchoMadhay:** Caudal de 35.1 l/s. Recibe 35 l/s de DCP8.
- Canal La Totorá:** Qdisp = 0 l/s.
- Canal Azufre Quecher Bellavista:** Qdisp = 5.2 l/s.
- Qda. S/N 2:** Caudal de 2.2 l/s.
- Qda. Huascar:** Caudal de 1.5 l/s. Recibe 177.4 l/s de DCP10.
- Canal Ocón 2:** Qdisp = 1.1 l/s.
- Canal Ocón 3:** Qdisp = 6.3 l/s.
- Qda. Chaquicocha:** Caudal de 172.4 l/s.
- Canal Azufre Atunconga:** Qdisp = 150 l/s.
- Qda. S/N:** Caudal de 31.9 l/s.
- Qda. Azufré:** Caudal de 121.2 l/s.
- Q ecológico:** 61.9 l/s.
- CP10:** Punto de cierre de cuenca.
- Legenda:**
  - ▲ Punto de cierre de cuenca
  - Punto de control (CP)
  - DCPs
  - Curso de Agua
  - Canal sin autorización
  - Canal con autorización

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Qihuihua Quecher Pabellon	R.A N° 061-2000/CTAR	39,00	16,00	55,00
Azufrre Quecher Bellavista	R.A N°688-2009-ANA-ALA-CAJ	25,16	0,00	25,16
La Totora	R.A N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC	0,00	0,40	0,40
Ocón 2	R.D.N° 851-2018-ANA-AAA.M	1,14	1,65	2,79
Azufrre Atumconga	R.D N° 1055-2017-ANA-AAA.M	150,00	0,00	150,00
Ocón 3	R.D.N° 1050-2018-ANA-AAA.M	6,31	0,00	6,31

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.

- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación

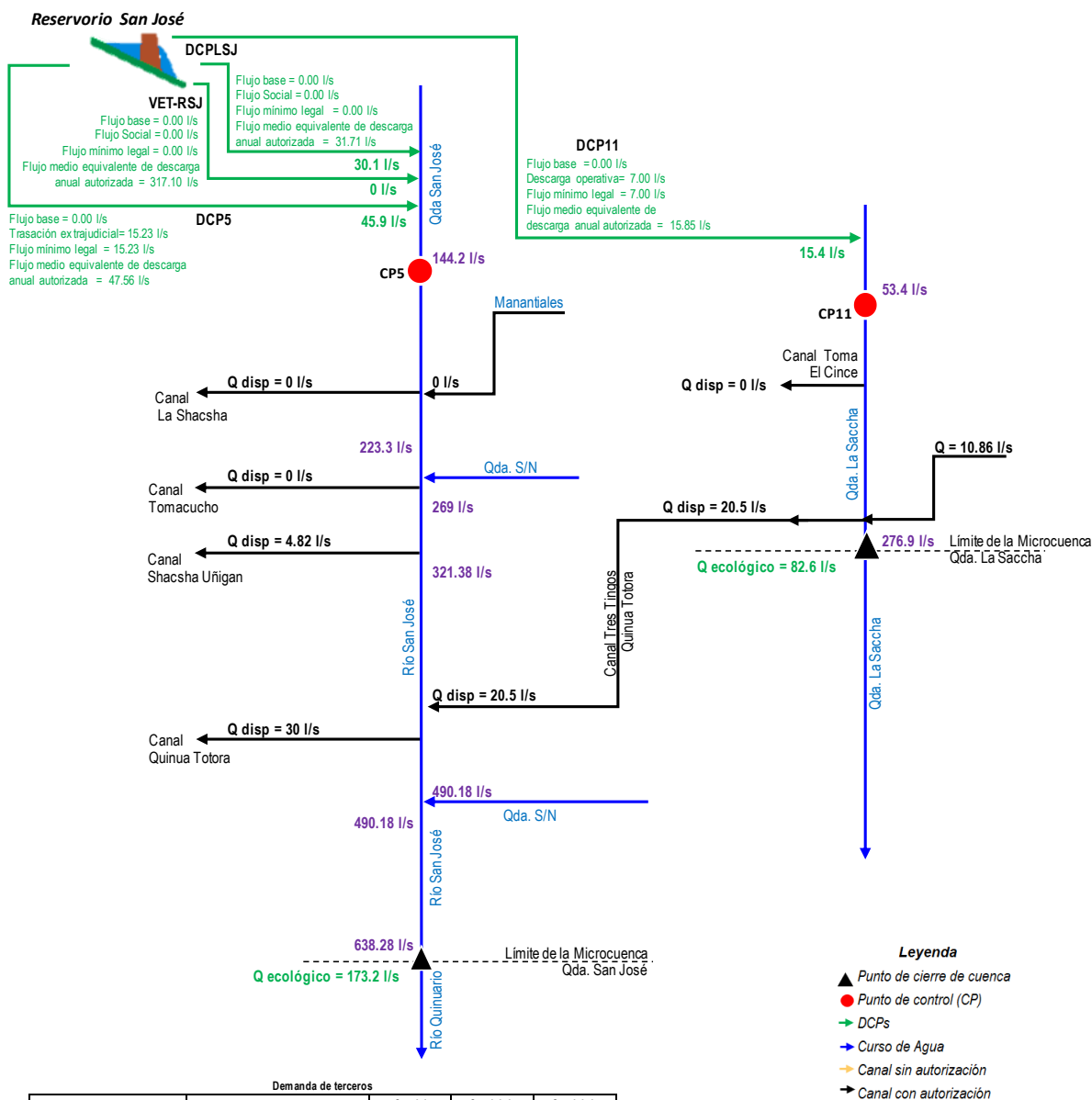
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.

- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.

- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.

- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 61.9 l/s (Azufre).

**Gráfico 3.2.3-27 Diagrama Fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – Época Húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto**

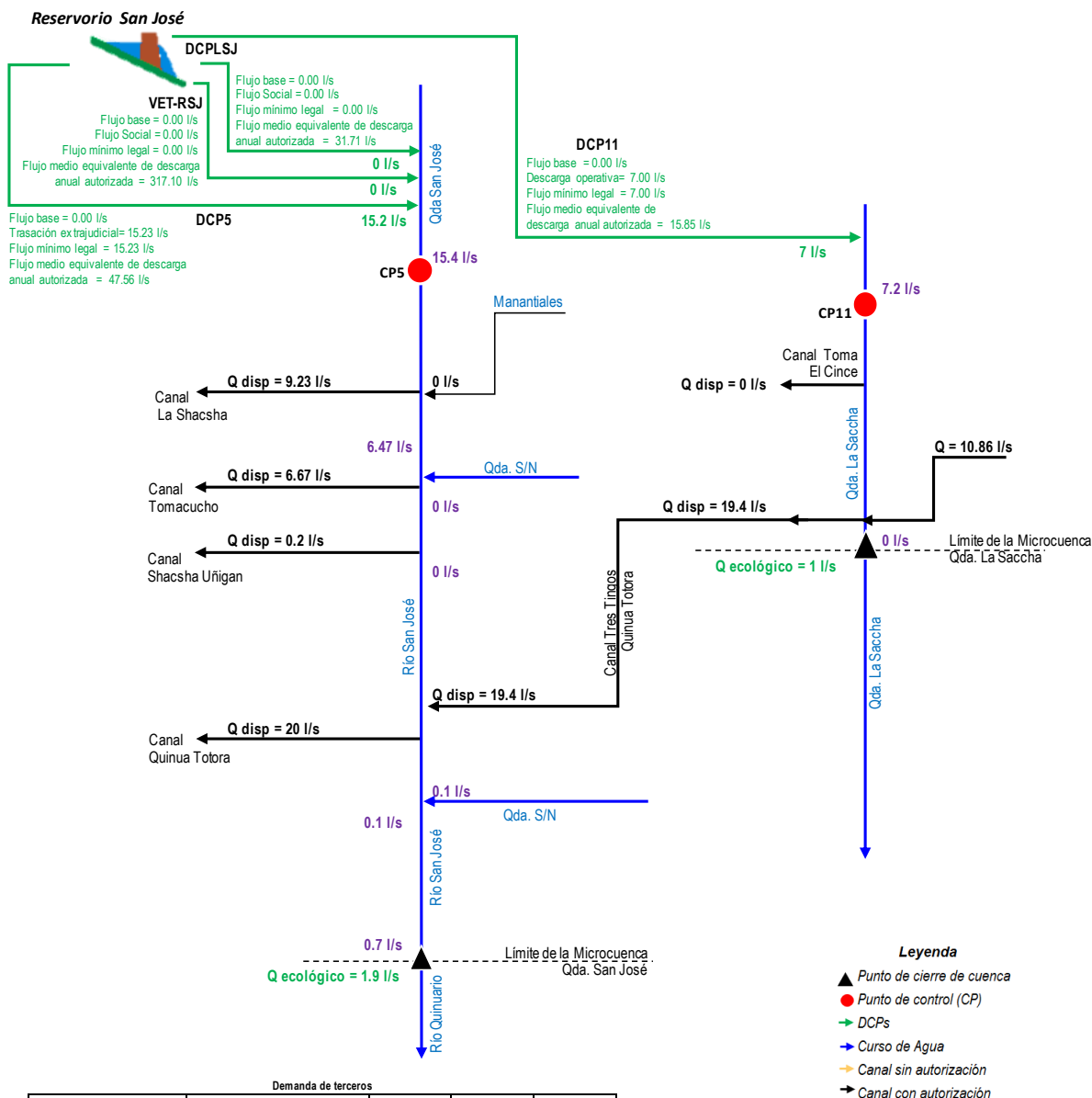


Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Toma El Cince	R.A N°446-778-2016-ANA-AAA.M	0	1.17	1.17
Tres Tingos	R.D N° 985-2013-ANA-AAA.M	20.5	0	20.5
La Shacsha	R.D N° 811-2014-ANA-AAA-M	0	0	0
Tomacucho	R.A N° 065-2003-RECAJIDRA-ATDRC	0	0	0
Shacsha Unigan	R.A N°071-2003-RECAJIDRA-ATDRC	4.82	0.5	5.32
Quinoa - Tobra	R.D N°985-2013-ANA-AAA.M	30	0	30

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 173.2 l/s (San José) y 82.6 l/s (Saccha).

**Gráfico 3.2.3-28 Diagrama Fluvial Quebrada San José y Quebrada La Saccha – Época Seca (mes de agosto)**  
**– Sin Proyecto**



Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Toma El Cince	R.A N°446-778-2016-ANA-AAA.M	0	1,17	1,17
Tres Tingos	R.D N° 985-2013-ANA-AAA.M	20,5	0	20,5
La Shacsha	R.D N° 811-2014-ANA-AAA.M	9,23	29	38,23
Tomacucho	R.A N° 065-2003-RECAJIDRA-ATDRC	8,76	0	8,76
Shacsha Unigan	R.A N° 071-2003-RECAJIDRA-ATDRC	4,82	0,5	5,32
Quinoa - Totora	R.D N° 985-2013-ANA-AAA.M	30	0	30

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 1.9 l/s (San José) y 1.0 l/s (Saccha).

El diagrama ilustra el flujo de agua en el río Grande, considerando la contribución de diversas quebradas y canales, y el cumplimiento de los estándares de calidad de agua.

**Reservorio San José:** Fuente de agua que contribuye al río Grande.

**Quebradas y Canales:**

- Qda. Callejón:** 47 l/s
- Qda. Coremayo:** 307.7 l/s
- Qda. Encajón:** 335.5 l/s
- Qda. Vizcachayoc:** 68.4 l/s
- Qda. Quishuar Huanga:** 51.9 l/s
- Qda. Huangas El Molina:** 103.4 l/s
- Qda. Purun Rosa:** 36.1 l/s

**Canales:**

- Canal San José Salvador Coremayo:** Qdisp = 4 l/s
- Canal Palo Blanco:** Qdisp = 0 l/s
- Canal Quishuar:** Qdisp = 0 l/s
- Canal Encajón Colotán:** Qdisp = 0 l/s
- Canal Llagamarca:** Qdisp = 0 l/s
- Canal San José:** Qdisp = 0 l/s

**Puntos de Control (CP) y Descargas (DCP):**

- CP3:** Punto de cierre de cuenca. Flujo base = 237.90 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 239.90 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 602.49 l/s.
- DCP3:** Descarga de agua. Flujo base = 237.90 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 239.90 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 602.49 l/s.
- DCP4B:** Descarga de agua. Flujo base = 23.95 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 23.95 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 95.13 l/s.
- DCP4:** Descarga de agua. Flujo base = 23.95 l/s, Flujo social = 0.00 l/s, Flujo mínimo legal = 23.95 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 31.71 l/s.
- DCP14:** Descarga de agua. Flujo base = 0.00 l/s, Flujo social = 8.00 l/s, Flujo mínimo legal = 8.00 l/s, Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 15.85 l/s.

**Flujo Total en el Río Grande:**

- En la Qda. Callejón: 47 l/s
- En la Qda. Coremayo: 307.7 l/s
- En la Qda. Encajón: 335.5 l/s
- En la Qda. Vizcachayoc: 68.4 l/s
- En la Qda. Quishuar Huanga: 51.9 l/s
- En la Qda. Huangas El Molina: 103.4 l/s
- En la Qda. Purun Rosa: 36.1 l/s
- En el CP3: 1965.6 l/s

**Flujo Ecológico:** 561.7 l/s

**Legenda:**

- ▲ Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Cuenca de Agua

Compromisos de descarga de Yanacocha		
Canal	Resolución	Caudal de resolución (l/s)
Llagamarca	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marafón	0
Quishuar	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marafón	0
Encaño	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marafón	0

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
San José	R.D.N°025-2012-ANA-AAA-VI-M	0	0	0
San José Salvador Coremayo	R.A.N°19-93-REMON.DSR-IV-AC-C	12	0	12
Palo Blanco	RD N°2234-2016-ANA-AAA-M	0	0	0

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 561.7 l/s (Grande).

**Reservorio San José**

**CLL1** 25 l/s

**DCP3**  
Flujo base = 237.90 l/s  
Flujo social = 0.00 l/s  
Flujo mínimo legal = 239.90 l/s  
Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 602.49 l/s

**CQ1** 56 l/s

**CEC1** 42 l/s

**DCP4B**  
Flujo base = 23.95 l/s  
Flujo social = 0.00 l/s  
Flujo mínimo legal = 23.95 l/s  
Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 95.13 l/s

**DCP4**  
Flujo base = 23.95 l/s  
Flujo social = 0.00 l/s  
Flujo mínimo legal = 23.95 l/s  
Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 31.71 l/s

**DCP14**  
Flujo base = 0.00 l/s  
Flujo social = 8.00 l/s  
Flujo mínimo legal ≈ 8.00 l/s  
Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 15.85 l/s

**Legenda**

- ▲ Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- ➡ Curso de Agua
- Canal sin autorización
- ➔ Canal con autorización

Compromisos de descarga de Yanacocha		
Canal	Resolución	Caudal de resolución (l/s)
Llagamarca	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	25
Quishuar	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	42
Encañón	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	56

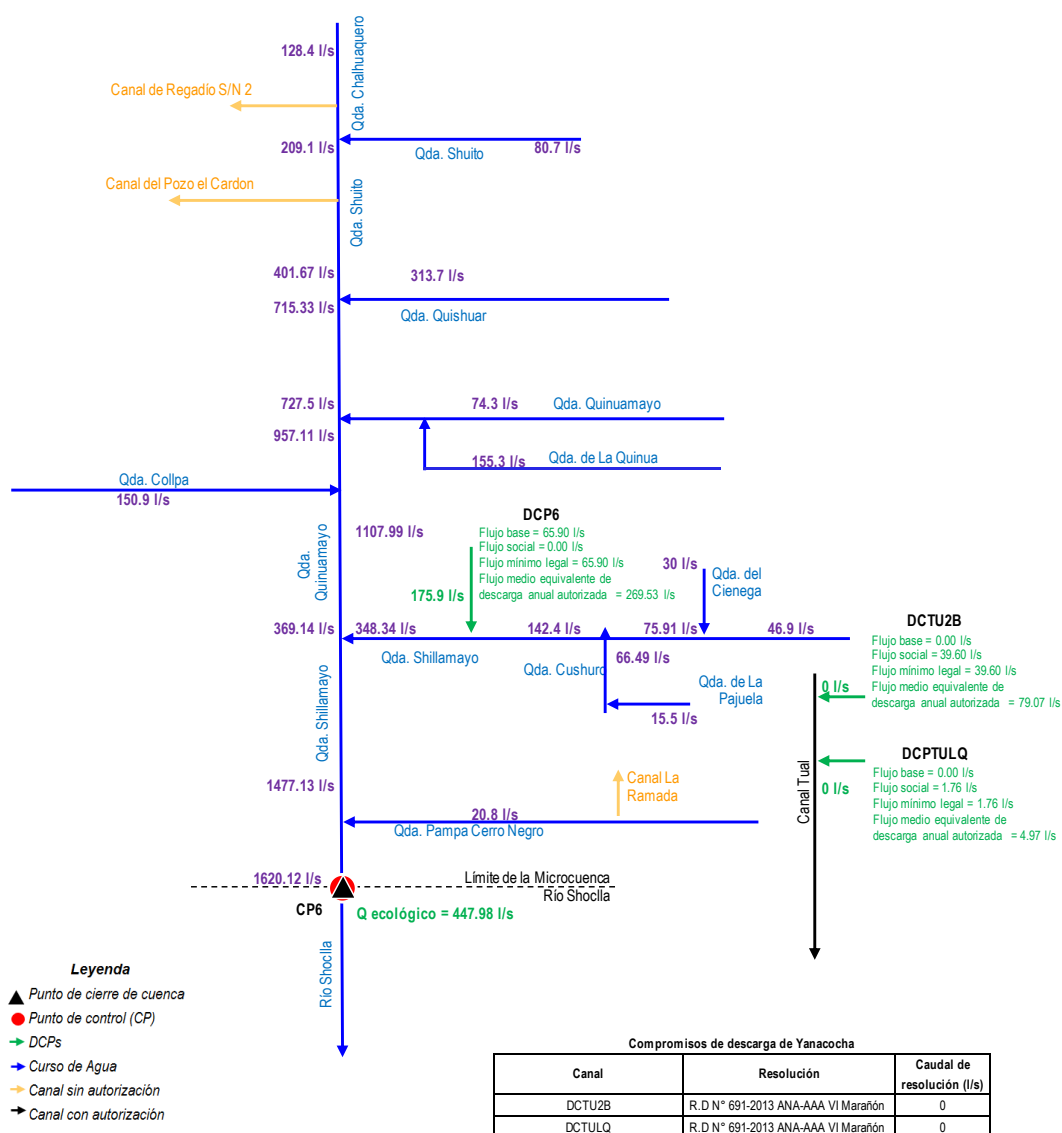
Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
San José	R.D.N°025-2012-ANA-AAA-VI-M	3	0	3
San José Salvador Coremayo	R.A.N°19-93-REMON.DSR-IV-AC-C	12	0	12
Palo Blanco	RD N°2234-2016-ANA-AAA-M	5.9	0	5.9

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en funcionamiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto 41.6 l/s (Grande).

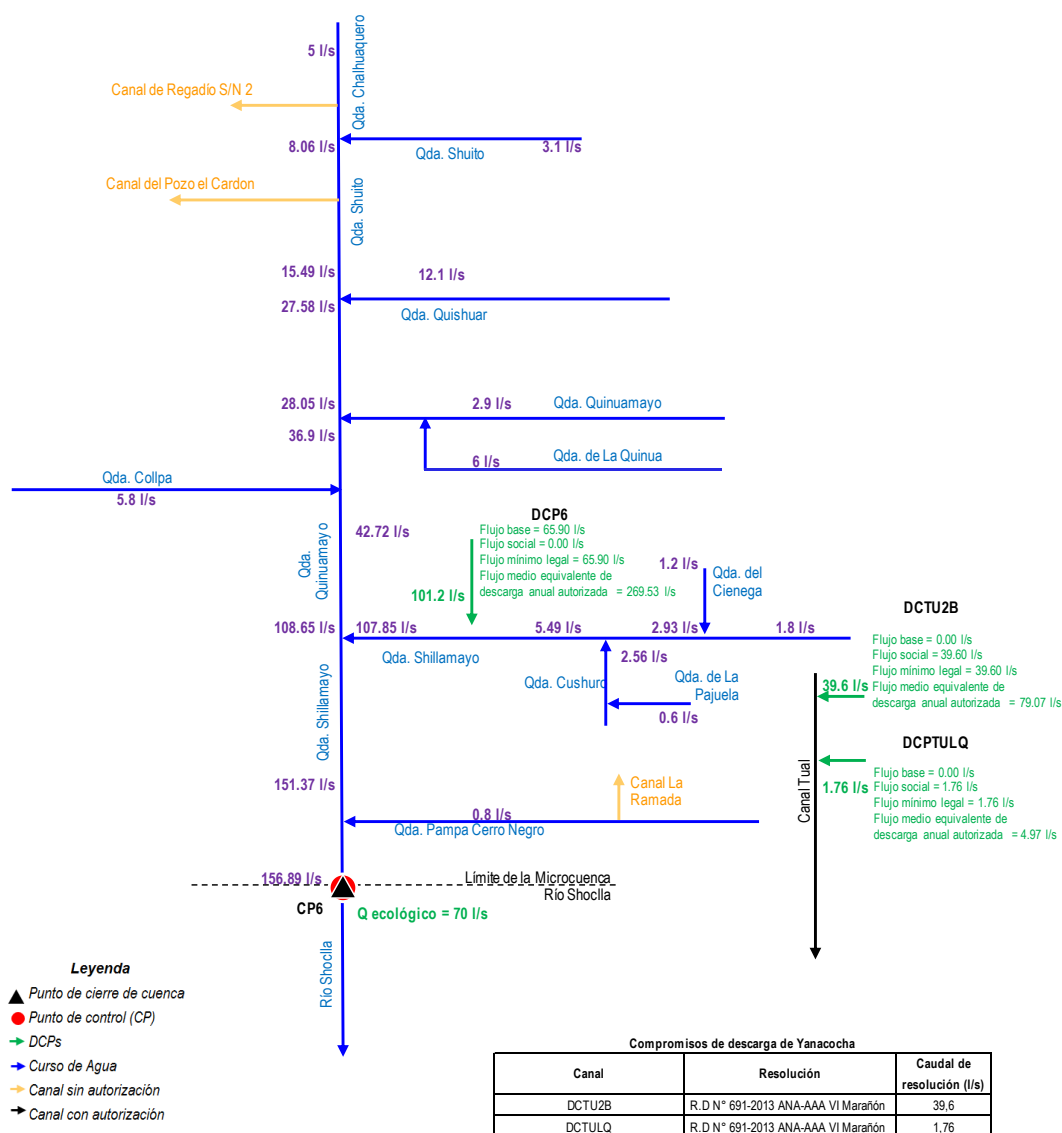


Gráfico 3.2.3-31 Diagrama fluvial Río Shoclla – época húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto

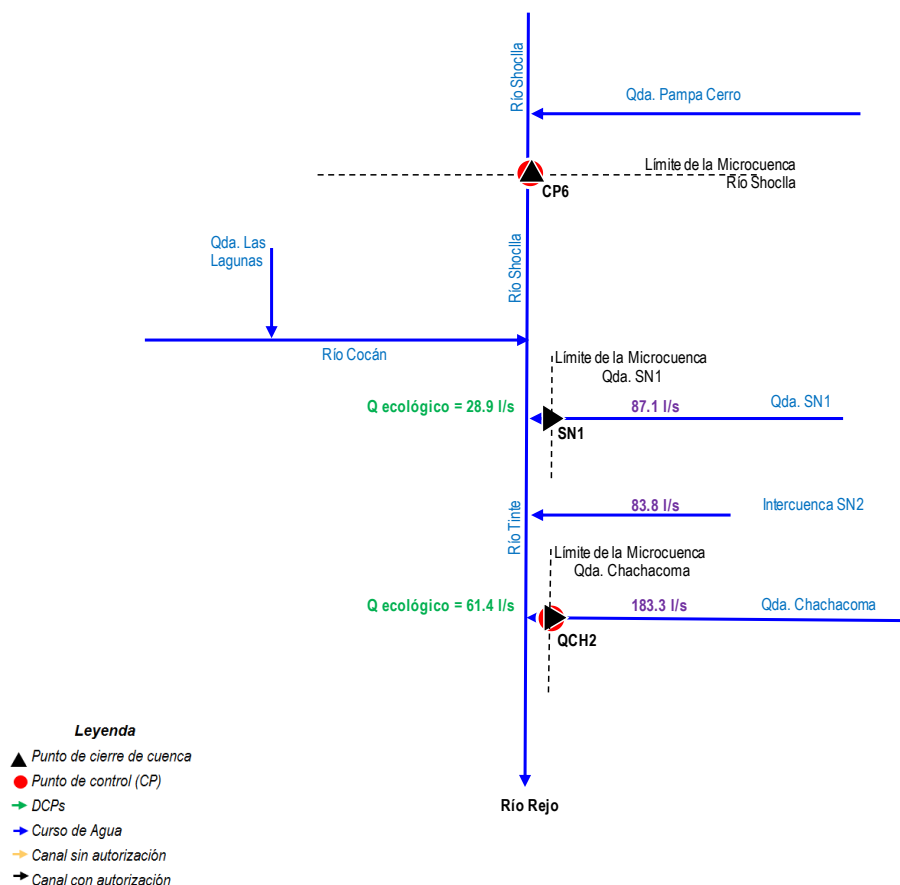
**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función de rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 447.98 l/s (Shoclla).

Gráfico 3.2.3-32 Diagrama fluvial Río Shoclla – época seca (mes de agosto) – Sin Proyecto



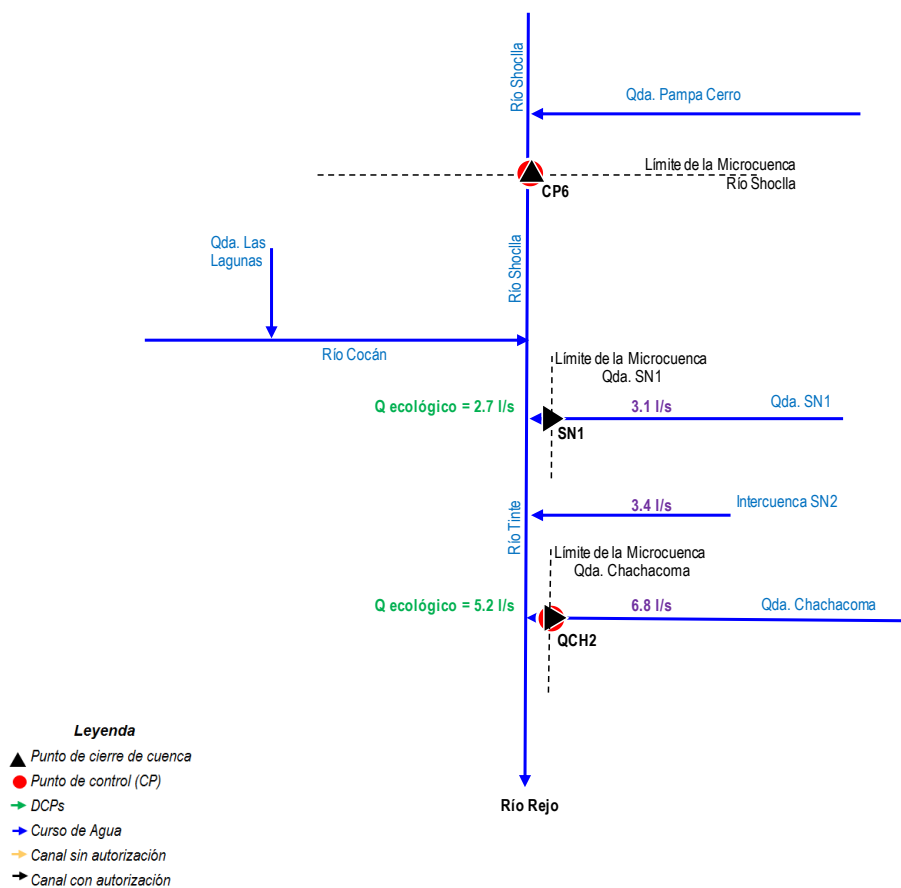
**Gráfico 3.2.3-33 Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época húmeda (mes de marzo) – Sin Proyecto**



**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 28.94 l/s (Qda SN1) y 61.40 l/s (Qda Chachacoma).

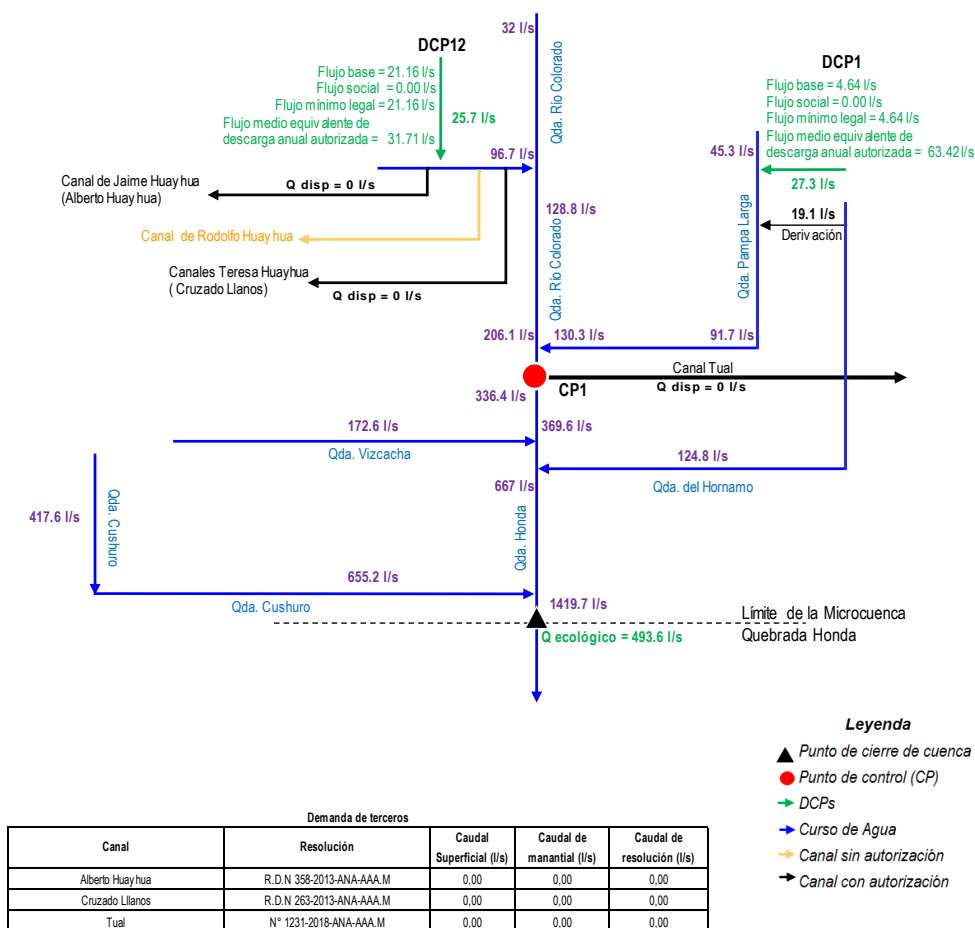
**Gráfico 3.2.3-34 Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época seca (mes de agosto) – Sin Proyecto**



**Nota:**

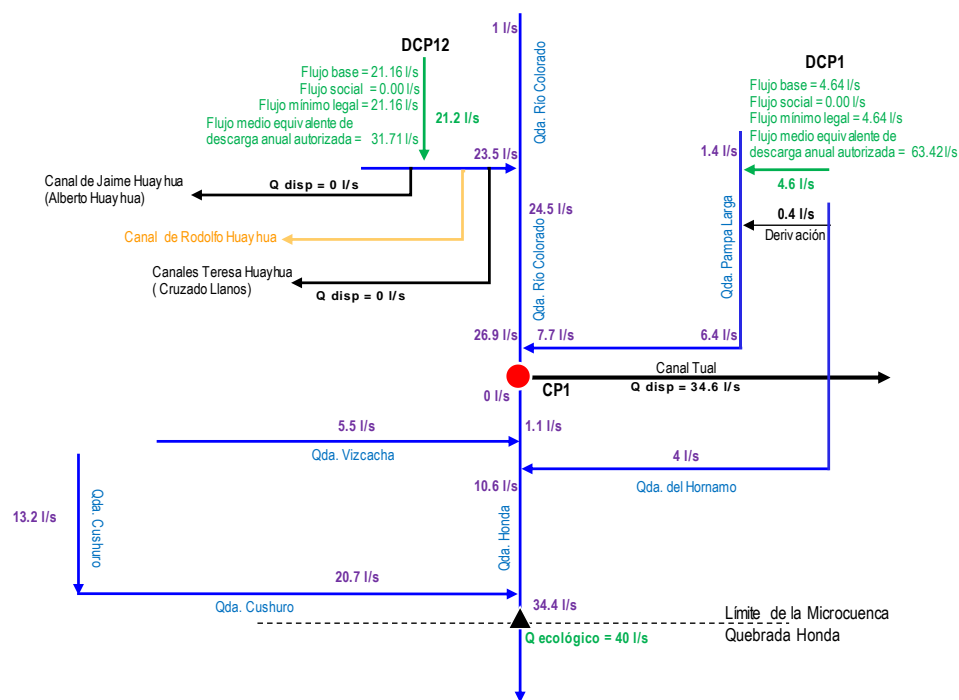
- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 3.1 l/s (Qda SN1) y 6.8 l/s (Qda Chachacoma).

Gráfico 3.2.3-35 Diagrama fluvial Quebrada Honda – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 493.6 l/s (Qda Honda).

Gráfico 3.2.3-36 Diagrama fluvial Quebrada Honda – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto



## Leyenda

- ▲ Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

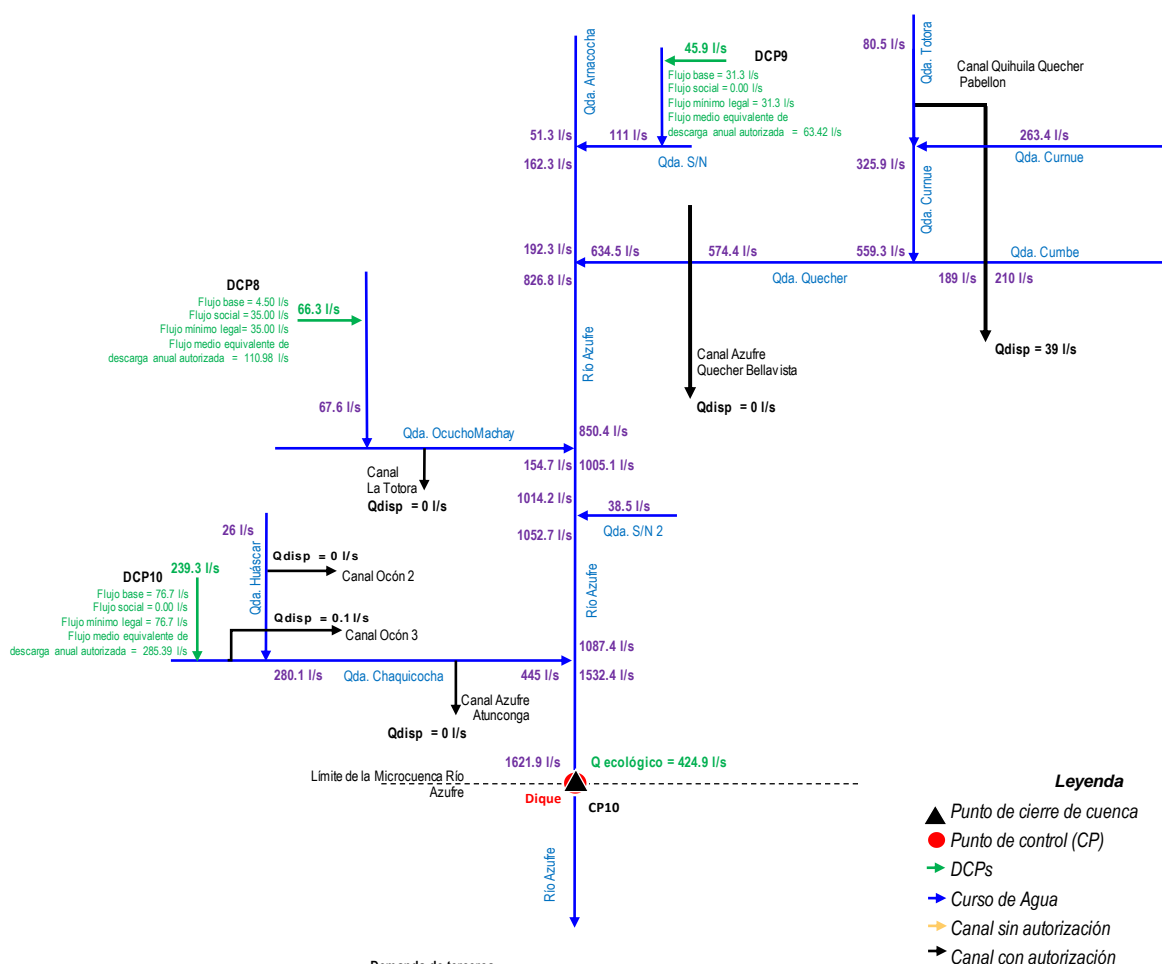
## Demanda de terceros

Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Alberto Huayhua	R.D.N 358-2013-ANA-AAA.M	0.00	2.60	2.60
Cruzado Llanos	R.D.N 263-2013-ANA-AAA.M	0.00	18.66	18.66
Tual	N° 1231-2018-ANA-AAA.M	76.90	21.75	98.65

## Nota:

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 40 l/s (Qda Honda).

Gráfico 3.2.3-37 Diagrama fluvial Río Azufre – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto



Demanda de terceros

Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Qihuihua Quecher Pabellon	R.A N° 061-2000/CTAR	39,00	16,00	55,00
Azufre Quecher Bellavista	R.A N° 688-2009-ANA-ALA-CAJ	0,00	0,00	0,00
La Totorá	R.A N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC	0,00	0,00	0,00
Ocón 2	R.D N° 851-2018-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Azufre Atunconga	R.D N° 1055-2017-ANA-AAA.M	0,00	0,00	0,00
Ocón 3	R.D N° 1050-2018-ANA-AAA.M	0,09	0,00	0,09

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 424.9 l/s (Azufre).



**DCP8**

- Flujo base = 4.50 l/s
- Flujo social = 35.00 l/s
- Flujo mínimo legal = 35.00 l/s
- Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 110.98 l/s

**DCP9**

- Flujo base = 31.3 l/s
- Flujo social = 0.00 l/s
- Flujo mínimo legal = 31.3 l/s
- Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 63.42 l/s

**DCP10**

- Flujo base = 76.7 l/s
- Flujo social = 0.00 l/s
- Flujo mínimo legal = 76.7 l/s
- Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 285.39 l/s

**Leyenda**

- Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Sufricial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Qihhila Quecher Pabellon	R. A N° 061-2000/CTAR	39,00	16,00	55,00
Azufré Quecher Bellavista	R. A N°688-2009-ANA-ALA-CAJ	25,16	0,00	25,16
La Totorá	R. A N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC	0,00	0,40	0,40
Ocón 2	R. D.N° 851-2018-ANA-AAA.M	1,14	1,65	2,79
Azufré Atuncongá	R. D N°1055-2017-ANA-AAA.M	150,00	0,00	150,00
Ocón 3	R. D N° 1050-2018-ANA-AAA. M	6,31	0,00	6,31

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 61.9 l/s (Azufre).

**Reservorio San José**

**DCPLSJ**

**VET-RSJ**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Flujo Social = 0.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 0.00 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 317.10 l/s

**DCP5**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Tracción extrajudicial = 15.23 l/s  
 Flujo mínimo legal = 15.23 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 47.56 l/s

**DCP11**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Descarga operativa = 7.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 7.00 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 15.85 l/s

**Río Quinuaro**

**Río San José**

**Canal La Shacsha**

**Canal Tomacucho**

**Canal Shacsha Unigan**

**Canal Quinua Titora**

**Manantiales**

**Canal Tres Tingos Quinua Titora**

**Canal Toma El Cince**

**Qda. S/N**

**Límite de la Microcuenca Qda. San José**

**Límite de la Microcuenca Qda. La Saccha**

**Legenda**

- Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Toma El Cince	R.A N° 446-778-2016-ANA-AAA.M	0	1,17	1,17
Tres Tingos	R.D N° 985-2013-ANA-AAA.M	20,5	0	20,5
La Shacsha	R.D N° 811-2014-ANA-AAA.M	0	0	0
Tomacucho	R.A N° 065-2003-RECAJIDRA-ADTRC	0	0	0
Shacsha Uñigan	R.A N° 071-2003-RECAJIDRA-ADTRC	4,82	0,5	5,32
Quinua - Tobra	R.D N° 985-2013-ANA-AAA.M	30	0	30

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.

- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.

- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.

- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.

- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.

- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 173.2 l/s (San José) y 82.6 l/s (Sactia).

**Reservorio San José**

**DCPLSJ**

**VET-RSJ**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Flujo Social = 0.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 0.00 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 317.10 l/s

**DCP5**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Trasación extrajudicial= 15.23 l/s  
 Flujo mínimo legal = 15.23 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 47.56 l/s

**DCP11**

Flujo base = 0.00 l/s  
 Descarga operativa= 7.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 7.00 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 15.85 l/s

**Río San José**

**Manantiales**

**Canal Tres Tingos Quinua Totora**

**Quinua Totora**

**Qda. San José**

**CP5**

**Qda. La Saccha**

**CP11**

**Canal Toma El Cince**

**Canal La Shacsha**

**Canal Tomacucho**

**Canal Shacsha Unigan**

**Canal Quinua Totora**

**Límite de la Microcuenca Qda. La Saccha**

**Límite de la Microcuenca Qda. San José**

**Q ecológico = 1.9 l/s**

**Q ecológico = 1 l/s**

**Legenda**

- Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
Toma El Cince	R.A N°446-778-2016-ANA-AAA-M	0	1,17	1,17
Tres Tingos	R.D N° 985-2013-ANA-AAA-M	20,5	0	20,5
La Shacsha	R.D N° 811-2014-ANA-AAA-M	9,23	29	38,23
Tomacucho	R.A N° 065-2003-RECAJIDRA-ATDRC	8,76	0	8,76
Quinsa Uñigan	R.A N°071-2003-RECAJIDRA-ATDRC	4,82	0,5	5,32
Quinsa - Toltra	R.D N°985-2013-ANA-AAA-M	30	0	30

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.

- *Diagrama fluvial* se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.

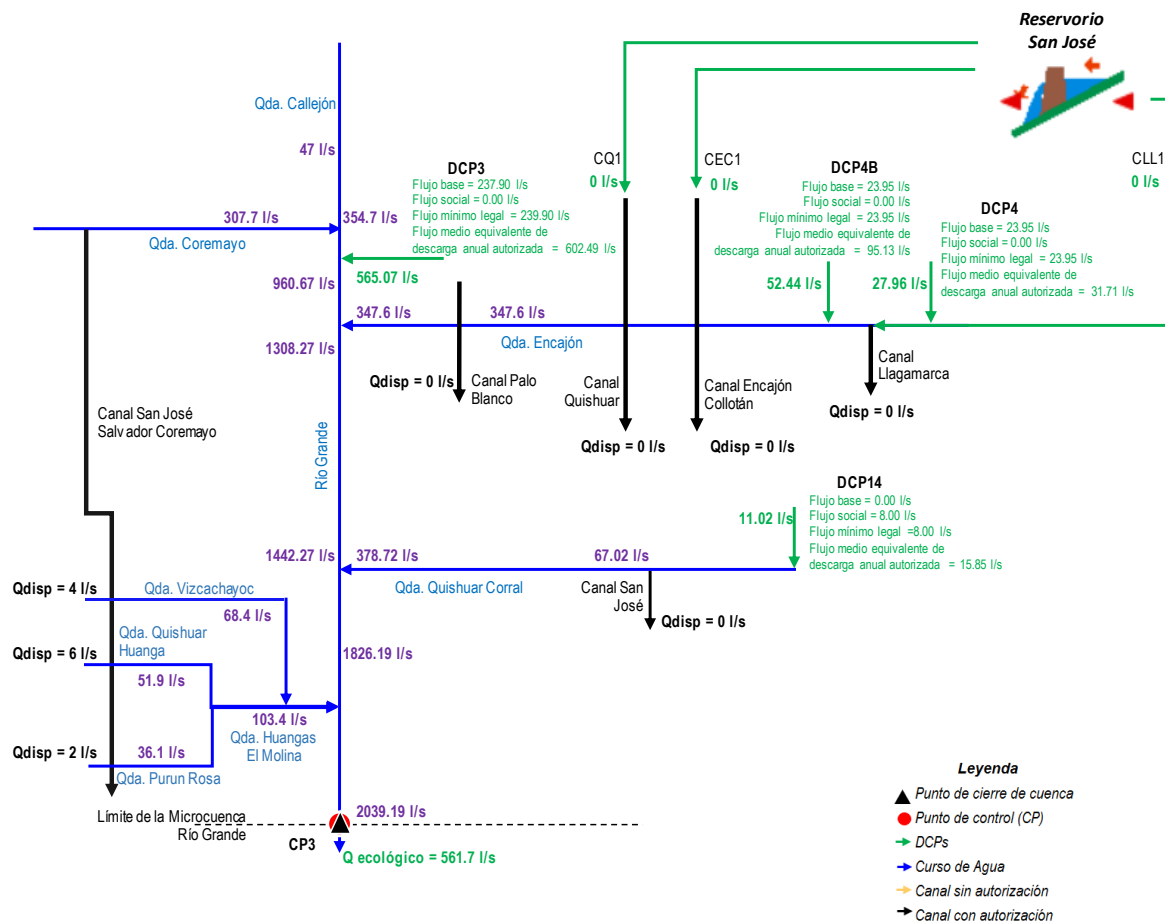
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.

-El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.

- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.

- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 1.9 l/s (San José) y 1.0 l/s (Saccha)

Gráfico 3.2.3-41 Diagrama fluvial Río Grande – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto

**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 561.7 l/s (Grande).

**Reservorio San José**

**CLL1** 25 l/s

**DCP3**  
 Flujo base = 237.90 l/s  
 Flujo social = 0.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 239.90 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 602.49 l/s

**DCP4B**  
 Flujo base = 23.95 l/s  
 Flujo social = 0.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 23.95 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 95.13 l/s

**DCP4**  
 Flujo base = 23.95 l/s  
 Flujo social = 0.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 23.95 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 31.71 l/s

**DCP14**  
 Flujo base = 0.00 l/s  
 Flujo social = 8.00 l/s  
 Flujo mínimo legal = 8.00 l/s  
 Flujo medio equivalente de descarga anual autorizada = 15.85 l/s

**Legenda**

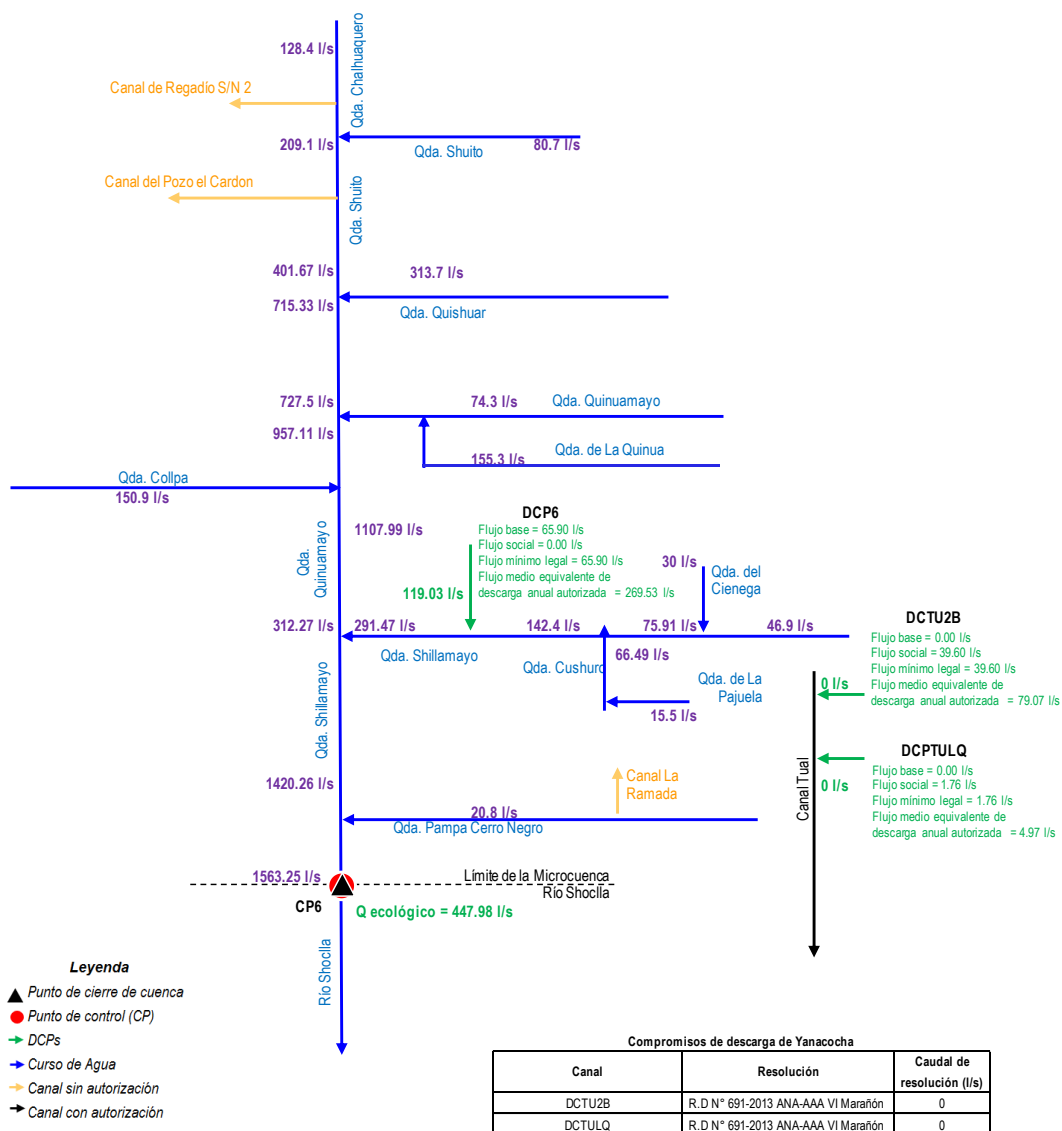
- ▲ Punto de cierre de cuenca
- Punto de control (CP)
- DCPs
- Curso de Agua
- Canal sin autorización
- Canal con autorización

Compromisos de descarga de Yanacocha		
Canal	Resolución	Caudal de resolución (l/s)
Llagamarca	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	25
Quishuar	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	42
Encañón	R.D N° 691-2013 ANA-AAA VI Marañón	56

Demanda de terceros				
Canal	Resolución	Caudal Superficial (l/s)	Caudal de manantial (l/s)	Caudal de resolución (l/s)
San José	R.D.N°025-2012-ANA-AAA-VI M	3	0	3
San José Salvador Coremayo	R.A.N°19-93-REMON.DSR-IV-AC-C	12	0	12
Palo Blanco	RD.N°2234-2016-ANA-AAA M	5.9	0	5.9

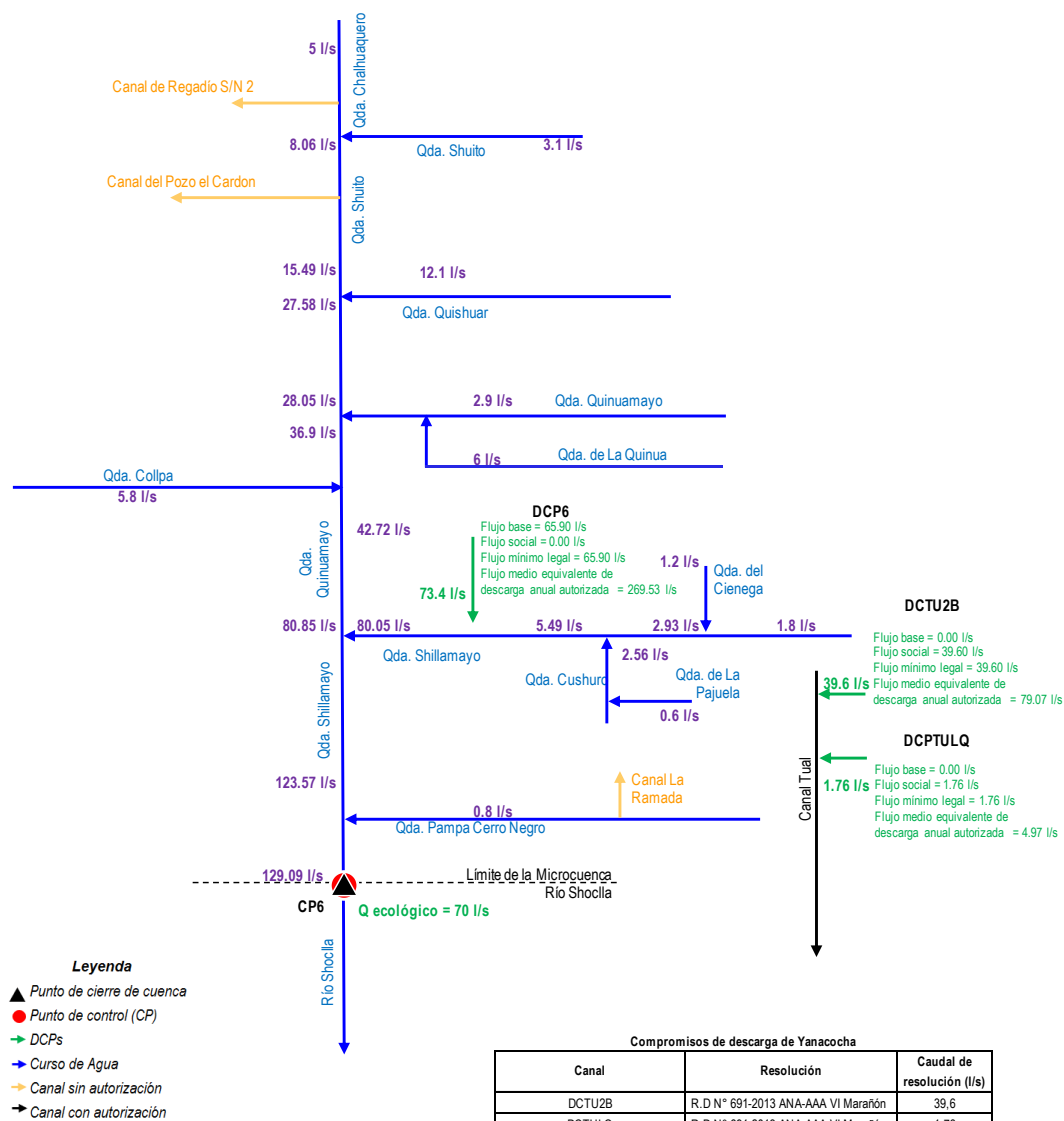
- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del I.G.N.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función de rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto 41.6 l/s (Grande).

Gráfico 3.2.3-43 Diagrama fluvial Río Shoclla – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto

**Nota:**

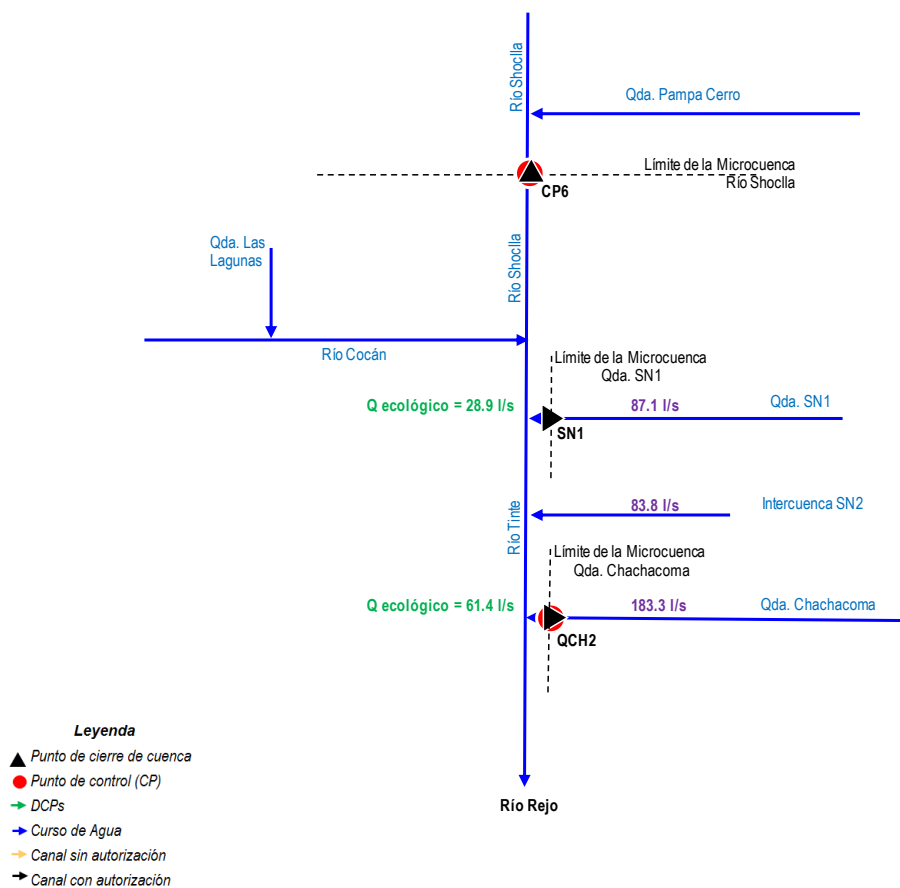
- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- Los caudales en canales consideran los flujos disponibles en función del rendimiento de la cuenca o caudal de resolución equivalente al volumen otorgado en la resolución.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 447.98 l/s (Shoclla).

Gráfico 3.2.3-44 Diagrama fluvial Río Shoclla – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto





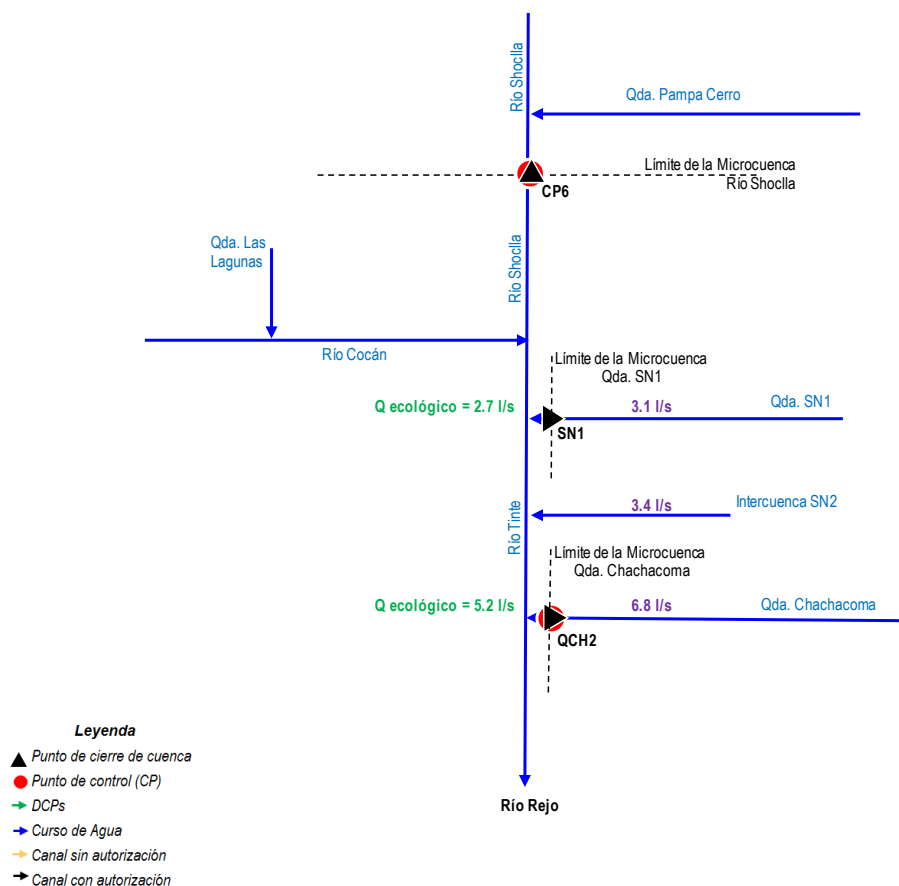
**Gráfico 3.2.3-45 Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época húmeda (mes de marzo) – Con Proyecto**



**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de marzo de 28.94 l/s (Qda SN1) y 61.40 l/s (Qda Chachacoma).

**Gráfico 3.2.3-46 Diagrama fluvial Quebrada SN1 y Quebrada Chachacoma – época seca (mes de agosto) – Con Proyecto**



**Nota:**

- Los valores corresponden al caudal con una persistencia del 75% para el periodo 2020-2040.
- Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
- El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
- En el curso de agua principal se considera un caudal ecológico para el mes de agosto de 3.1 l/s (Qda SN1) y 6.8 l/s (Qda Chachacoma).

Debe considerarse que la delimitación del área de estudio de la II MEIA Yanacocha corresponde a una integración de las áreas de estudios consideradas en sus últimos estudios ambientales aprobados para cada uno de los tres sectores operativos (Sector Este, Oeste y Cerro Negro). Asimismo, considerándose que los cambios propuestos en la presente modificación se encuentran dentro del área de operación del complejo Yanacocha, sin ocupar nuevas áreas o áreas adicionales a lo ya aprobado, en concordancia al D.S. 040-2014-EM en su artículo 40° en la cual se indica que:

*“Para casos de ampliación o modificación del proyecto, en la misma área donde se ha levantado la línea base de un estudio ambiental previamente aprobado, no se requerirá del levantamiento de una nueva línea base”*

Entendiéndose con esto que la información de línea base corresponde a una misma área de estudio. En este sentido, se ha considerado sólo los sectores de las microcuencas e infraestructuras hidráulicas que se ubican dentro del área de estudio de recursos hídricos superficiales previamente aprobada en los estudios ambientales de las zonas de Yanacocha Oeste, Yanacocha Este y Cerro Negro. Es por ello que los esquemas del balance de agua climático presentadas líneas arriba corresponden principalmente a dichas áreas de estudio.

### **Oferta**

- Caudales y volúmenes simulados en la totalidad de las microcuencas en evaluación (área no disturbada), estimados para una persistencia del 75%.
- Caudales y volúmenes estimados del modelo de balance de agua, que corresponde a la oferta de las áreas disturbadas en el caso Sin Proyecto. Estos flujos también corresponden al 75% percentil.

Los caudales de oferta de las áreas disturbadas, no disturbadas y del reservorio San José se resumen en las Tablas 3.2.3-56 al 3.2.3-65.

### **Demanda**

El sistema de Yanacocha no posee estructuras de captación de agua superficial en los cursos de agua en la zona de estudio. La principal fuente de agua proviene de la precipitación interceptada por la infraestructura minera de Yanacocha en las áreas disturbadas, que es tratada en las plantas EWTP y AWTP, y que luego sirve para abastecer las demandas de consumo minero y cumplir con los compromisos de descarga asumidos por Yanacocha. Por lo tanto, la demanda hídrica en las microcuencas de estudio estará integrada por:

- Caudales y volúmenes de la demanda para uso doméstico (para uso de mina).
- Caudales y volúmenes de la demanda para uso agrícola (usos de la microcuenca), que son los caudales descargados para ser usados por los canales como compromisos de Yanacocha con las comunidades, y en los puntos de descarga DCP's como compensación al flujo base.
- Caudales y volúmenes de la demanda para uso industrial – minero.

Los caudales de demanda de la operación minera, y de terceros (compromisos sociales) se resumen en las Tablas 3.2.3.2-53 al 3.2.3.2-61.

- Caudales y volúmenes de la demanda de otros usuarios que se ubiquen dentro de la zona de estudio (se refiere a usuarios que poseen resolución de uso de agua, pero con los cuales Yanacocha no tiene compromisos de descarga).
- Los caudales y volúmenes de la demanda de caudal ecológico por microcuenca.

La Tabla 3.2.3.2-41 *Demanda de Otros Usuarios*, presenta las demandas hídricas de otros usuarios correspondientes a los derechos de agua de canales ubicados en el área no disturbada de las microcuencas de estudio.

## Balance Hídrico

La Tabla 3.2.3.2-53 hasta la Tabla 3.2.3.2-61, *Balance Hídrico Caso Sin Proyecto*, presenta el balance del caso Sin Proyecto para el Proyecto Yanacocha (incluye el sistema hídrico integral a partir de las microcuencas en evaluación); además de la representación gráfica de la serie de demanda de agua, a fin de una mejor interpretación respecto a la oferta hídrica.

Las tablas de balance hídrico se han generado para el promedio de los periodos: 2020-2025 y 2026-2040. Las tablas muestran la oferta hídrica, demandas y excedentes de agua en cada una de las microcuencas. En base a los análisis se ha encontrado que el balance hídrico es positivo, a nivel anual, es decir la oferta es mayor que la demanda. Sin embargo, durante la época seca, es posible observar estrés hídrico en las microcuencas.

**Tabla 3.2.3.2-53 Balance Hídrico Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada Honda**

Periodo 2020 - 2025							
MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.049	0.464	0.513	0.000	0.385	0.385	0.128
Febrero	0.064	0.635	0.699	0.000	0.599	0.599	0.100
Marzo	0.102	1.292	1.394	0.000	0.494	0.494	0.900
Abril	0.103	0.676	0.779	0.000	0.257	0.257	0.522
Mayo	0.079	0.314	0.393	0.077	0.265	0.342	0.052
Junio	0.027	0.126	0.154	0.077	0.128	0.205	(0.051)
Julio	0.027	0.065	0.091	0.077	0.071	0.148	(0.057)
Agosto	0.026	0.043	0.069	0.077	0.040	0.117	(0.047)
Setiembre	0.028	0.087	0.115	0.077	0.042	0.119	(0.004)
Octubre	0.032	0.419	0.451	0.077	0.117	0.194	0.257
Noviembre	0.034	0.517	0.550	0.000	0.129	0.129	0.421
Diciembre	0.041	0.590	0.631	0.000	0.167	0.167	0.464
<b>ANUAL</b>	<b>0.613</b>	<b>5.228</b>	<b>5.841</b>	<b>0.461</b>	<b>2.694</b>	<b>3.155</b>	<b>2.686</b>

Periodo 2026 - 2040							
MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.037	0.470	0.507	0.000	0.385	0.385	0.122
Febrero	0.048	0.649	0.697	0.000	0.599	0.599	0.098
Marzo	0.070	1.370	1.440	0.000	0.494	0.494	0.946
Abril	0.071	0.661	0.732	0.000	0.257	0.257	0.475
Mayo	0.052	0.308	0.360	0.077	0.265	0.342	0.018
Junio	0.027	0.123	0.150	0.077	0.128	0.205	(0.055)
Julio	0.027	0.065	0.091	0.077	0.071	0.148	(0.057)
Agosto	0.026	0.043	0.069	0.077	0.040	0.117	(0.048)
Setiembre	0.028	0.089	0.117	0.077	0.042	0.119	(0.002)
Octubre	0.033	0.422	0.454	0.077	0.117	0.194	0.260
Noviembre	0.034	0.488	0.521	0.000	0.129	0.129	0.392
Diciembre	0.036	0.576	0.612	0.000	0.167	0.167	0.445
<b>ANUAL</b>	<b>0.488</b>	<b>5.263</b>	<b>5.751</b>	<b>0.461</b>	<b>2.694</b>	<b>3.155</b>	<b>2.595</b>

Nota:

1. Incluye la descarga de los DCPs y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)

Tabla 3.2.3.2-54 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Azufre

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.322	0.412	0.734	0.044	0.308	0.352	0.382
Febrero	0.355	0.619	0.974	0.040	0.554	0.594	0.380
Marzo	0.438	1.262	1.700	0.039	0.425	0.464	1.236
Abril	0.460	0.616	1.076	0.039	0.218	0.257	0.819
Mayo	0.403	0.259	0.661	0.091	0.196	0.287	0.374
Junio	0.283	0.137	0.420	0.218	0.121	0.339	0.081
Julio	0.283	0.101	0.384	0.219	0.086	0.305	0.079
Agosto	0.283	0.075	0.358	0.222	0.062	0.284	0.075
Setiembre	0.284	0.114	0.399	0.219	0.062	0.281	0.118
Octubre	0.290	0.415	0.705	0.105	0.143	0.248	0.458
Noviembre	0.296	0.485	0.780	0.115	0.117	0.232	0.549
Diciembre	0.306	0.553	0.859	0.042	0.153	0.195	0.664
<b>ANUAL</b>	<b>4.002</b>	<b>5.048</b>	<b>9.050</b>	<b>1.392</b>	<b>2.445</b>	<b>3.837</b>	<b>5.213</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.252	0.423	0.675	0.044	0.308	0.352	0.322
Febrero	0.295	0.629	0.924	0.040	0.554	0.594	0.330
Marzo	0.377	1.329	1.705	0.039	0.425	0.464	1.241
Abril	0.407	0.592	1.000	0.039	0.218	0.257	0.743
Mayo	0.340	0.254	0.594	0.091	0.196	0.287	0.307
Junio	0.232	0.136	0.368	0.218	0.121	0.339	0.029
Julio	0.228	0.101	0.330	0.219	0.086	0.305	0.025
Agosto	0.228	0.075	0.303	0.222	0.062	0.284	0.020
Setiembre	0.230	0.115	0.346	0.219	0.062	0.281	0.065
Octubre	0.239	0.415	0.654	0.105	0.143	0.248	0.407
Noviembre	0.246	0.459	0.706	0.115	0.117	0.232	0.474
Diciembre	0.253	0.545	0.798	0.042	0.153	0.195	0.603
<b>ANUAL</b>	<b>3.329</b>	<b>5.073</b>	<b>8.403</b>	<b>1.392</b>	<b>2.445</b>	<b>3.837</b>	<b>4.566</b>

Tabla 3.2.3.2-55 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada La Saccha

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.009	0.083	0.091	0.021	0.048	0.069	0.023
Febrero	0.010	0.133	0.143	0.021	0.106	0.127	0.016
Marzo	0.014	0.264	0.278	0.021	0.083	0.104	0.174
Abril	0.016	0.122	0.138	0.021	0.034	0.055	0.084
Mayo	0.013	0.038	0.051	0.021	0.013	0.034	0.017
Junio	0.007	0.007	0.014	0.021	0.005	0.026	(0.011)
Julio	0.007	0.003	0.010	0.021	0.002	0.023	(0.013)
Agosto	0.007	0.001	0.008	0.021	0.001	0.022	(0.013)
Setiembre	0.007	0.019	0.026	0.021	0.001	0.022	0.005
Octubre	0.007	0.091	0.098	0.021	0.021	0.042	0.056
Noviembre	0.007	0.107	0.114	0.021	0.016	0.037	0.078
Diciembre	0.007	0.118	0.125	0.021	0.015	0.036	0.090
<b>ANUAL</b>	<b>0.111</b>	<b>0.986</b>	<b>1.097</b>	<b>0.246</b>	<b>0.345</b>	<b>0.591</b>	<b>0.506</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.013	0.085	0.098	0.021	0.048	0.069	0.029
Febrero	0.016	0.133	0.149	0.021	0.106	0.127	0.022
Marzo	0.016	0.274	0.290	0.021	0.083	0.104	0.186
Abril	0.016	0.117	0.133	0.021	0.034	0.055	0.079
Mayo	0.016	0.036	0.052	0.021	0.013	0.034	0.019
Junio	0.007	0.007	0.014	0.021	0.005	0.026	(0.011)
Julio	0.007	0.003	0.010	0.021	0.002	0.023	(0.013)
Agosto	0.007	0.001	0.008	0.021	0.001	0.022	(0.013)
Setiembre	0.007	0.020	0.027	0.021	0.001	0.022	0.005
Octubre	0.007	0.093	0.100	0.021	0.021	0.042	0.059
Noviembre	0.007	0.101	0.108	0.021	0.016	0.037	0.072
Diciembre	0.011	0.116	0.127	0.021	0.015	0.036	0.091
<b>ANUAL</b>	<b>0.129</b>	<b>0.987</b>	<b>1.116</b>	<b>0.246</b>	<b>0.345</b>	<b>0.591</b>	<b>0.525</b>

Tabla 3.2.3.2-56 Balance Hídrico en el Caso Sin proyecto – Microcuenca Río San José

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.027	0.174	0.201	0.035	0.099	0.134	0.068
Febrero	0.035	0.281	0.316	0.035	0.222	0.257	0.059
Marzo	0.068	0.560	0.628	0.035	0.173	0.208	0.420
Abril	0.079	0.258	0.337	0.044	0.072	0.116	0.221
Mayo	0.059	0.077	0.136	0.053	0.029	0.082	0.055
Junio	0.015	0.013	0.028	0.053	0.012	0.065	(0.037)
Julio	0.015	0.004	0.019	0.053	0.005	0.058	(0.038)
Agosto	0.015	0.002	0.017	0.053	0.002	0.055	(0.038)
Setiembre	0.015	0.040	0.055	0.053	0.001	0.054	0.001
Octubre	0.015	0.193	0.208	0.053	0.042	0.095	0.114
Noviembre	0.015	0.228	0.243	0.044	0.035	0.079	0.164
Diciembre	0.019	0.250	0.269	0.035	0.032	0.067	0.203
<b>ANUAL</b>	<b>0.379</b>	<b>2.081</b>	<b>2.460</b>	<b>0.544</b>	<b>0.724</b>	<b>1.268</b>	<b>1.192</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.061	0.178	0.239	0.035	0.099	0.134	0.105
Febrero	0.079	0.281	0.360	0.035	0.222	0.257	0.104
Marzo	0.079	0.583	0.663	0.035	0.173	0.208	0.455
Abril	0.083	0.248	0.330	0.044	0.072	0.116	0.214
Mayo	0.079	0.075	0.154	0.053	0.029	0.082	0.072
Junio	0.015	0.012	0.027	0.053	0.012	0.065	(0.037)
Julio	0.015	0.004	0.019	0.053	0.005	0.058	(0.038)
Agosto	0.015	0.002	0.017	0.053	0.002	0.055	(0.038)
Setiembre	0.015	0.041	0.056	0.053	0.001	0.054	0.003
Octubre	0.015	0.199	0.214	0.053	0.042	0.095	0.119
Noviembre	0.015	0.214	0.229	0.044	0.035	0.079	0.150
Diciembre	0.042	0.246	0.288	0.035	0.032	0.067	0.221
<b>ANUAL</b>	<b>0.514</b>	<b>2.084</b>	<b>2.598</b>	<b>0.544</b>	<b>0.724</b>	<b>1.268</b>	<b>1.330</b>



Tabla 3.2.3.2-57 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Grande

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.451	0.540	0.991	0.015	0.290	0.305	0.686
Febrero	0.502	0.642	1.145	0.013	0.643	0.656	0.488
Marzo	0.601	1.325	1.926	0.012	0.562	0.574	1.352
Abril	0.573	0.776	1.349	0.012	0.586	0.598	0.751
Mayo	0.681	0.427	1.109	0.144	0.455	0.599	0.510
Junio	0.584	0.175	0.760	0.144	0.222	0.366	0.394
Julio	0.573	0.073	0.646	0.142	0.090	0.232	0.415
Agosto	0.567	0.044	0.611	0.144	0.042	0.186	0.425
Setiembre	0.570	0.081	0.651	0.144	0.030	0.174	0.477
Octubre	0.591	0.395	0.986	0.138	0.220	0.358	0.628
Noviembre	0.531	0.537	1.068	0.015	0.240	0.255	0.813
Diciembre	0.451	0.645	1.096	0.015	0.373	0.388	0.708
<b>ANUAL</b>	<b>6.677</b>	<b>5.662</b>	<b>12.339</b>	<b>0.938</b>	<b>3.753</b>	<b>4.691</b>	<b>7.648</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.425	0.544	0.969	0.015	0.290	0.305	0.664
Febrero	0.468	0.666	1.134	0.013	0.643	0.656	0.478
Marzo	0.576	1.422	1.998	0.012	0.562	0.574	1.424
Abril	0.526	0.767	1.294	0.012	0.586	0.598	0.696
Mayo	0.600	0.417	1.016	0.144	0.455	0.599	0.417
Junio	0.531	0.169	0.700	0.144	0.222	0.366	0.334
Julio	0.525	0.073	0.598	0.142	0.090	0.232	0.366
Agosto	0.525	0.043	0.568	0.144	0.042	0.186	0.382
Setiembre	0.525	0.081	0.606	0.144	0.030	0.174	0.432
Octubre	0.540	0.415	0.956	0.138	0.220	0.358	0.598
Noviembre	0.504	0.514	1.019	0.015	0.240	0.255	0.764
Diciembre	0.428	0.619	1.047	0.015	0.373	0.388	0.659
<b>ANUAL</b>	<b>6.173</b>	<b>5.732</b>	<b>11.905</b>	<b>0.938</b>	<b>3.753</b>	<b>4.691</b>	<b>7.215</b>

**Notas:**

1. Incluye la descarga de los DCPs, la demanda de los canales (DCLL-1, DCEC-1 y DCQ-1) con los que Yanacocha tiene compromiso y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)
2. Se incluye la demanda de otros usuarios en la microcuenca y también la demanda de los canales DCLL-1, DCEC-1 y DCQ-1 con los que Yanacocha tiene compromisos de descarga.

Tabla 3.2.3.2-58 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Río Shoclla

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha <sup>(Ver Nota 1)</sup>	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios <sup>(Ver Nota 2)</sup>	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.144	0.479	0.623	0.000	0.216	0.216	0.407
Febrero	0.158	0.616	0.774	0.000	0.482	0.482	0.292
Marzo	0.181	1.385	1.566	0.000	0.448	0.448	1.118
Abril	0.155	0.684	0.839	0.000	0.401	0.401	0.438
Mayo	0.174	0.346	0.520	0.041	0.283	0.324	0.196
Junio	0.167	0.155	0.322	0.041	0.125	0.166	0.155
Julio	0.164	0.084	0.248	0.041	0.070	0.111	0.136
Agosto	0.160	0.056	0.216	0.041	0.070	0.111	0.105
Setiembre	0.162	0.082	0.244	0.041	0.070	0.111	0.133
Octubre	0.169	0.400	0.569	0.041	0.244	0.285	0.283
Noviembre	0.146	0.505	0.650	0.000	0.207	0.207	0.443
Diciembre	0.149	0.586	0.735	0.000	0.246	0.246	0.489
<b>ANUAL</b>	<b>1.928</b>	<b>5.378</b>	<b>7.306</b>	<b>0.248</b>	<b>2.862</b>	<b>3.110</b>	<b>4.196</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha <sup>(Ver Nota 1)</sup>	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios <sup>(Ver Nota 2)</sup>	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.183	0.481	0.664	0.000	0.216	0.216	0.448
Febrero	0.204	0.636	0.840	0.000	0.482	0.482	0.358
Marzo	0.252	1.468	1.720	0.000	0.448	0.448	1.272
Abril	0.225	0.677	0.902	0.000	0.401	0.401	0.501
Mayo	0.225	0.339	0.563	0.041	0.283	0.324	0.239
Junio	0.201	0.153	0.354	0.041	0.125	0.166	0.188
Julio	0.188	0.083	0.271	0.041	0.070	0.111	0.160
Agosto	0.142	0.056	0.198	0.041	0.070	0.111	0.086
Setiembre	0.130	0.081	0.212	0.041	0.070	0.111	0.101
Octubre	0.153	0.405	0.558	0.041	0.244	0.285	0.273
Noviembre	0.159	0.476	0.635	0.000	0.207	0.207	0.428
Diciembre	0.184	0.575	0.759	0.000	0.246	0.246	0.513
<b>ANUAL</b>	<b>2.247</b>	<b>5.429</b>	<b>7.676</b>	<b>0.248</b>	<b>2.862</b>	<b>3.110</b>	<b>4.566</b>

## Notas:

1. Incluye la descarga de los DCPs, la demanda de los canales (DCTU2B y DCPTULQ) con los que Yanacocha tiene compromiso y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)
2. Se incluye la demanda de otros usuarios en la microcuenca, también la demanda de los canales (DCTU2B y DCPTULQ) con los que Yanacocha tiene compromisos de descarga.

Tabla 3.2.3.2-59 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada SN1

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.031	0.031	0.000	0.013	0.013	0.018
Febrero	0.000	0.040	0.040	0.000	0.032	0.032	0.008
Marzo	0.000	0.083	0.083	0.000	0.029	0.029	0.054
Abril	0.000	0.045	0.045	0.000	0.028	0.028	0.017
Mayo	0.000	0.024	0.024	0.000	0.018	0.018	0.006
Junio	0.000	0.011	0.011	0.000	0.008	0.008	0.003
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.004	0.001
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.002	0.002	0.003
Octubre	0.000	0.025	0.025	0.000	0.014	0.014	0.011
Noviembre	0.000	0.033	0.033	0.000	0.013	0.013	0.020
Diciembre	0.000	0.039	0.039	0.000	0.015	0.015	0.024
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.344</b>	<b>0.344</b>	<b>0.000</b>	<b>0.179</b>	<b>0.179</b>	<b>0.165</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.032	0.032	0.000	0.013	0.013	0.019
Febrero	0.000	0.041	0.041	0.000	0.032	0.032	0.009
Marzo	0.000	0.089	0.089	0.000	0.029	0.029	0.060
Abril	0.000	0.044	0.044	0.000	0.028	0.028	0.016
Mayo	0.000	0.023	0.023	0.000	0.018	0.018	0.005
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.004	0.001
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.002	0.002	0.003
Octubre	0.000	0.025	0.025	0.000	0.014	0.014	0.011
Noviembre	0.000	0.031	0.031	0.000	0.013	0.013	0.018
Diciembre	0.000	0.037	0.037	0.000	0.015	0.015	0.022
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.347</b>	<b>0.347</b>	<b>0.000</b>	<b>0.179</b>	<b>0.179</b>	<b>0.168</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.

Tabla 3.2.3.2-60 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Microcuenca Quebrada Chachacoma

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.062	0.062	0.000	0.027	0.027	0.035
Febrero	0.000	0.082	0.082	0.000	0.067	0.067	0.015
Marzo	0.000	0.175	0.175	0.000	0.061	0.061	0.114
Abril	0.000	0.091	0.091	0.000	0.057	0.057	0.034
Mayo	0.000	0.046	0.046	0.000	0.038	0.038	0.008
Junio	0.000	0.020	0.020	0.000	0.016	0.016	0.004
Julio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Agosto	0.000	0.007	0.007	0.000	0.005	0.005	0.002
Setiembre	0.000	0.010	0.010	0.000	0.004	0.004	0.006
Octubre	0.000	0.052	0.052	0.000	0.030	0.030	0.022
Noviembre	0.000	0.066	0.066	0.000	0.027	0.027	0.039
Diciembre	0.000	0.077	0.077	0.000	0.032	0.032	0.045
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.699</b>	<b>0.699</b>	<b>0.000</b>	<b>0.372</b>	<b>0.372</b>	<b>0.327</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.064	0.064	0.000	0.027	0.027	0.037
Febrero	0.000	0.085	0.085	0.000	0.067	0.067	0.018
Marzo	0.000	0.187	0.187	0.000	0.061	0.061	0.126
Abril	0.000	0.090	0.090	0.000	0.057	0.057	0.033
Mayo	0.000	0.045	0.045	0.000	0.038	0.038	0.007
Junio	0.000	0.020	0.020	0.000	0.016	0.016	0.004
Julio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Agosto	0.000	0.007	0.007	0.000	0.005	0.005	0.002
Setiembre	0.000	0.010	0.010	0.000	0.004	0.004	0.006
Octubre	0.000	0.052	0.052	0.000	0.030	0.030	0.022
Noviembre	0.000	0.062	0.062	0.000	0.027	0.027	0.035
Diciembre	0.000	0.076	0.076	0.000	0.032	0.032	0.044
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.706</b>	<b>0.706</b>	<b>0.000</b>	<b>0.372</b>	<b>0.372</b>	<b>0.334</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.

Tabla 3.2.3.2-61 Balance Hídrico en el Caso Sin Proyecto – Intercuenca SN2

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.029	0.029	0.000	0.000	0.000	0.029
Febrero	0.000	0.038	0.038	0.000	0.000	0.000	0.038
Marzo	0.000	0.080	0.080	0.000	0.000	0.000	0.080
Abril	0.000	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.042
Mayo	0.000	0.022	0.022	0.000	0.000	0.000	0.022
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Octubre	0.000	0.024	0.024	0.000	0.000	0.000	0.024
Noviembre	0.000	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000	0.030
Diciembre	0.000	0.036	0.036	0.000	0.000	0.000	0.036
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.325</b>	<b>0.325</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.325</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000	0.030
Febrero	0.000	0.039	0.039	0.000	0.000	0.000	0.039
Marzo	0.000	0.085	0.085	0.000	0.000	0.000	0.085
Abril	0.000	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.042
Mayo	0.000	0.021	0.021	0.000	0.000	0.000	0.021
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Octubre	0.000	0.024	0.024	0.000	0.000	0.000	0.024
Noviembre	0.000	0.029	0.029	0.000	0.000	0.000	0.029
Diciembre	0.000	0.035	0.035	0.000	0.000	0.000	0.035
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.328</b>	<b>0.328</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.328</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.

### **Balance Hídrico caso Con Proyecto**

En el de caso Con Proyecto se mantienen los criterios establecidos en el Caso Sin Proyecto con respecto a la dirección de flujos, criterios de operación y cierre. Pero se modifica el cronograma de construcción de depósito de relaves Pampa Larga, las plantas AWTP/EWTP y se realiza la optimización del Sistema Integral de Manejo de Agua (SIMA). Bajo estas consideraciones se describe la oferta y demanda para el caso Con Proyecto:

#### **Oferta**

- Caudales y volúmenes simulados en los diferentes períodos proyectados para cada una de las microcuencas en evaluación, estimados para una persistencia del 75%.
- Caudales y volúmenes estimados del modelo de balance de agua, que corresponde a las descargas que realiza Yanacocha en los diferentes períodos proyectados.

La oferta hídrica proyectada es igual a la oferta hídrica del caso sin proyecto, debido a que los nuevos componentes se ubican sobre áreas disturbadas existentes, y el impacto al flujo base es nulo. La oferta hídrica se muestra en las Tablas 3.2.3.2-63 hasta 3.2.3.2-71 *Balance Hídrico Proyectado*.

#### **Demanda**

- Caudales y volúmenes de la demanda para uso doméstico (para uso de mina)

La Tabla 3.2.3.2-62, *Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha-caso con Proyecto*, se refiere a las demandas mensuales o consumo de agua para el caso Con Proyecto en todo el complejo Yanacocha, considera consumos de agua para controles ambientales en condiciones de operación y cierre de algunos componentes, agua para la construcción de los componentes del caso con proyecto y agua para procesos.

**Tabla 3.2.3.2-62 Demandas Mensuales por Consumo del Complejo Minero Yanacocha - Caso con Proyecto**

Mes	Periodo 2020-2025			Periodo 2026-2040		
	Agua para controles ambientales (m³)	Agua para construcción (m³)	Agua para procesos (m³)	Agua para controles ambientales (m³)	Agua para construcción (m³)	Agua para procesos (m³)
Enero	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Febrero	111,251	20,647	361,172	53,591	29,578	530,088
Marzo	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Abril	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Mayo	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Junio	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Julio	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Agosto	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Setiembre	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Octubre	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341
Noviembre	117,630	21,885	381,508	56,950	31,456	563,556
Diciembre	121,551	22,615	394,225	58,849	32,505	582,341

- Caudales y volúmenes de la demanda para uso agrícola (usos de la microcuenca), que son los caudales descargados para ser usados por los canales como compromisos de Yanacocha con las comunidades, y en los puntos de descarga DCP's como compensación al flujo base. Los flujos de descarga en canales y por mitigación al flujo base se mantienen con respecto al caso Sin Proyecto, debido que el impacto al flujo base es nulo.

- Caudales y volúmenes de la demanda para uso industrial – minero.

Las demandas por microcuenca del caso con proyecto se muestran en las Tablas 3.2.3.2-63 hasta 3.2.3.2-71.

### **Balance Hídrico**

Las Tablas 3.2.3.2-63 hasta 3.2.3.2-71, *Balance Hídrico Proyectado* presentan el balance proyectado para la presente II MEIA Yanacocha (incluye el sistema hídrico integral a partir de las microcuencas en evaluación); además de la representación gráfica de la serie de demanda de agua, a fin de una mejor interpretación respecto a la oferta hídrica.

Las tablas de balance hídrico se han generado para los periodos: 2020-2025 y 2026-2040, mostrando los valores al 75% para dichos periodos. Las tablas muestran la oferta hídrica, demandas y excedentes de agua en cada una de las microcuencas de estudio. En base a los análisis se ha encontrado que el balance hídrico es positivo a nivel anual, es decir la oferta es mayor que la demanda. Sin embargo, en la microcuenca quebrada Honda, quebrada La Saccha y río San José se observa estrés hídrico durante los meses de la época seca (mayo – septiembre).

En general, el resultado de los periodos de análisis para los escenarios Sin Proyecto y Con Proyecto no manifiesta mayores diferencias entre estos, de hecho, las variaciones se producen debido a la reducción de los flujos de descarga que se realizan en los DCPs, los cuales a pesar de la reducción cumplen con los compromisos de mitigación al flujo base y otros que posee Yanacocha, inclusive durante la época seca y bajo condiciones hidrológicas secas (95%).



Tabla 3.2.3.2-63 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada Honda

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.057	0.464	0.522	0.000	0.385	0.385	0.137
Febrero	0.067	0.635	0.702	0.000	0.599	0.599	0.103
Marzo	0.091	1.292	1.384	0.000	0.494	0.494	0.890
Abril	0.094	0.676	0.770	0.000	0.257	0.257	0.513
Mayo	0.071	0.314	0.385	0.077	0.265	0.342	0.043
Junio	0.027	0.126	0.154	0.077	0.128	0.205	(0.051)
Julio	0.027	0.065	0.091	0.077	0.071	0.148	(0.057)
Agosto	0.026	0.043	0.069	0.077	0.040	0.117	(0.047)
Setiembre	0.028	0.087	0.115	0.077	0.042	0.119	(0.004)
Octubre	0.032	0.419	0.451	0.077	0.117	0.194	0.257
Noviembre	0.034	0.517	0.550	0.000	0.129	0.129	0.421
Diciembre	0.056	0.590	0.646	0.000	0.167	0.167	0.479
<b>ANUAL</b>	<b>0.611</b>	<b>5.228</b>	<b>5.839</b>	<b>0.461</b>	<b>2.694</b>	<b>3.155</b>	<b>2.684</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.035	0.470	0.505	0.000	0.385	0.385	0.120
Febrero	0.043	0.649	0.693	0.000	0.599	0.599	0.094
Marzo	0.070	1.370	1.440	0.000	0.494	0.494	0.946
Abril	0.069	0.661	0.731	0.000	0.257	0.257	0.474
Mayo	0.040	0.308	0.348	0.077	0.265	0.342	0.006
Junio	0.027	0.123	0.150	0.077	0.128	0.205	(0.055)
Julio	0.027	0.065	0.091	0.077	0.071	0.148	(0.057)
Agosto	0.026	0.043	0.069	0.077	0.040	0.117	(0.048)
Setiembre	0.028	0.089	0.117	0.077	0.042	0.119	(0.002)
Octubre	0.033	0.422	0.454	0.077	0.117	0.194	0.260
Noviembre	0.034	0.488	0.522	0.000	0.129	0.129	0.393
Diciembre	0.040	0.576	0.616	0.000	0.167	0.167	0.449
<b>ANUAL</b>	<b>0.471</b>	<b>5.263</b>	<b>5.735</b>	<b>0.461</b>	<b>2.694</b>	<b>3.155</b>	<b>2.579</b>

Nota:

1. Incluye la descarga de los DCPs y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)

Tabla 3.2.3.2-64 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Azufre

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.336	0.412	0.748	0.044	0.308	0.352	0.395
Febrero	0.364	0.619	0.983	0.040	0.554	0.594	0.389
Marzo	0.406	1.262	1.667	0.039	0.425	0.464	1.203
Abril	0.433	0.616	1.049	0.039	0.218	0.257	0.791
Mayo	0.379	0.259	0.638	0.091	0.196	0.287	0.351
Junio	0.277	0.137	0.414	0.218	0.121	0.339	0.075
Julio	0.276	0.101	0.377	0.219	0.086	0.305	0.073
Agosto	0.276	0.075	0.352	0.222	0.062	0.284	0.068
Setiembre	0.278	0.114	0.393	0.219	0.062	0.281	0.112
Octubre	0.285	0.415	0.700	0.105	0.143	0.248	0.453
Noviembre	0.312	0.485	0.797	0.115	0.117	0.232	0.565
Diciembre	0.329	0.553	0.882	0.042	0.153	0.195	0.686
<b>ANUAL</b>	<b>3.950</b>	<b>5.048</b>	<b>8.998</b>	<b>1.392</b>	<b>2.445</b>	<b>3.837</b>	<b>5.161</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.241	0.423	0.664	0.044	0.308	0.352	0.311
Febrero	0.267	0.629	0.896	0.040	0.554	0.594	0.302
Marzo	0.331	1.329	1.659	0.039	0.425	0.464	1.195
Abril	0.345	0.592	0.937	0.039	0.218	0.257	0.680
Mayo	0.257	0.254	0.511	0.091	0.196	0.287	0.224
Junio	0.225	0.136	0.361	0.218	0.121	0.339	0.022
Julio	0.225	0.101	0.326	0.219	0.086	0.305	0.022
Agosto	0.225	0.075	0.300	0.222	0.062	0.284	0.016
Setiembre	0.228	0.115	0.343	0.219	0.062	0.281	0.063
Octubre	0.238	0.415	0.653	0.105	0.143	0.248	0.406
Noviembre	0.261	0.459	0.721	0.115	0.117	0.232	0.489
Diciembre	0.267	0.545	0.811	0.042	0.153	0.195	0.616
<b>ANUAL</b>	<b>3.110</b>	<b>5.073</b>	<b>8.183</b>	<b>1.392</b>	<b>2.445</b>	<b>3.837</b>	<b>4.346</b>

Tabla 3.2.3.2-65 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada La Saccha

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.010	0.083	0.092	0.021	0.048	0.069	0.024
Febrero	0.011	0.133	0.144	0.021	0.106	0.127	0.017
Marzo	0.013	0.264	0.276	0.021	0.083	0.104	0.173
Abril	0.014	0.122	0.137	0.021	0.034	0.055	0.082
Mayo	0.012	0.038	0.050	0.021	0.013	0.034	0.016
Junio	0.007	0.007	0.014	0.021	0.005	0.026	(0.011)
Julio	0.007	0.003	0.010	0.021	0.002	0.023	(0.013)
Agosto	0.007	0.001	0.008	0.021	0.001	0.022	(0.013)
Setiembre	0.007	0.019	0.026	0.021	0.001	0.022	0.005
Octubre	0.007	0.091	0.098	0.021	0.021	0.042	0.056
Noviembre	0.007	0.107	0.114	0.021	0.016	0.037	0.078
Diciembre	0.009	0.118	0.127	0.021	0.015	0.036	0.092
<b>ANUAL</b>	<b>0.110</b>	<b>0.986</b>	<b>1.097</b>	<b>0.246</b>	<b>0.345</b>	<b>0.591</b>	<b>0.506</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.007	0.085	0.092	0.021	0.048	0.069	0.023
Febrero	0.007	0.133	0.140	0.021	0.106	0.127	0.014
Marzo	0.010	0.274	0.284	0.021	0.083	0.104	0.180
Abril	0.011	0.117	0.128	0.021	0.034	0.055	0.074
Mayo	0.008	0.036	0.044	0.021	0.013	0.034	0.011
Junio	0.007	0.007	0.014	0.021	0.005	0.026	(0.011)
Julio	0.007	0.003	0.010	0.021	0.002	0.023	(0.013)
Agosto	0.007	0.001	0.008	0.021	0.001	0.022	(0.013)
Setiembre	0.007	0.020	0.027	0.021	0.001	0.022	0.005
Octubre	0.007	0.093	0.100	0.021	0.021	0.042	0.059
Noviembre	0.007	0.101	0.108	0.021	0.016	0.037	0.072
Diciembre	0.008	0.116	0.124	0.021	0.015	0.036	0.088
<b>ANUAL</b>	<b>0.092</b>	<b>0.987</b>	<b>1.079</b>	<b>0.246</b>	<b>0.345</b>	<b>0.591</b>	<b>0.488</b>

Tabla 3.2.3.2-66 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río San José

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.036	0.174	0.210	0.035	0.099	0.134	0.076
Febrero	0.041	0.281	0.322	0.035	0.222	0.257	0.066
Marzo	0.055	0.560	0.615	0.035	0.173	0.208	0.407
Abril	0.068	0.258	0.326	0.044	0.072	0.116	0.210
Mayo	0.051	0.077	0.129	0.053	0.029	0.082	0.047
Junio	0.015	0.013	0.028	0.053	0.012	0.065	(0.037)
Julio	0.015	0.004	0.019	0.053	0.005	0.058	(0.038)
Agosto	0.015	0.002	0.017	0.053	0.002	0.055	(0.038)
Setiembre	0.015	0.040	0.055	0.053	0.001	0.054	0.001
Octubre	0.015	0.193	0.208	0.053	0.042	0.095	0.114
Noviembre	0.015	0.228	0.243	0.044	0.035	0.079	0.164
Diciembre	0.033	0.250	0.283	0.035	0.032	0.067	0.216
<b>ANUAL</b>	<b>0.376</b>	<b>2.081</b>	<b>2.457</b>	<b>0.544</b>	<b>0.724</b>	<b>1.268</b>	<b>1.188</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.015	0.178	0.194	0.035	0.099	0.134	0.060
Febrero	0.017	0.281	0.299	0.035	0.222	0.257	0.042
Marzo	0.034	0.583	0.617	0.035	0.173	0.208	0.409
Abril	0.043	0.248	0.290	0.044	0.072	0.116	0.174
Mayo	0.022	0.075	0.097	0.053	0.029	0.082	0.015
Junio	0.015	0.012	0.027	0.053	0.012	0.065	(0.037)
Julio	0.015	0.004	0.019	0.053	0.005	0.058	(0.038)
Agosto	0.015	0.002	0.017	0.053	0.002	0.055	(0.038)
Setiembre	0.015	0.041	0.056	0.053	0.001	0.054	0.003
Octubre	0.015	0.199	0.214	0.053	0.042	0.095	0.119
Noviembre	0.015	0.214	0.229	0.044	0.035	0.079	0.150
Diciembre	0.019	0.246	0.266	0.035	0.032	0.067	0.199
<b>ANUAL</b>	<b>0.242</b>	<b>2.084</b>	<b>2.326</b>	<b>0.544</b>	<b>0.724</b>	<b>1.268</b>	<b>1.058</b>

Tabla 3.2.3.2-67 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Grande

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.492	0.540	1.032	0.015	0.290	0.305	0.727
Febrero	0.535	0.642	1.178	0.013	0.643	0.656	0.521
Marzo	0.630	1.325	1.955	0.012	0.562	0.574	1.381
Abril	0.609	0.776	1.385	0.012	0.586	0.598	0.787
Mayo	0.587	0.427	1.014	0.144	0.455	0.599	0.416
Junio	0.492	0.175	0.667	0.144	0.222	0.366	0.301
Julio	0.483	0.073	0.556	0.142	0.090	0.232	0.324
Agosto	0.480	0.044	0.524	0.144	0.042	0.186	0.338
Setiembre	0.481	0.081	0.562	0.144	0.030	0.174	0.388
Octubre	0.502	0.395	0.897	0.138	0.220	0.358	0.539
Noviembre	0.449	0.537	0.986	0.015	0.240	0.255	0.731
Diciembre	0.500	0.645	1.145	0.015	0.373	0.388	0.757
<b>ANUAL</b>	<b>6.240</b>	<b>5.662</b>	<b>11.901</b>	<b>0.938</b>	<b>3.753</b>	<b>4.691</b>	<b>7.210</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.503	0.544	1.047	0.015	0.290	0.305	0.742
Febrero	0.555	0.666	1.221	0.013	0.643	0.656	0.565
Marzo	0.681	1.422	2.104	0.012	0.562	0.574	1.530
Abril	0.675	0.767	1.443	0.012	0.586	0.598	0.845
Mayo	0.589	0.417	1.006	0.144	0.455	0.599	0.407
Junio	0.477	0.169	0.646	0.144	0.222	0.366	0.280
Julio	0.452	0.073	0.525	0.142	0.090	0.232	0.293
Agosto	0.449	0.043	0.492	0.144	0.042	0.186	0.307
Setiembre	0.450	0.081	0.531	0.144	0.030	0.174	0.357
Octubre	0.475	0.415	0.891	0.138	0.220	0.358	0.533
Noviembre	0.461	0.514	0.976	0.015	0.240	0.255	0.721
Diciembre	0.505	0.619	1.124	0.015	0.373	0.388	0.736
<b>ANUAL</b>	<b>6.273</b>	<b>5.732</b>	<b>12.005</b>	<b>0.938</b>	<b>3.753</b>	<b>4.691</b>	<b>7.315</b>

**Notas:**

1. Incluye la descarga de los DCPs, la demanda de los canales (DCLL-1, DCEC-1 y DCQ-1) con los que Yanacocha tiene compromiso y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)
2. Se incluye la demanda de otros usuarios en la microcuenca y también la demanda de los canales DCLL-1, DCEC-1 y DCQ-1 con los que Yanacocha tiene compromisos de descarga.

Tabla 3.2.3.2-68 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Río Shoclla

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.135	0.479	0.614	0.000	0.216	0.216	0.398
Febrero	0.147	0.616	0.763	0.000	0.482	0.482	0.281
Marzo	0.165	1.385	1.550	0.000	0.448	0.448	1.102
Abril	0.142	0.684	0.826	0.000	0.401	0.401	0.425
Mayo	0.166	0.346	0.512	0.041	0.283	0.324	0.188
Junio	0.162	0.155	0.317	0.041	0.125	0.166	0.151
Julio	0.149	0.084	0.233	0.041	0.070	0.111	0.121
Agosto	0.135	0.056	0.191	0.041	0.070	0.111	0.080
Setiembre	0.142	0.082	0.224	0.041	0.070	0.111	0.113
Octubre	0.157	0.400	0.557	0.041	0.244	0.285	0.272
Noviembre	0.137	0.505	0.642	0.000	0.207	0.207	0.435
Diciembre	0.142	0.586	0.728	0.000	0.246	0.246	0.482
<b>ANUAL</b>	<b>1.779</b>	<b>5.378</b>	<b>7.158</b>	<b>0.248</b>	<b>2.862</b>	<b>3.110</b>	<b>4.047</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios (Ver Nota 2)	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.133	0.481	0.614	0.000	0.216	0.216	0.398
Febrero	0.149	0.636	0.786	0.000	0.482	0.482	0.304
Marzo	0.176	1.468	1.644	0.000	0.448	0.448	1.196
Abril	0.154	0.677	0.831	0.000	0.401	0.401	0.430
Mayo	0.180	0.339	0.519	0.041	0.283	0.324	0.194
Junio	0.171	0.153	0.324	0.041	0.125	0.166	0.158
Julio	0.137	0.083	0.220	0.041	0.070	0.111	0.108
Agosto	0.113	0.056	0.168	0.041	0.070	0.111	0.057
Setiembre	0.116	0.081	0.197	0.041	0.070	0.111	0.086
Octubre	0.130	0.405	0.535	0.041	0.244	0.285	0.250
Noviembre	0.116	0.476	0.592	0.000	0.207	0.207	0.385
Diciembre	0.130	0.575	0.706	0.000	0.246	0.246	0.460
<b>ANUAL</b>	<b>1.706</b>	<b>5.429</b>	<b>7.135</b>	<b>0.248</b>	<b>2.862</b>	<b>3.110</b>	<b>4.025</b>

Notas:

1. Incluye la descarga de los DCPs, la demanda de los canales (DCTU2B y DCPTULQ) con los que Yanacocha tiene compromiso y las descargas de las facilidades menores (depósitos de material orgánico e inadecuado)
2. Se incluye la demanda de otros usuarios en la microcuenca, también la demanda de los canales (DCTU2B y DCPTULQ) con los que Yanacocha tiene compromisos de descarga.

Tabla 3.2.3.2-69 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada SN1

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.031	0.031	0.000	0.013	0.013	0.018
Febrero	0.000	0.040	0.040	0.000	0.032	0.032	0.008
Marzo	0.000	0.083	0.083	0.000	0.029	0.029	0.054
Abril	0.000	0.045	0.045	0.000	0.028	0.028	0.017
Mayo	0.000	0.024	0.024	0.000	0.018	0.018	0.006
Junio	0.000	0.011	0.011	0.000	0.008	0.008	0.003
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.004	0.001
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.002	0.002	0.003
Octubre	0.000	0.025	0.025	0.000	0.014	0.014	0.011
Noviembre	0.000	0.033	0.033	0.000	0.013	0.013	0.020
Diciembre	0.000	0.039	0.039	0.000	0.015	0.015	0.024
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.344</b>	<b>0.344</b>	<b>0.000</b>	<b>0.179</b>	<b>0.179</b>	<b>0.165</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.032	0.032	0.000	0.013	0.013	0.019
Febrero	0.000	0.041	0.041	0.000	0.032	0.032	0.009
Marzo	0.000	0.089	0.089	0.000	0.029	0.029	0.060
Abril	0.000	0.044	0.044	0.000	0.028	0.028	0.016
Mayo	0.000	0.023	0.023	0.000	0.018	0.018	0.005
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.004	0.001
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.000
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.002	0.002	0.003
Octubre	0.000	0.025	0.025	0.000	0.014	0.014	0.011
Noviembre	0.000	0.031	0.031	0.000	0.013	0.013	0.018
Diciembre	0.000	0.037	0.037	0.000	0.015	0.015	0.022
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.347</b>	<b>0.347</b>	<b>0.000</b>	<b>0.179</b>	<b>0.179</b>	<b>0.168</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.



Tabla 3.2.3.2-70 Balance Hídrico Proyectado – Microcuenca Quebrada Chachacoma

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.062	0.062	0.000	0.027	0.027	0.035
Febrero	0.000	0.082	0.082	0.000	0.067	0.067	0.015
Marzo	0.000	0.175	0.175	0.000	0.061	0.061	0.114
Abril	0.000	0.091	0.091	0.000	0.057	0.057	0.034
Mayo	0.000	0.046	0.046	0.000	0.038	0.038	0.008
Junio	0.000	0.020	0.020	0.000	0.016	0.016	0.004
Julio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Agosto	0.000	0.007	0.007	0.000	0.005	0.005	0.002
Setiembre	0.000	0.010	0.010	0.000	0.004	0.004	0.006
Octubre	0.000	0.052	0.052	0.000	0.030	0.030	0.022
Noviembre	0.000	0.066	0.066	0.000	0.027	0.027	0.039
Diciembre	0.000	0.077	0.077	0.000	0.032	0.032	0.045
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.699</b>	<b>0.699</b>	<b>0.000</b>	<b>0.372</b>	<b>0.372</b>	<b>0.327</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.064	0.064	0.000	0.027	0.027	0.037
Febrero	0.000	0.085	0.085	0.000	0.067	0.067	0.018
Marzo	0.000	0.187	0.187	0.000	0.061	0.061	0.126
Abril	0.000	0.090	0.090	0.000	0.057	0.057	0.033
Mayo	0.000	0.045	0.045	0.000	0.038	0.038	0.007
Junio	0.000	0.020	0.020	0.000	0.016	0.016	0.004
Julio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.008	0.008	0.002
Agosto	0.000	0.007	0.007	0.000	0.005	0.005	0.002
Setiembre	0.000	0.010	0.010	0.000	0.004	0.004	0.006
Octubre	0.000	0.052	0.052	0.000	0.030	0.030	0.022
Noviembre	0.000	0.062	0.062	0.000	0.027	0.027	0.035
Diciembre	0.000	0.076	0.076	0.000	0.032	0.032	0.044
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.706</b>	<b>0.706</b>	<b>0.000</b>	<b>0.372</b>	<b>0.372</b>	<b>0.334</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.

Tabla 3.2.3.2-71 Balance Hídrico Proyectado – Intercuenca SN2

Periodo 2020 - 2025

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.029	0.029	0.000	0.000	0.000	0.029
Febrero	0.000	0.038	0.038	0.000	0.000	0.000	0.038
Marzo	0.000	0.080	0.080	0.000	0.000	0.000	0.080
Abril	0.000	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.042
Mayo	0.000	0.022	0.022	0.000	0.000	0.000	0.022
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Octubre	0.000	0.024	0.024	0.000	0.000	0.000	0.024
Noviembre	0.000	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000	0.030
Diciembre	0.000	0.036	0.036	0.000	0.000	0.000	0.036
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.325</b>	<b>0.325</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.325</b>

Periodo 2026 - 2040

MES	OFERTA HÍDRICA (m³/s)			DEMANDAS (m³/s)			VOLUMEN EXCEDENTE (m³/s)
	Descargas desde Yanacocha (DCP's) (Ver Nota 1)	Oferta del área no disturbada	Oferta hídrica	Otros usuarios	Caudal ecológico	Demanda total	
Enero	0.000	0.030	0.030	0.000	0.000	0.000	0.030
Febrero	0.000	0.039	0.039	0.000	0.000	0.000	0.039
Marzo	0.000	0.085	0.085	0.000	0.000	0.000	0.085
Abril	0.000	0.042	0.042	0.000	0.000	0.000	0.042
Mayo	0.000	0.021	0.021	0.000	0.000	0.000	0.021
Junio	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
Julio	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Agosto	0.000	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003
Setiembre	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.005
Octubre	0.000	0.024	0.024	0.000	0.000	0.000	0.024
Noviembre	0.000	0.029	0.029	0.000	0.000	0.000	0.029
Diciembre	0.000	0.035	0.035	0.000	0.000	0.000	0.035
<b>ANUAL</b>	<b>0.000</b>	<b>0.328</b>	<b>0.328</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.328</b>

Nota:

1. En esta microcuenca no se realizan descargas desde Yanacocha.

### 3.2.3.3 Hidrogeología

Para la caracterización hidrogeológica del área de estudio del Proyecto, se ha tenido en cuenta la caracterización y descripción disponible en el "Estudio de Caracterización Hidrogeológica para la II MEIA Yanacocha", elaborado por WSP Perú S.A. (WSP, 2019).

#### 3.2.3.3.1 Antecedentes

La caracterización hidrogeológica del área de estudio y la definición del modelo conceptual permiten establecer la línea base en términos de cantidad y calidad, correspondiente al estado actual del elemento agua subterránea.

El estudio considera como información base la cartografía geológica del área, el modelo de recursos de MYSRL, en el que se define la distribución espacial de las distintas alteraciones de los materiales de caja originales, perfiles hidrogeológicos interpretativos que permitirán relacionar la distribución en profundidad de los materiales geológicos con los niveles piezométricos registrados, los registros de piezometría, información de la calidad del agua subterránea, procedente de los análisis realizados en el agua subterránea procedente de los piezómetros y pozos de bombeo y de las campañas de inventario de manantiales realizados en época seca y época húmeda.

La caracterización hidrogeológica se ha realizado en base a la integración de los estudios hidrogeológicos previos, los cuales se han desarrollado principalmente asociados a Estudios de Impacto Ambiental, a permisos sectoriales y a requerimientos operativos. Los más relevantes, relacionados al área del proyecto, se describen a continuación:

- 1998, "Chaquicocha Hydro-Assesment", Water Management Consultant S.A. (WMC). En este informe se presentan los niveles freáticos estáticos y las condiciones hidroquímicas antes del desarrollo de las operaciones mineras alrededor del tajo Chaquicocha, y se evalúan las necesidades para el drenaje subterráneo del tajo.
- 2004, "Sitewide Baseflow and Canal Flow Assessment", Golder Associates Peru S.A. (Golder). Este informe presenta información de flujo base en los cursos de agua y canales alrededor de Yanacocha.
- 2004, "Sitewide Groundwater Study", Lorax Environmental (Lorax). Este informe recopila datos sobre el agua subterránea y describe las condiciones hidrogeológicas de todo el emplazamiento de Yanacocha.
- 2005, "Modelo de Flujo de Agua Subterránea del Área del EIA Suplementario de Yanacocha", WMC. Este modelo numérico constituye una herramienta para evaluar el impacto del drenaje subterráneo sobre los recursos hídricos existentes en la zona de Yanacocha.
- 2006, "Modelo Distrital de Flujo de Agua Subterránea de la Mina Yanacocha", WMC. Este estudio representa una extensión del modelo numérico de 2005, para abarcar toda el área del distrito minero de Yanacocha, desde el tajo Cerro Negro al oeste, hasta el tajo Maqui Maqui al este.
- 2007, "Plan de Mitigación para la Potencial Reducción del Flujo Base Natural", Minera Yanacocha S.R.L. (MYSRL). Este informe, basado en los resultados del modelo numérico distrital de flujo de agua subterránea (WMC, 2006), tiene el objetivo de desarrollar planes de mitigación que aseguren que los flujos en las cuencas aguas abajo de la mina, en la época seca, se mantengan.
- 2009, "Simulación de los Impactos Potenciales sobre las Aguas Subterráneas Asociados con la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este SYE", WMC. En este informe, se actualizan las predicciones del modelo numérico existente incorporando el desarrollo de las nuevas instalaciones y se evalúan los impactos potenciales del desarrollo del proyecto.
- 2011, "Actualización del Modelo Distrital de Flujo de Agua Subterránea de la Mina Yanacocha", Schlumberger Water Services (SWS). Este informe actualiza y recalibra el modelo numérico distrital con la información geológica e hidrogeológica existente a la fecha y presenta los impactos potenciales resultantes.

- 2012, "Actualización del Modelo Hidrogeológico / Hidrológico Conceptual -Ampliación Tajo Carachugo", MWH Perú S.A (MWH). Este informe se presenta para dar soporte a la III MEIA SYE, compila los datos relacionados con el agua subterránea y superficial en el área de la ampliación del tajo Carachugo, y describe los impactos potenciales resultantes. Se basa en el modelo numérico actualizado por SWS en 2011.
- 2013, "Actualización del Modelo Hidrogeológico / Hidrológico Conceptual", MWH. Este informe que se presenta para dar soporte a la IV MEIA SYE, compila los datos relacionados con el agua subterránea y superficial en las zonas de ampliación de Maqui Maqui, Carachugo - Chaquicocha y Marleny – San José, y describe los impactos potenciales resultantes. Se basa en el modelo numérico actualizado por SWS en 2011.
- 2015, "Reporte de Actualización del Modelo Numérico de Agua Subterránea Tridimensional de Yanacocha", ARCADIS. Esta actualización se desarrolla principalmente para estimar los impactos al flujo base potenciales resultantes de las actividades de minado, gestionar permisos sectoriales ante la autoridad competente, y como herramienta de evaluación para cierre de mina.
- 2015, "Actualización del Modelo Hidrogeológico de la V MEIA SYE", ARCADIS. Esta actualización acota los resultados de evaluaciones hidrogeológicas, dando énfasis a los componentes propuestos en la Quinta Modificación y el entorno de ellos.
- 2019, "Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Yanacocha, STANTEC. Este estudio corresponde al antecedente al que ahora se presenta, y en el cual se analizan de forma integral las tres áreas que conforman el área operativa de Yanacocha (Suplementario Yanacocha Este, Yanacocha Suplementario Oeste y Cerro Negro)

### 3.2.3.3.2 Caracterización Hidrogeológica del Área del Proyecto

#### Definición del Área de Estudio

La definición del área de estudio se ha establecido en base a los siguientes criterios:

- El límite del área de estudio se encuentra como mínimo a 1 km de distancia del punto central de todos los componentes que constituyen el presente MEIA.
- El área de estudio incluye el inventario de fuentes de agua identificadas en el límite de la propiedad de MYSRL.

En la Figura 3.2.3.3-1, *Área de Estudio Hidrogeológico* se presenta el área de estudio hidrogeológico definida para la presente MEIA Yanacocha.

### Descripción de las Unidades Hidrogeológicas

La secuencia del basamento volcánico en el área de Proyecto fue fuertemente alterada antes de su erosión y la posterior deposición de la secuencia sedimentaria de La Quinua. Los tipos de alteración que se produjeron eran controlados por la litología original y la distancia desde los centros epitermales que generaron el proceso de migración/alteración/mineralización de fluido.

El análisis del tipo y grado de alteración presente es importante por dos razones: por un lado, el tipo de alteración está íntimamente relacionado con el desarrollo de la mineralización y por otro, las rocas que han sido alteradas durante los episodios hidrotermales modifican sus parámetros hidrodinámicos, permeabilidad y porosidad condicionando el funcionamiento hidrodinámico del sistema hidrogeológico.

Por esta razón la caracterización hidrogeológica del área de proyecto se hace en base a las unidades hidrogeológicas, que muestran una respuesta hidrodinámica similar y no en base a las unidades geológicas originales, las cuales ya no están presentes en la mayor parte del área de estudio.

A continuación, se describe cada una de estas unidades hidrogeológicas (ver Figura 3.2.3.3-2, *Unidades Hidrogeológicas*):

- Unidad Hidrogeológica de Sílice: Esta unidad constituye la unidad de mayor permeabilidad y se corresponde con los cuerpos de sílice constituidos por la alteración granular, residual y masiva que está presente en los bloques de Maqui Maqui, Carachugo/Chaquicocha, Marleny - San José, Quecher, Yanacocha, La Quinua y Cerro Negro.
- Unidad Hidrogeológica Sedimentos de La Quinua: Esta unidad está formada por los sedimentos cuaternarios de origen fluvio glacial, correspondientes al depósito de gravas presentes en la parte superior de los Tajos La Quinua 1, La Quinua 2 (El Tapado) y La Quinua 3 (El Tapado Oeste).
- Unidad hidrogeológica de rocas de baja permeabilidad: Esta unidad engloba el resto de los tipos de alteración que albergan un menor grado de permeabilidad como, la alteración argílica, propilítica y sílice alunita. En esta unidad se incluye a su vez, la roca regional de caja que no ha sufrido procesos de alteración.

Las estructuras geológicas pueden constituir elementos claves del sistema hidrogeológico. Las principales fallas identificadas que podrían presentar un papel relevante en el funcionamiento del flujo subterráneo incluyen las fallas La Quinua, Carbón y Tapado, junto con las estructuras y fracturas cercanas asociadas. Estas fallas tienden a presentar un ángulo bastante pronunciado, con inclinaciones entre 50 y 70 grados. Las estructuras principales, generalmente, se conceptualizan como estructuras con el potencial de actuar como conductos a lo largo del rumbo y como barreras contra el flujo en forma perpendicular al rumbo.

### Descripción de Parámetros Hidrodinámicos

A continuación, se describen los valores referentes a los parámetros hidrodinámicos consignados para las principales Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de estudio:

- Unidad Hidrogeológica de alteración silíceo: Esta unidad, constituye la formación acuífera de mayor permeabilidad, dentro de la cual se incluyen los cuerpos de sílice constituidos por la alteración granular, residual y masiva. Esta unidad se ha subdividido en dos subunidades en base a los valores de permeabilidad medidos en los diferentes ensayos, la subunidad Sílice y la subunidad de Sílice masiva. La subunidad sílice presenta valores de permeabilidad que oscilan entre  $1 \times 10^{-4}$  y  $1 \times 10^{-7}$  m/s, con valores medios de  $1 \times 10^{-6}$  m/s. La subunidad sílice masiva tiene valores de conductividad hidráulica medidos que varían de  $3.5 \times 10^{-5}$  a  $1 \times 10^{-7}$  m/s y valores medios igualmente de  $1 \times 10^{-6}$  m/s.
- Unidad Hidrogeológica Sedimentos de La Quinua: Los sedimentos de la Quinua muestran valores de conductividad hidráulica en el rango de  $1 \times 10^{-4}$  a  $7.5 \times 10^{-6}$  m/s, determinándose valores mínimos de  $5 \times 10^{-8}$  m/s, reflejando la secuencia más rica en arcilla. De las tres unidades en la secuencia de La Quinua, el Ferricrete presenta máxima conductividad hidráulica ( $1 \times 10^{-4}$  m/s), mientras que el Mudflow superior muestra valores de conductividad hidráulica superior que el Mudflow profundo.

- Unidad Hidrogeológica de rocas de baja permeabilidad: El rango de conductividad hidráulica medida en la alteración de sílice alunita y sílice clay presentan valores máximos de  $4 \times 10^{-6}$  y  $7 \times 10^{-7}$  m/s, respectivamente. La subunidad argílica/argílica avanzada muestra valores de máximos de conductividad hidráulica que coinciden con el rango de sílice alunita y sílice clay, pero los valores medios y mínimos tienen órdenes de magnitud menores. El valor de conductividad hidráulica obtenido mediante ensayos para la roca no alterada (es decir, roca regional), es de  $3 \times 10^{-6}$  m/s, similar a los valores que presentan las rocas alteradas más permeables. La subunidad de sílice alunita es la que presenta los valores medios de permeabilidad más altos  $1.5 \times 10^{-6}$  m/s. La subunidad que presenta los valores más bajos de permeabilidad es la argílica, con valores de permeabilidad de  $1.5 \times 10^{-8}$  m/s. Estos materiales, presentan flujos de agua de baja velocidad y volumen, originando distribuciones de presiones de poro elevadas.

A continuación, se describen los valores referentes a los parámetros hidrodinámicos consignados para las principales unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio, para mayores detalles ver Tabla 3.2.3.3-1, *Parámetros Hidrodinámicos*.

**Tabla 3.2.3.3-1 Parámetros Hidrodinámicos**

Unidad hidrogeológica	Litología/alteración	N° de ensayos	Permeabilidad (m/d)			Porosidad (%)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)
			Max.	Media	Min		
Sedimentos de La Quinua	Mudflow Superior	5	5.2	$8.6 \times 10^{-1}$	$4.3 \times 10^{-3}$	10	2600 – 0.864
	Fericroto	6	8.6	$6.4 \times 10^{-1}$	$4.3 \times 10^{-3}$		
	Mudflow inferior	4	$8.6 \times 10^{-1}$	$6.4 \times 10^{-1}$	$8.6 \times 10^{-2}$		
Sílice	Sílice	14	8.6	$8.6 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$10^{-5}$	3900
	Sílice Masiva	5	3	$8.6 \times 10^{-2}$	$8.6 \times 10^{-3}$		
De baja permeabilidad	Sílice alunita	3	$3.4 \times 10^{-1}$	$1.3 \times 10^{-1}$	$8.6 \times 10^{-3}$	5	605
	Sílice Clay	3	$6 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$		
	Argílica/argílica avanzada	4	$5.2 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-5}$		
	Roca regional	1		$2.6 \times 10^{-1}$		1	

### 3.2.3.3.3 Inventario de Fuentes de Agua

Se llevó a cabo un inventario de puntos de agua en los alrededores de los nuevos componentes del proyecto, teniendo como límite el área de estudio hidrogeológico.

Los puntos de agua inventariados se clasificaron en función de su génesis. De esta forma se diferencia entre manantiales y filtraciones, atendiendo a la siguiente descripción:

- Se definen como manantiales<sup>2</sup>, las surgencias de agua subterránea hacia la superficie debidas a la intersección de la capa freática con la superficie topográfica
- Se definen como escorrentía subsuperficial o filtración, las surgencias de agua que no están asociadas con la napa freática y que se producen por infiltración de agua de lluvia en formaciones no consolidadas que surgen a la superficie en un breve periodo de tiempo y a poca distancia de la zona de recarga.

La descripción detallada de cada punto se encuentra se presenta en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.4, *Inventario de Fuentes de Agua Subterránea*. Las fichas de inventario con sus principales características se presentan en el referido apéndice. Asimismo, la distribución de los puntos muestreados durante la campaña seca y húmeda se presenta en el Mapa 3.7, *Inventario y Muestreo de Manantiales y Filtraciones*. Cabe destacar que el punto monitoreado en época húmeda (2019) y denominado como Chaquicocha corresponde a un punto de monitoreo situado en el sector El Azufre, adicional a las 59 estaciones de control que forman parte del presente estudio. El punto fue inventariado y monitoreado a petición de Minera Yanacocha.

<sup>2</sup> Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Ley N° 29338. Artículo 225° y 226°

Del conjunto de las 59 estaciones monitoreadas en campo, se seleccionaron 27 puntos de muestreo. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio ALS LS PERU S.A.C acreditado por el instituto Nacional de la Calidad (INACAL) según el registro N° LE- 029. En el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.4, Informe Inventario y Monitoreo de Puntos de Agua* se presenta la descripción de los trabajos de inventario y monitoreo, llevados a cabo, dentro del área de estudio hidrogeológico por la empresa WSP, definido en el marco de la II Modificatoria de Estudio de Impacto Ambiental de Yanacocha. En ella, se presentan, asimismo, los reportes emitidos por el laboratorio con los resultados de los análisis de cada muestra para época seca (2018) y húmeda (2019), así como las cadenas de custodia con el registro del envío de cada una de las muestras para las dos campañas y la descripción de la metodología de muestreo empleada en campo (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.4, Inventario de Fuentes de Agua Subterránea*).

De igual manera, como parte del control de calidad, en primer lugar, se realiza una validación de los resultados analíticos mediante diversas metodologías. Posteriormente, se presenta la caracterización hidroquímica de las aguas correspondientes a los 27 manantiales seleccionados previamente y duplicados, a fin de identificar y clasificar los tipos de aguas existentes en la zona de proyecto en base a su mineralización y posibles variaciones temporales. Finalmente, se describe la calidad de las aguas a partir de parámetros seleccionados según lo establecido en el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para agua (ECA) categoría 3: Riego de vegetales y Bebida de animales (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM). Para destacar que, debido a la falta de legislación específica para agua subterránea, el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental es referencial, pero ayuda a determinar la variación de los parámetros de interés que afectan la calidad de las aguas del proyecto.

A continuación, los resultados obtenidos en ambas épocas se presentan en la Tabla 3.2.3.3-2, *Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Seca* (octubre 2018) y Tabla 3.2.3.3-3, *Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Húmeda* (mayo 2019).



Tabla 3.2.3.3-2 Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Seca (Octubre 2018)

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
AGS	M	780362	9227386	3845	2/10/2018	10.25	53.8	4.35	34.74	4.22	123	0.20
ARCUYOC I	M	768455	9222657	3602	3/10/2018	12.11	79.4	4.11	51.7	6.47	218.1	1.04
ARCUYOC II	M	768476	9222633	3609	3/10/2018	12.66	68.7	4.12	44.9	5.74	189.3	0.31
ARCUYOC III	F	768544	9222564	3618	3/10/2018	11.58	41	4.54	35	5.6	269.3	0.02
ARCUYOC IV	M	768657	9222613	3611	3/10/2018	11.03	32	4.41	28	4.11	289.4	1.19
ARCUYOC V	M	768688	9222567	3621	3/10/2018	11.17	35	4.63	31	4.58	265.2	1.47
ARCUYOC VI	M	768716	9222548	3620	3/10/2018	12.11	32	4.73	28	5.55	280	0.66
ARCUYOC VIII	M	768776	9222429	3631	3/10/2018	11.17	11	5.8	10	4.7	211.3	1.66
ATUNLOMA I_254	M	766097	9219213	3590	6/10/2018	14.29	76.5	6.94	49.62	3.3	72.8	0.05
AZUFRE IV-570	M	780527	9227295	3804	2/10/2018	11	71.2	4.26	46.48	3.52	146.6	0.58
BO-02	F	771484	9223127	3399	4/10/2018	9.13	53	6.52	123	6.5	145.6	0.04
BO-04	M	772665	9224062	3534	5/10/2018	11.11	196	4.73	127.4	5.04	252.8	0.75
CHQS-14	M	778893	9223234	3729	4/10/2018	11.4	15.9	6.63	10.32	6.31	70.4	0.92
EL HUALTE_999	F	774229	9224427	3839	4/10/2018	9.8	238.5	4.03	155.3	6.73	349.2	0.05
ENCS-08	M	780961	9224337	3571	2/10/2018	10.7	105	3.94	93	1	48.7	4.58
FILTRACIONES II	F	777446	9223888	3951	4/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
FILTRACIONES MUSGO 2	M	766850	9220082	3545	3/10/2018	11.69	70.5	4.15	45.85	6.58	175.9	1.32
FILTRACIONES PALLARUME	M	767198	9220006	3543	3/10/2018	11.27	91.1	4.12	59.22	6.77	310.3	2.32
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	M	771699	9229705	3666	8/10/2018	9.8	96	7.05	88	5.5	72.6	0.18
GRANIZADA I	F	773975	9229926	3966	1/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
GRANIZADA II	F	773919	9229858	3945	1/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
LA CORTADERA 5-1059	F	778888	9223061	3713	4/10/2018	11.47	11.1	5.92	7.24	5.49	96.8	0.01
LAGUNA CHICA I_74	F	781637	9223909	3568	2/10/2018	11.8	49	6.15	42	6	98	0.17
MAJA QUILISH I	F	768131	9221727	3679	3/10/2018	12.06	46.6	7.17	34.26	7.25	96.1	0.06
Manantial El Azufre	M	776328	9230927	3854	4/10/2018	9.56	114	3.84	105	1.5	97.36	13.09
Manantial El Cince 1	M	774292	9231467	3861	8/10/2018	11.67	42.6	5.47	27.72	3.48	121.2	0.18

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
MANANTIAL EL CINCE V	F	777309	9223997	3971	4/10/2018	-	-	-	-	-	-	-
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	M	772682	9229927	3833	1/10/2018	10.4	148.3	7.29	31.46	4.8	64.9	0.32
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	M	772636	9229773	3855	1/10/2018	10.48	143.4	7.02	93.28	6.29	49.4	0.05
Manantial Pabellon IV	F	768585	9224122	3558	6/10/2018	11.5	60.2	6	40.3	5.9	124	0.06
MANANTIAL PAMPA LARGA III	M	776196	9230124	3923	4/10/2018	13.08	81	6.48	68	4.87	124.96	0.13
MANANTIAL QUINUAMAYO II	M	771985	9229708	3713	8/10/2018	9.57	208	6.17	191	6	70.81	0.45
MANANTIAL QUISHUAR I	M	772707	9230905	3767	8/10/2018	11.7	80.4	7.27	52.25	6.75	69.6	0.66
MAQUI MAQUI 4_614	M	767875	9221718	3678	3/10/2018	13.89	16.7	6.74	10.86	7.3	118.2	0.04
MPL-11	M	776013	9229798	3947	4/10/2018	8.97	108	3.55	101	3	371.8	0.92
MPL-8	M	776129	9230368	3900	4/10/2018	9.59	107	3.91	99	5	356	0.52
MSJ-16	M	775469	9223559	3895	4/10/2018	10.94	97.5	7.21	63.35	6.79	54.7	0.11
MSJ-17	F	775533	9223336	3873	4/10/2018	9.92	103	7.59	66.93	6.78	54.4	0.18
PA-106A	M	764495	9224734	3436	5/10/2018	11.07	82	4	73	2.4	298.5	0.62
PA-107A	M	764345	9224770	3415	5/10/2018	11.03	57	4.48	50	3.6	324.7	0.89
PA-108A	M	764272	9224728	3425	5/10/2018	11.12	78	4.1	69	4.97	350.6	0.18
PA-36	F	767133	9224786	3608	8/10/2018	11.24	74.9	6.85	57.6	7.5	153.8	0.10
PA-64A	M	765589	9223824	3661	26/06/2018	8.7	20	4.44	18.85	8	411.5	0.33
PA-110A	M	763880	9224801	3360	5/10/2018	10.43	85	3.87	77	6.5	185.6	0.07
PAMPA LAS MINAS_875	M	774259	9223745	3782	5/10/2018	9.47	102.6	4.39	66.66	3.85	398.9	0.34
PERGA I	M	768169	9222749	3595	3/10/2018	11.2	115.8	6.4	30.4	6	80.9	0.05
PERGA III	M	768201	9222728	3588	6/10/2018	13.5	98	4.2	68.9	5.98	198.9	0.01
PERGA V	F	768390	9222712	3589	6/10/2018	12.2	62	4.1	47.5	6.4	230.3	0.09
SAN JOSE III-923	F	775449	9223598	3901	4/10/2018	13.42	243.5	6.78	158.27	5.91	57.2	0.03
TOTORA II	F	779335	9226567	3914	2/10/2018	10.58	44.9	6.42	29.19	6.42	79	0.35
Vertiente N°2	F	773812	9224579	3729	5/10/2018	11.83	190.2	4.59	123.65	6.51	281.7	0.04
YASP02B	F	768351	9224086	3563	6/10/2018	12.9	160	6.15	129.3	3.2	30.5	0.12
YASP03A	M	767182	9224444	3623	9/10/2018	12.58	43.4	6.07	28.19	3.27	81.8	0.06
YASP04A	M	766776	9225157	3631	8/10/2018	11.18	106	6.5	94	5	170	0.04

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
YASP07B	M	780663	9224528	3601	2/10/2018	9.45	223	3.86	205	6.2	131.4	5.58
YASP08B	M	780639	9224516	3605	2/10/2018	9.3	252	4	242	4.3	125.6	4.29
YURAGROME II_247	M	765554	9220074	3586	6/10/2018	14.82	544.3	7.58	354.22	6.4	70	0.01
YURAGROME IV_249	F	765437	9219847	3591	6/10/2018	12.02	93.9	7.31	49.7	4.79	73.2	-
YURAGROME V_250	M	765404	9219855	3590	6/10/2018	12.79	153.7	6.85	100.11	5.83	75.3	0.09
<b>Nota:</b> Datum Referencia WGS84, Zona 17 Elaborado por WSP M: Manantial, F: Filtración, Temp: Temperatura, CE: Conductividad Eléctrica, pH: Unidades de Potencial de Hidrogeno, STD: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto, Eh: Potencial Óxido-Reducción, NF: No Flujo												

**Tabla 3.2.3.3-3 Estaciones de Monitoreo y Parámetros In Situ en Época Húmeda (Mayo 2019)**

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
AGS	M	780362	9227386	3845	24/05/2019	10.07	37.80	4.31	34.37	3.79	206.60	2.94
ARCUYOC I	M	768455	9222657	3602	23/05/2019	12.66	59.40	4.02	50.49	6.17	309.90	1.58
ARCUYOC II	M	768476	9222633	3609	23/05/2019	13.58	52.80	4.09	44.02	5.19	244.80	0.89
ARCUYOC III	F	768544	9222564	3618	23/05/2019	11.70	25.44	4.26	22.16	6.05	365.40	0.08
ARCUYOC IV	M	768657	9222613	3611	23/05/2019	11.86	25.10	4.27	21.69	4.69	242.00	2.04
ARCUYOC V	M	768688	9222567	3621	16/05/2019	12.20	25.60	4.24	21.99	5.48	173.50	0.96
ARCUYOC VI	M	768716	9222548	3620	23/05/2019	12.51	20.24	4.34	17.33	5.74	363.30	0.52
ARCUYOC VIII	M	768776	9222429	3631	16/05/2019	11.68	3.27	4.82	9.00	5.51	247.10	1.74
ATUNLOMA I_254	M	766097	9219213	3590	16/05/2019	13.52	50.93	6.86	40.00	3.47	198.70	0.06
AZUFRE IV-570	M	780527	9227295	3804	24/05/2019	10.60	50.60	4.15	45.36	3.49	212.30	6.42
BO-02	F	771484	9223127	3399	22/05/2019	12.84	11.82	6.95	9.96	5.97	183.6	0.15
BO-04	M	772665	9224062	3534	22/05/2019	11.65	108.60	4.85	94.51	5.03	228.10	1.03
CHQS-14	M	778893	9223234	3729	20/05/2019	11.65	9.60	5.81	8.39	6.17	121.80	5.14
EL HUALTE_999	F	774229	9224427	3839	22/05/2019	12.05	154.80	4.03	133.46	6.12	294.50	0.14
ENCS-08	M	780961	9224337	3571	20/05/2019	10.70	93.20	3.82	83.12	-0.14	-21.20	4.31
FILTRACIONES II	F	777446	9223888	3951	20/05/2019	-	-	-	-	-	-	-

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
FILTRACIONES MUSGO 2	M	766850	9220082	3545	20/05/2019	11.76	48.45	4.00	42.23	6.02	324.40	0.91
FILTRACIONES PALLARUME	M	767198	9220006	3543	20/05/2019	11.08	60.13	3.71	53.11	6.05	457.30	3.63
FILTRACIONES QUINUAMAYO III	M	771699	9229705	3666	18/05/2019	10.26	80.70	7.64	73.03	6.44	76.20	0.48
GRANIZADA I	F	773975	9229926	3966	15/05/2019	-	-	-	-	-	-	-
GRANIZADA II	F	773919	9229858	3945	15/05/2019	14.98	172.20	8.36	138.28	5.66	54.80	0.62
LA CORTADERA 5-1059	F	778888	9223061	3713	20/05/2019	12.11	7.30	5.61	6.31	4.78	139.10	0.04
LAGUNA CHICA L74	F	781637	9223909	3568	23/05/2019	13.05	39.70	6.43	33.38	5.26	152.10	0.32
MAJA QUILISH I	F	768131	9221727	3679	21/05/2019	10.83	3.15	6.10	2.81	5.47	256.20	0.12
Manantial El Azufre	M	776328	9230927	3854	21/05/2019	9.04	97.74	3.73	91.37	0.00	26.10	14.12
Manantial El Cince 1	M	774292	9231467	3861	22/05/2019	11.22	24.91	5.34	21.97	3.28	248.60	0.30
MANANTIAL EL CINCE V	F	777309	9223997	3971	20/05/2019	10.86	21.70	6.10	19.28	4.75	110.40	0.11
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 1	M	772682	9229927	3833	15/05/2019	10.77	34.80	6.77	30.99	5.95	96.40	0.10
MANANTIAL GRANIZA HUACCHARUMY 2	M	772636	9229773	3855	15/05/2019	9.76	78.39	7.52	70.00	6.01	202.70	0.12
Manantial Pabellon IV	F	768585	9224122	3558	16/05/2019	10.18	33.39	7.60	40.30	5.67	204.70	0.30
MANANTIAL PAMPA LARGA III	M	776196	9230124	3923	21/05/2019	9.58	45.64	6.46	42.10	5.88	147.90	0.80
MANANTIAL QUINUAMAYO II	M	771985	9229708	3713	18/05/2019	10.91	168.90	7.88	150.15	6.49	74.80	0.56
MANANTIAL QUISHUAR I	M	772707	9230905	3767	22/05/2019	10.86	26.48	7.65	23.58	6.23	162.10	2.25
MAQUI MAQUI 4_614	M	767875	9221718	3678	21/05/2019	12.01	10.89	5.72	9.43	3.43	284.10	0.10
MPL-11	M	776013	9229798	3947	21/05/2019	10.44	100.20	3.73	89.60	3.47	420.00	1.27
MPL-8	M	776129	9230368	3900	21/05/2019	9.69	100.10	3.83	91.94	5.33	419.30	0.92
MSJ-16	M	775469	9223559	3895	21/05/2019	8.79	45.04	6.54	42.43	5.76	193.40	0.55
MSJ-17	M	775533	9223336	3873	21/05/2019	10.01	48.99	6.69	44.60	5.82	188.60	0.70
PA-106A	M	764495	9224734	3436	17/05/2019	11.87	80.00	3.92	69.35	3.12	188.40	0.72
PA-107A	M	764345	9224770	3415	17/05/2019	12.16	47.20	4.16	40.66	4.27	365.60	0.95
PA-108A	M	764272	9224728	3425	17/05/2019	12.29	60.10	4.00	51.46	6.18	210.10	1.67
PA-36	F	767133	9224786	3608	21/05/2019	12.85	59.40	6.90	50.24	6.33	97.00	0.55
PA-64A	M	765589	9223824	3661	17/05/2019	11.32	18.00	4.55	15.84	6.02	317.70	0.35
PA-110A	M	763880	9224801	3360	17/05/2019	12.66	67.40	3.96	57.27	6.49	261.90	0.36

Estación	Tipo	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fecha	Temp (°C)	CE (µS/cm)	pH	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Eh (mV)	Caudal (l/s)
		UTM Este	UTM Norte									
PAMPA LAS MINAS_875	M	774259	9223745	3782	22/05/2019	10.12	57.00	4.08	51.66	3.71	346.70	0.70
PERGA I	M	768169	9222749	3595	16/05/2019	13.35	12.00	7.24	10.00	5.77	180.90	0.38
PERGA III	M	768201	9222728	3588	16/05/2019	13.44	53.10	4.03	44.33	4.28	358.50	0.01
PERGA V	F	768390	9222712	3589	16/05/2019	13.57	51.70	4.03	43.00	5.05	194.00	0.08
SAN JOSE III-923	F	775449	9223598	3901	21/05/2019	8.22	53.65	6.57	51.30	6.20	147.00	0.99
TOTORA II	F	779335	9226567	3914	23/05/2019	11.10	28.12	6.60	24.88	5.35	238.40	0.23
Vertiente N°2	F	773812	9224579	3729	22/05/2019	13.18	128.10	4.66	107.40	6.12	261.70	0.29
YASP02B	F	768351	9224086	3563	16/05/2019	12.82	118.41	6.81	100.00	5.09	105.00	0.56
YASP03A	M	767182	9224444	3623	18/05/2019	12.57	39.19	6.05	33.44	3.62	225.60	0.40
YASP04A	M	766776	9225157	3631	18/05/2019	13.02	46.84	6.65	39.51	5.36	93.40	0.56
YASP07B	M	780663	9224528	3601	20/05/2019	10.25	129.22	3.52	116.86	0.10	92.60	5.60
YASP08B	M	780639	9224516	3605	24/05/2019	10.42	139.60	3.54	125.69	0.47	34.50	1.10
YURAGROME II_247	M	765554	9220074	3586	16/05/2019	13.21	355.30	6.58	298.03	6.01	105.00	0.10
YURAGROME IV_249	F	765437	9219847	3591	16/05/2019	-	-	-	-	-	-	-
YURAGROME V_250	M	765404	9219855	3590	16/05/2019	13.06	108.80	5.81	91.35	3.18	121.20	0.27
CHAQUICOCHA	M	780961	9224337	3571	23/05/2019	11.32	101.10	3.75	88.88	2.41	35.70	4.57
<b>Nota:</b> Datum Referencia WGS84, Zona 17 Elaborado por WSP M: Manantial, F: Filtración, Temp: Temperatura, CE: Conductividad Eléctrica, pH: Unidades de Potencial de Hidrogeno, STD: Sólidos Totales Disueltos, OD: Oxígeno Disuelto, Eh: Potencial Óxido-Reducción, NF: No Flujo												

### 3.2.3.3.4 Modelo Hidrogeológico Conceptual

#### Funcionamiento del Sistema Hidrogeológico

Desde el punto de vista hidrogeológico en el área de estudio se distinguen 7 subsistemas hidrogeológicos principales:

- Subsistema Maqui Maqui-Arnacocha
- Subsistema Carachugo-Chaquicocha
- Subsistema San José
- Subsistema Yanacocha
- Subsistema La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste
- Subsistema Sedimentos de La Quinua
- Subsistema Cerro Negro

Si bien cada uno de los subsistemas hidrogeológicos mencionados funciona como un sistema independiente, con un área de recarga y de descarga diferenciado del resto de las unidades, el análisis de la evolución de los niveles piezométricos ha permitido identificar que existe conexión hídrica entre los diferentes subsistemas. El mayor o menor grado de conexión hídrica está determinado por la permeabilidad de los materiales que comunican los subsistemas y/o por la presencia de fallas o estructuras tectónicas que dificultan el flujo de agua a través de las mismas.

A continuación, se describe un resumen del funcionamiento hidrogeológico de cada uno de los subsistemas presentes en el área de estudio. Mientras que el detalle completo incluyendo los mapas de isopiezas tanto en época húmeda como seca respectivamente, se muestran en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterránea - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico*.

- **Subsistema Maqui Maqui-Arnacocha**

El subsistema definido como Maqui Maqui-Arnacocha se localiza en el extremo oriental de la zona de estudio y abarca una superficie en planta de 845.2 ha. Las Unidades Hidrogeológicas principales de este subsistema corresponden al cuerpo de sílice de Maqui Maqui y el cuerpo de sílice de Arnacocha, conectados hídricamente entre sí, a través de una unidad de sílice clay de menor permeabilidad.

Los cuerpos de alteración sílicea presentan un grado de permeabilidad relativamente alto, frente al material impermeable que lo rodea, constituido por materiales con fuerte alteración argílica, de forma que los gradientes hidráulicos en el cuerpo de sílice son pequeños, mientras que en la roca encajante, los gradientes son mucho mayores.

Los cuerpos de sílice se recargan en primer lugar por la infiltración del agua de lluvia y en menor grado a través de la transferencia lateral procedente de la roca encajante. En base a los niveles piezométricos registrados en el área de Maqui Maqui, durante la etapa de pre-minado, se estableció la presencia de una barrera hidráulica que independiza el sector en el que se ubican los tajos de Maqui Maqui Norte y Central, del sector en el que se ubica el tajo Maqui Maqui Sur.

Los valores de recarga han sido tomados de los valores obtenidos tras el proceso de calibración del modelo numérico. De esta forma, se estiman que son del orden del 40% de la precipitación sobre los afloramientos de los cuerpos de sílice en Maqui Maqui.

El consolidado de la información descrita se presenta en la Tabla 3.2.3.3-4, *Balance de Agua en el Subsistema Maqui Maqui/Arnacocha*, la cual muestra el balance de agua estimado para este subsistema.

**Tabla 3.2.3.3-4 Balance de Agua en el Subsistema Maqui Maqui/Arnacocha**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	3,129	7,646
	Transferencia lateral	4,517	
Salida	Descarga hacia ríos	4,309	7,646
	Evapotranspiración	0.5	
	Transferencia lateral	3,337	

La presencia de esta barrera se ha confirmado posteriormente, ya que los registros piezométricos situados al Norte de dicha barrera han experimentado una evolución muy diferente a la observada en los piezómetros de control, ubicados al Sur de la misma.

En régimen previo a la operación, el nivel piezométrico en el sector Norte se encontraba en torno a 3,984 msnm. La principal dirección de flujo subterráneo en Maqui Maqui Norte y Central sería NE-SW, siendo la principal descarga hacia los manantiales observados en la zona que están situados a cota 3,964 msnm.

En el sector Sur de Maqui Maqui, el nivel piezométrico, en condiciones previas a la operación, se encontraba en torno a 3,978 msnm. La dirección principal del flujo se produciría hacia la quebrada Arnacocha, a través de los manantiales situados en torno a cota 3,940 msnm (Lorax, 2004).

En marzo del 2018 (época húmeda), los niveles piezométricos para el tajo Maqui Maqui variaban entre 3,918 msnm y 4,045 msnm; asimismo, para la época seca (octubre 2018) los niveles piezométricos varían entre 3,896 msnm y 4,029 msnm. Los bombeos llevados a cabo en el tajo de Maqui Maqui Sur han generado un cono de depresión en torno del tajo de forma que el flujo subterráneo se dirige de forma radial hacia el interior del mismo (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figuras 3.12 -3.13). Al mismo tiempo y debido a la baja permeabilidad de los materiales que rodean el cuerpo de sílice de Maqui Maqui, la depresión entorno del tajo parece provocar dos divisorias hidrogeológicas: una al Oeste, entre el tajo y Cinco Lagunas y la otra hacia el Sur, tal y como se observa en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapa 3.4, Piezometría Época Seca septiembre 2018).

- Sección hidrogeológica 1-1' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.12)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando principalmente las infraestructuras mineras, en el lado norte al tajo Maqui Maqui Sur, en el lado centro a la Pila de lixiviación Maqui Maqui y en el lado sur al Depósito de suelo orgánico.

Se observan dos unidades hidrogeológicas predominantes. La primera, es la unidad hidrogeológica de sílice, cuya extensión predomina en el Tajo Maqui Maqui Sur y en menor proporción debajo de la Pila de lixiviación Maqui Maqui y el Depósito de suelo orgánico. La segunda es la unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad, que engloba o rodea los cuerpos de sílice, ocupando el resto del espacio que atraviesa la sección.

El nivel piezométrico y las líneas de flujo varían principalmente según la disposición de las unidades hidrogeológicas. En la sección se observa una divisoria colindante al sondaje MM-139 y el cono de depresión centrado en el tajo Maqui Maqui Sur, resultado de las labores de drenaje del tajo. Los niveles piezométricos en la sección se encuentran entre 4,000 msnm y 3,857 msnm. Existe una marcada diferencia entre los gradientes hidrogeológicos, en los cuerpos de sílice que son inferiores al 1% en las zonas alejadas del cono de depresión y del orden del 6% en el mismo cono de depresión, y los gradientes hidrogeológicos en la unidad de baja permeabilidad, en la que los gradientes pueden alcanzar valores al orden del 23%.

- Sección hidrogeológica 2-2' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.13)

Esta sección presenta una dirección Oeste-Este, atravesando la estructura minera correspondiente al tajo Maqui Maqui Sur.



Se observan dos unidades hidrogeológicas predominantes. La primera es la unidad hidrogeológica de sílice, cuya extensión predomina en el Tajo Maqui Maqui Sur y en menor proporción hacia el este del tajo (colindante al sondaje QCO-006). La segunda es la unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad, que se encuentra rodeando los cuerpos de sílice.

El nivel piezométrico en la sección se encuentra entre 4.090 y 3.900 msnm. En la sección se observa el cono de depresión con direcciones de flujos hacia el centro del tajo Maqui Maqui Sur y gradientes del orden del 15%.

- **Subsistema Carachugo -Chaquicocha**

Este subsistema está ubicado en el extremo este del Proyecto. Está constituido principalmente por los cuerpos de sílice correspondientes a Carachugo, Chaquicocha y Quecher. Estas zonas constituyen un subsistema continuo de funcionamiento único, los cuales se encuentran rodeados de la unidad impermeable constituidas por las alteraciones de argílico y propilítico y la roca de caja sin alterar. Presenta, en planta una extensión de aproximadamente 407.6 ha.

La principal fuente de recarga la constituye la infiltración del agua de lluvia sobre los afloramientos, la cual se estima en función de los resultados del modelo del orden de 30% de la precipitación. Otra fuente de recarga importante la constituye la transferencia lateral, procedente de la extensión del cuerpo de sílice hacia el oeste donde se prolonga hasta el cuerpo de sílice de Yanacocha sur.

La Tabla 3.2.3.3-5, Balance de Agua en el Subsistema Carachugo/Chaquicocha, muestra el balance de agua estimado para el subsistema Carachugo/Chaquicocha.

**Tabla 3.2.3.3-5 Balance de Agua en el Subsistema Carachugo/Chaquicocha**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	7,510	17,649
	Transferencia lateral	10,140	
Salida	Descarga hacia ríos	16,473	17,647
	Evapotranspiración	0.3	
	Transferencia lateral	1,173	

El flujo va al sureste desde Yanacocha y continúa en dirección este a través del área de Carachugo y posteriormente con una componente al Sur. En régimen natural la descarga se produce a través de los afloramientos de la unidad de sílice en las quebradas de La Shacsha al sur aproximadamente sobre 3,725 msnm y de la quebrada Chaquicocha al Este, donde la cota de descarga está bajo los 3,650 m snm.

En régimen natural, los niveles piezométricos en el área de Carachugo se encontraban en torno a 3,808 m snm y aproximadamente a 3,798 m snm en la zona de Chaquicocha.

La operación en el tajo de Chaquicocha, ha dado lugar a la generación de un cono de depresión centrado en el tajo, haciendo que, la dirección del flujo subterráneo presente forma radial hacia el interior de este (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figuras 3.14 – 3.15). Esta distorsión de las isopiezas genera a su vez una divisoria hidrogeológica al Sureste y Suroeste del tajo, tal y como puede observarse en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterránea*- Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapa 3.4, *Piezometría Época Seca* septiembre 2018).

En el entorno del tajo Chaquicocha la piezometría en época húmeda (marzo del 2018), se encontraba entre 3,646 msnm y 3,922 msnm. En época seca (octubre del 2018) los niveles se encontraban entre 3,599 msnm y 3,922 msnm.

En términos generales, las principales estructuras y fallas que afectan al cuerpo de sílice de Carachugo/Chaquicocha, presentan un comportamiento permeable favoreciendo el flujo subterráneo a través de ellas. Sin embargo, a lo largo del desarrollo de las operaciones en el tajo de Chaquicocha se ha detectado que el sistema de fallas conocida como falla la Fuente o corredor de La Fuente presenta un comportamiento impermeable al flujo subterráneo, independizando de esta manera dos sectores o

bloques dentro de la sílice que explota el tajo Chaquicocha. Este efecto se ha constatado porque los niveles piezométricos de los piezómetros que se encuentran a ambos lados de la estructura han mostrado una evolución diferenciada y por la necesidad de adicionar pozos de bombeo en el extremo sur del tajo para conseguir los objetivos de desagüado fijados por el plan de drenaje.

- Sección hidrogeológica 3-3' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.14)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando, en el extremo norte, el tajo Chaquicocha y en el extremo sur las operaciones de Chaquicocha Etapa 3 y 4.

Se observan dos unidades hidrogeológicas predominantes. La primera unidad hidrogeológica es de sílice, que se extiende principalmente bajo Chaquicocha y Chaquicocha Etapas 3 y 4. La segunda unidad hidrogeológica, de roca de baja permeabilidad que se extiende sobre el resto del área de la sección, rodeando los cuerpos de sílice.

El nivel piezométrico en la sección se encuentra entre 3.950 y 3.600 m snm. siendo la dirección del flujo subterráneo convergente hacia el centro del tajo Chaquicocha, como consecuencia del cono de depresión generado por los drenajes en el tajo Chaquicocha. Los gradientes hidrogeológicos promedios, dentro del cuerpo de sílice es del orden de 17%, mientras que en la unidad impermeable se desarrollan gradientes del orden de 40%, lo que pone de manifiesto el contraste de permeabilidades entre la U.H. de sílice y la U.H de baja permeabilidad.

- Sección hidrogeológica 4-4' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.15)

Esta sección presenta una dirección Oeste-Este, atravesando las infraestructuras mineras del tajo Chaquicocha y el depósito de desmonte Carachugo.

Las unidades hidrogeológicas predominantes que se observan son: La U.H. de sílice, correspondiente al cuerpo de sílice de Chaquicocha, y U.H. de roca de baja permeabilidad, que se encuentra limitando el cuerpo de sílice de Chaquicocha.

El nivel piezométrico en la sección se encuentra entre 3,600 en la zona del tajo Chaquicocha y 3,825 msnm. La dirección del flujo predominante es hacia el interior del tajo Chaquicocha, como consecuencia de los bombeos de drenaje que se efectúan en el tajo. De igual forma que en la sección anterior, se observa el contraste de gradiente hidrogeológico entre la U:H de sílice y la U.H. de baja permeabilidad.

#### • **Subsistema San José**

El subsistema de San José corresponde al cuerpo de sílice conocido con el mismo nombre. Se localiza al Sur del área de estudio y Suroeste del subsistema de Carachugo - Chaquicocha. Presenta, en planta una extensión de aproximadamente 350.6 ha.

En base a la información disponible, el bloque de San José se encuentra hidráulicamente independizado del resto de bloques. En régimen natural los niveles piezométricos en este sector estaban por debajo de 3,870 msnm (Lorax, 2004). La información piezométrica de este bloque es escasa y por tanto es difícil determinar su funcionamiento hidrogeológico. No obstante, la bibliografía consultada apunta a que la descarga de esta zona se produce hacia la Quebrada Encajón, a través de manantiales ubicados a cotas entre 3,720 y 3,735 msnm, mientras que la recarga se produciría por infiltración directa del agua de lluvia y a través de transferencia lateral (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figuras 3.16 – 3.17).

La Tabla 3.2.3.3-6, *Balance de Agua en el Subsistema San José*, muestra el balance de agua estimado por el modelo para el subsistema San José.

**Tabla 3.2.3.3-6 Balance de Agua en el Subsistema San José**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	1,750	2,907
	Transferencia lateral	1,157	
Salida	Descarga hacia ríos	1,083	2,907
	Evapotranspiración	0.2	
	Transferencia lateral	1,823	

- Sección hidrogeológica 5-5' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos- Figura 3.16)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando principalmente al reservorio San José.

Desde el punto hidrogeológico, las unidades que conforman el sustrato geológico corresponden a la U:H de sílice y la U:H: de baja permeabilidad.

El nivel piezométrico se encuentra entre 3,900 y 3,800 msnm, siendo el gradiente hidrogeológico en toda la sección del orden del 8%. La dirección del flujo es hacia el sur. El nivel piezométrico no se encuentra afectado por los bombeos, ya que este tajo, como se observa en la sección se encuentra por encima del nivel piezométrico y no es necesario efectuar drenaje para extraer el mineral.

- Sección hidrogeológica 6-6' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.17)

Esta sección presenta una dirección Oeste-Este, perpendicular a la sección anterior. En superficie la sección atraviesa el tajo San José Oeste y el reservorio San José.

Las unidades hidrogeológicas atravesadas, corresponden a la U:H de sílice, en este caso el cuerpo de sílice de San José y la U.H. de baja permeabilidad, dispuesta alrededor del cuerpo de sílice.

El nivel piezométrico se encuentra entre 3,900 y 3,780 m snm. La dirección de flujo es preferencialmente hacia el oeste y el gradiente hidrogeológico promedio de 8%.

#### • **Subsistema Yanacocha**

Yanacocha presenta dos cuerpos de sílice separados. Uno está ubicado en la alteración silícea localizada al norte, llamado Yanacocha Norte. El otro está formado por la extensión de sílice que conecta con el subsistema Carachugo – Chaquicocha – Quecher, llamado Yanacocha Sur-Oeste

Yanacocha Norte:

Se localiza en el NE del bloque de Yanacocha, está formado por un lente de alteración silícea rodeado de roca con alteración sílice clay y/o propilítico (materiales de baja permeabilidad), permitiendo que funcione como un subsistema independiente al de Yanacocha Sur-Oeste. Las investigaciones realizadas en la zona han puesto de manifiesto que en el contacto entre el bloque de Yanacocha norte con su prolongación hacia el bloque sur-oeste existe un umbral de sílice clay que aparece a partir de la cota 3,900 msnm. De esta forma, por debajo de la cota 3,900 msnm ambos bloques se encuentran independizados hidráulicamente y por encima de esta cota existe continuidad hídrica de forma que cuando los niveles piezométricos superan la cota 3,900 msnm se produce una descarga a modo de rebose hidráulico en el subsistema. La descarga se dirige hacia el sur, conectándose de ese modo con el bloque de Yanacocha Sur-Oeste.

La recarga del subsistema se produce principalmente por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos del material permeable en superficie. Para el bloque de Yanacocha se estima un coeficiente de infiltración del orden del 30% para los afloramientos de sílice y del 15% para el restos de materiales. Estos valores han sido estimados durante el proceso de calibración del modelo numérico de simulación de flujo subterráneo.

En régimen natural, previo al inicio de las operaciones la dirección preferente del flujo subterráneo dentro del subsistema hidrogeológico de Yanacocha es NE-SO, y el nivel piezométrico se encontraba entre 3,900 y 3,905 msnm.

En la actualidad el nivel piezométrico en este bloque varía entre 3,865 m snm y 3,851 m snm para época húmeda (marzo 2018) y época seca (octubre 2018), manteniéndose como dirección principal del flujo subterráneo la dirección NE-SO (ver Apéndice 3.2.3.3-2, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapa 3.4 y Figura 3.18 -3.19).

Se observan dos unidades hidrogeológicas predominantes; unidad hidrogeológica de sílice dispuesta principalmente en el trajo Yanacocha y la unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad dispuesta en mayor proporción en el resto del área de la sección. El nivel piezométrico y las líneas de flujo varían principalmente según la disposición de las unidades hidrogeológicas y las infraestructuras mineras presentes. En la sección se observa una dirección preferencial de flujo con dirección Este-Oeste y un gradiente promedio de 10.3%.

#### Yanacocha Sur-Oeste:

Representa el subsistema principal de Yanacocha, ocupa la mayor parte del bloque de sílice y contiene a los tajos Yanacocha Sur y Yanacocha Oeste, abarcando una superficie de 532.2 ha. De manera similar que Yanacocha Norte, el bloque de sílice está rodeado de roca intrusiva con alteraciones de baja permeabilidad como sílice clay o propilítico. El extremo sur la extensión del bloque de sílice también se encuentra limitado debido a la presencia de las mismas alteraciones impermeables,

La recarga para todo el subsistema de Yanacocha ha sido tomada de los valores obtenidos luego del proceso de calibración del modelo numérico, de manera que se estima el 30% de la precipitación en los afloramientos de los cuerpos de sílice y 15% en el resto de la roca encajante.

En régimen natural, la dirección del flujo subterráneo es, en la parte oeste del subsistema con dirección suroeste con gradiente descendente hacia la falla de La Quinua. El modelo de alteraciones muestra que el bloque de sílice se estrecha en la zona de la falla, favoreciendo el flujo en esa dirección. Esta morfología del bloque de sílice parece ser el único punto de descarga del subsistema Yanacocha hacia el Oeste. En la zona Sureste del tajo de Yanacocha existe una divisoria hidrogeológica que divide el flujo subterráneo en varios sentidos. Existe un flujo hacia el Este (a Carachugo situado al Sureste), otro flujo de menor importancia hacia la quebrada del Encajón hacia el Sur.

En la actualidad y debido al efecto de los bombeos que se mantienen en este sector, la dirección del flujo subterráneo se ha invertido, siendo en su mayor parte hacia el interior del tajo.

En régimen natural las elevaciones piezométricas fueron de 3,810 msnm a 3,820 msnm (Lorax, 2004). Los niveles piezométricos para la zona del tajo Yanacocha Sur variaban en un rango de 3,739 msnm y 4,062 msnm para la época húmeda (marzo del 2018), mientras que para la época seca (octubre 2018), los niveles varían entre 3,698 msnm y 4,061 msnm. La dirección de flujo para este tajo es radial en dirección hacia el centro del tajo; sin embargo, a nivel más regional se sigue manteniendo la dirección de flujo Noreste- Suroeste (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapa 3.4 y Figuras 3.18 – 3.19).

La Tabla 3.2.3.3-7, *Balance de Agua en el Subsistema Yanacocha*, muestra el balance de agua estimado para el subsistema Yanacocha

**Tabla 3.2.3.3-7 Balance de Agua en el Subsistema Yanacocha**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	7,490	11,960
	Transferencia lateral	4,470	
Salida	Descarga hacia ríos	893	11,961
	Evapotranspiración	0.790	
	Transferencia lateral	11,067	

- Sección hidrogeológica 7-7' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.18)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando al tajo Yanacocha (margen derecha de la sección) y la Pila de lixiviación Yanacocha en su sector Este (margen izquierdo de la sección).

Se observan la unidad hidrogeológica de sílice, correspondiente al cuerpo de sílice de Yanacocha, donde se ubica el tajo Yanacocha y la pila de lixiviación. Rodeando la U.H de sílice se encuentra la U.H. de roca de baja permeabilidad.

El nivel piezométrico en esta sección no se ve afectado por los bombeos, ya que, en la actualidad, este tajo no se encuentra en operación. La dirección preferencial del flujo subterráneo es norte-sur, siendo el gradiente hidrogeológico del orden de 4%. Las cotas piezométricas en esta sección se encuentran entre 3.950 y 3.800 m snm.

- Sección hidrogeológica 8-8' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.19)

Esta sección presenta una dirección de Oeste-Este, atravesando el tajo Yanacocha.

Se observan dos unidades hidrogeológicas: la U.H. de sílice que corresponde al cuerpo de sílice de Yanacocha y sobre la que se ubica el tajo Yanacocha y la U.H. de roca de baja permeabilidad. Que limite el cuerpo de sílice de Yanacocha.

El nivel piezométrico varía en la sección entre las cotas 3,920 m snm y la cota 3,650 msnm. La dirección del flujo es hacia el oeste y el gradiente hidrogeológico del orden 9% para toda la sección.

- **Subsistema de Sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste:**

La falla La Quinua separa la unidad hidrogeológica de los sedimentos fluvio glaciares de La Quinua y el subsistema de La Quinua-El Tapado-el Tapado Oeste, ubicado al occidente del subsistema hidrogeológico de Yanacocha. El subsistema de sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste se encuentra hidráulicamente desconectado del subsistema de Yanacocha gradiente arriba y con una diferencia de niveles de 150 m para el pre-minado.

El modelo de bloque muestra como la sílice de La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste está rodada y parcialmente recubierta por material propilítico y alteración argílica. La baja conductividad hidráulica del argílico y el propilítico evita una mayor conexión hidráulica entre la sílice y las zonas de descarga adyacente a Río Grande.

El subsistema se recarga a través de la infiltración vertical desde los sedimentos fluvio glaciares en el período de pre-minado, lateralmente por el material adyacente y por recarga de infiltración directa donde se expone la sílice. Los niveles piezométricos en pre-minado indican que probablemente se podrían dar las siguientes condiciones de flujo subterráneo:

- La zona inferior de los sedimentos fluvio glaciares (mudflow inferior) tiene una conductividad hidráulica menor a la de la sílice de La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste subyacente.
- La recarga de la sílice por los materiales adyacentes como el propilítico y argílico está muy limitada debido a la baja conductividad hidráulica de estos materiales adyacentes.
- La descarga del flujo subterráneo de la sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste se lleva a cabo por los afloramientos de esta a cotas inferiores.

La dirección de flujo en la sílice está restringida por la presencia de las unidades propilítica en el entorno de El Tapado y El Tapado Oeste. El modelo de bloque indica que la sílice de El Tapado – La Quinua está conectada pobremente en profundidad con El Tapado Oeste. La descarga hacia la roca adyacente alterada no es posible, debido al gradiente que presenta la sílice en el pre-minado de 3,543 m snm. De manera similar, la sílice de El Tapado –La Quinua no puede descargar hacia los sedimentos fluvio glaciares, debido a las altas elevaciones piezométricas en la unidad sedimentaria.

En la zona de La Quinua, la recarga se estima del orden de 25% de la precipitación para las gravas, del orden de 30% para el cuerpo de sílice y de manera similar a Yanacocha para el resto de la roca regional la recarga representa el 15% de la precipitación. En algunas zonas del bloque de sílice la recarga está en el orden del 10%.

La Tabla 3.2.3.3-8, *Balance de Agua en el Subsistema de Sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste*, muestra el balance de agua estimado para este subsistema.

**Tabla 3.2.3.3-8 Balance de Agua en el Subsistema de Sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	4,395	31,649
	Transferencia lateral	27,254	
Salidas	Descarga hacia ríos	17,843	31,649
	Evapotranspiración	0.5	
	Transferencia lateral	13,806	

En época húmeda (marzo 2018), La Quinua presentaba una piezometría que variaba entre 3,390 msnm y 3,701 msnm, en el tajo La Quinua 2 los niveles piezométricos variaban entre 3,255 msnm y 3,321 msnm y finalmente en La Quinua 3 los niveles variaban entre 3,183 msnm y 3,173 msnm. En época seca (octubre 2018), La Quinua presentaba una piezometría que variaba entre 3,399 msnm y 3,697 msnm, en el tajo La Quinua 2 los niveles piezométricos variaban entre 3,244 msnm y 3,293 msnm y finalmente en La Quinua 3 los niveles variaban entre 3,164 msnm y 3,185 msnm. Los bombeos producen conos de depresión en los tajos La Quinua 2 y La Quinua 3, provocando que la dirección de flujo preferencial se dirija hacia el centro del tajo, principalmente hacia La Quinua 3, el cual se encuentra actualmente en operación. Producto de las diferencias de permeabilidades se originan divisorias hidrogeológicas: una al oeste del tajo La Quinua 3 y otra al este de La Quinua tal como se observa en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapas 3.4 y Figuras 3.20 - 3.21.

- Sección hidrogeológica 9-9' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.20)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur y atraviesa en superficie las infraestructuras del tajo La Quinua 3 (margen derecha y parte central de la sección) y los depósitos de desmonte La Quinua Norte (margen izquierda de la sección) y Tajo La Quinua Sur (margen derecha de la sección).

Se observan tres unidades hidrogeológicas: La primera es la unidad hidrogeológica Sedimentos de La Quinua, la cual, cubre gran parte de la superficie. La segunda es la unidad de sílice dispuesta en forma cuerpos aislados y a tercera es la unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad que se encuentra rodeando los cuerpos de sílice.

El nivel piezométrico se encuentra entre 3,590 y 3,200 msnm. El flujo subterráneo se dispone de forma radial hacia el tajo de La Quinua 3, como consecuencia del drenaje que actualmente se efectúa en esta operación. Se observa la diferente respuesta ante los bombeos de la unidad de baja permeabilidad, dónde se genera un gradiente hidrogeológico del orden del 40% y la respuesta al bombeo en el cuerpo de sílice de El Tapado Oeste, dónde el gradiente es inferior al 1% en el centro del cuerpo, alcanzado hasta un máximo del orden del 24%, en la zona periférica del cuerpo.

- Sección hidrogeológica 10-10' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.21)

Esta sección presenta una dirección Oeste-Este, atravesando el tajo La Quinua 3 (Tapado Oeste).

- **Subsistema de Sedimentos La Quinua:**

Las unidades hidrogeológicas presentes corresponden a la U.H de Sedimentos de La Quinua, la cual, cubre gran parte de la superficie, la unidad de sílice, dispuesta en forma de cuerpos aislados y la unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad dispuesta alrededor de los cuerpos de sílice.



En la sección se observa un cono de depresión en el centro del tajo La Quinua 3, siendo la dirección del flujo subterráneo convergente hacia el tajo. Los niveles piezométricos varían entre un máximo de 3,580 msnm y un mínimo en el centro del tajo de 3.200 msnm. - Subsistema Sedimentos de La Quinua:

El subsistema de sedimentos de la Quinua, lo conforman sedimentos fluvio glaciares provenientes de procesos erosivos. Los sedimentos fluvio glaciares de la Quinua se extienden de manera continuada desde el flanco oeste de la falla La Quinua hasta el este de Río Grande. La base y espesor de la secuencia de sedimentos están controlados por los desplazamientos en los límites de las fallas y por el paleo relieve de la superficie topográfica.

Los niveles piezométricos pre-minado en la unidad hidrogeológica fluvio glaciar presentan un flujo desde el suroeste de la falla La Quinua hasta alcanzar las quebradas efluentes de Río Grande.

La secuencia más espesa de los sedimentos de La Quinua se depositó en los límites de la cuenca basal formada por las Fallas La Quinua, Carbón, Sur y Norte. Los sedimentos depositados en el fondo de la cuenca (mudflow inferior) conforman la formación de menor permeabilidad. Superponiéndose a ellos está el ferricreteo y el mudflow superior.

Los manantiales presentes en la Quebrada Encajón y en los canales de Quishuar se alimentan de la formación ferricreteo, otra descarga se da hacia los afloramientos de Quebrada Tuya y Quebrada Derrumbe, esto indica que la mayor descarga del flujo subterráneo se produce a través de la secuencia superior de las gravas.

Al oeste de la falla El Tapado, el flujo es divergente, una parte va hacia el oeste a través de quebrada Honda, y la otra parte va hacia el sur a través de quebrada Pozo Seco. La descarga más significativa se da entre el contacto entre la base de los sedimentos y la roca madre. La presencia de flujo en la base de los sedimentos indica que los sedimentos fluvio glaciares son más permeables que la roca subyacente.

Hacia el este de la falla El Tapado, el espesor de los sedimentos se reduce a 50 m escasos, lo que provoca un cambio brusco en la transmisividad del material. La limitación en el espesor de los sedimentos conlleva a que se produzca una descarga relativamente pequeña a través de la quebrada Encajón.

La Tabla 3.2.3.3-9, *Balance de Agua en el Subsistema de Sedimentos de La Quinua*, muestra el balance de agua estimado para el subsistema de Sedimentos de La Quinua.

**Tabla 3.2.3.3-9 Balance de Agua en el Subsistema de Sedimentos de La Quinua**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	241	5,469
	Transferencia lateral	5,229	
Salida	Descarga hacia ríos	-	5,469
	Evapotranspiración	-	
	Transferencia lateral	5,469	

La piezometría de la zona que abarca el tajo de La Quinua Sur Gravas, muestra un flujo radial con dirección hacia las dos zonas de avances del tajo, (Ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Mapa 3.4 y Figuras 3.22 - 3.23). De esta forma, la piezometría variaba desde 3,342 msnm a 3,540 msnm para época Húmeda (marzo 2018), la piezometría para la época seca (octubre 2018) varía desde 3,342 msnm a 3,530 msnm; no existe una variación considerable entre estas dos épocas. Asimismo, por la operación en este tajo, se genera una divisoria hidrogeológica en el lado sureste y suroeste.

- Sección hidrogeológica 11-11' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.22)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando el tajo La Quinua Sur.



Las unidades hidrogeológicas presentes son: U.H. de Sedimentos de La Quinua, la cual cubre la superficie y corresponde con la unidad en la que se encuentra el recurso con interés económico y la U.H. de roca de baja permeabilidad. De forma residual, se localiza un pequeño cuerpo de sílice.

El nivel piezométrico representado en esta sección, a diferencia del resto de secciones descritas en este epígrafe, corresponde al nivel de la U. H. de Sedimentos de la Quinua. La piezometría de esta unidad se encuentra entorno a los 3.400 msnm, siendo la dirección preferencial del flujo subterráneo hacia el sur.

- Sección hidrogeológica 12-12' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterránea* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.23)

Esta sección tiene una dirección Oeste-Este, atravesando el tajo La Quinua Sur.

Las Unidades hidrogeológicas presentes corresponden a la U.H de sedimentos de la Quinua que sobreyace sobre la U.H. de roca de baja permeabilidad, donde se pueden observar, pequeños cuerpos de sílice sin interés económico.

El nivel piezométrico en la U.H. de sedimentos de la Quinua se encuentra entorno a los 3.400 msnm, siendo la dirección preferencial del flujo subterráneo hacia el oeste.

- **Subsistema Cerro Negro:**

El subsistema hidrogeológico de Cerro Negro está constituido principalmente por el cuerpo de sílice de Cerro Negro y por una unidad de arcilla de sílice (sílice clay) localizada al oeste del cuerpo de sílice principal, rodeado todo ello de arcilla (Alteración tipo clay). Las direcciones preferenciales de flujo discurren desde las zonas topográficamente más altas en dirección a los valles de menor altitud.

La principal fuente de recarga del subsistema hidrogeológico lo constituye la infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos, aunque se observa una escasa influencia del régimen de precipitaciones sobre los niveles de agua subterránea, lo que pone de manifiesto que en el subsistema hidrogeológico de Cerro Negro el porcentaje de infiltración es muy escaso.

Este hecho de que en el subsistema de Cerro Negro la infiltración es muy escasa se apoya en tres circunstancias principales:

El área de estudio presenta pendientes topográficas altas del orden de 30 a 45° lo que facilita la escorrentía superficial e impide que la precipitación se infiltre.

- Parte de la precipitación es interceptada por las unidades superficiales no consolidadas que favorecen la ocurrencia de flujos superficiales o subsuperficiales de carácter esporádico, aumentando a su vez la escorrentía superficial y disminuyendo la infiltración hacia el subsistema hidrogeológico.
- Los materiales que constituyen el subsistema hidrogeológico son de baja permeabilidad, lo que a su vez disminuye la capacidad de infiltración.

Así mismo, los datos registrados muestran que durante el periodo analizado no ha existido variación de los niveles piezométricos.

Por otro lado, la principal fuente de descarga del subsistema hidrogeológico lo constituyen la transferencia lateral (ver Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos Mapa 3.4 y Figuras 3.24 – 3.25).

La Tabla 3.2.3.3-10, *Balance de Agua en el Subsistema de Cerro Negro*, muestra el balance de agua estimado para el subsistema de Cerro Negro.

**Tabla 3.2.3.3-10 Balance de Agua en el Subsistema de Sedimentos de La Quinua**

Balance de Agua		m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /día
Entrada	Recarga	856	856
	Transferencia lateral	37	
Salida	Descarga hacia ríos	856	856
	Evapotranspiración	-	
	Transferencia lateral	856	

Los gradientes hidráulicos registrados en el área de estudio varían entre 10% y 40%.

El nivel de agua subterránea se encuentra ligeramente por debajo de la cota final del tajo de 3,530 msnm y bajo la mayor parte del cuerpo de sílice de Cerro Negro Oeste.

Los niveles de agua subterránea registrados en el área del yacimiento Cerro Negro Oeste en época húmeda (marzo 2018) varían de 3,441 a 3,748 msnm, la variación en época seca (octubre 2018) es mínima. dirección de flujo en esta zona es hacia las quebradas Río Tinte, Qda. Chachacoma y Qda. Pampa Cerro Negro, generándose una divisoria hidrogeológica en la zona este del tajo Cerro Negro.

- Sección hidrogeológica 13-13' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.24)

Esta sección presenta una dirección Norte-Sur, atravesando el tajo Cerro Negro Este.

Se observan dos unidades hidrogeológicas: La U.H. de sílice, expuesta principalmente bajo el Tajo Cerro Negro Este y la U.H. de roca de baja permeabilidad que limita los cuerpos de sílice.

El nivel piezométrico se encuentra entre 3,700 msnm y 3,640 msnm. Se observa una divisoria hidrogeológica en el centro de la sección, de forma que, la dirección de flujo es hacia el norte en la mitad meridional y hacia el sur en la mitad septentrional. El tajo Cerro Negro no ha necesitado drenaje, ya que el fondo del mismo no interceptó, en ningún momento, la superficie piezométrica. Por esta, razón los niveles piezométricos en esta zona no se encuentran disturbados, siendo el gradiente hidrogeológico promedio del orden del 3%.

- Sección hidrogeológica 14-14' (Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, Subsistemas Hidrogeológicos - Figura 3.25)

Esta sección tiene una dirección Oeste-Este, atravesando los tajos de Cerro Negro y Cerro Este.

Presenta dos unidades hidrogeológicas. La U.H. de sílice, dispuesta principalmente bajo el Tajo Cerro Negro Este y la U.H. de roca de baja permeabilidad dispuesta alrededor de los cuerpos de sílice, los cuales se presentan de forma aislada.

El nivel piezométrico no ha sido disturbado por drenaje, por lo que se presenta en estado similar al régimen natural. Se observa una divisoria, coincidiendo con la parte más elevada del cerro, de forma que parte del flujo subterráneo se dirige hacia el oeste y parte hacia el este.

#### **Análisis de la evolución histórica de los niveles piezométricos**

En el presente epígrafe se describe la evolución histórica de los niveles piezométricos en el distrito minero de Yanacocha. Para llevar a cabo este análisis se ha considerado la información almacenada en la base de datos de Yanacocha. Se dispone de registros desde 01/06/1995 hasta la actualidad, correspondientes a un total de 1,143 piezómetros y/o pozos de bombeo, cuya ubicación espacial se muestra en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* - Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico* – Mapa 3.6, *Ubicación de Piezómetros y Pozos con Medida de Piezometría*.

A continuación, se describe la evolución piezométrica según las distintas áreas operativas que conforman el área de estudio:

- Área Operativa de Maqui Maqui

En el área operativa de Maqui Maqui, se cuenta con un total de 81 piezómetros con información histórica de niveles piezométricos desde inicios del año 1995 hasta noviembre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico – Mapa 3.6*. En el Gráfico 3.2.3.3- 1, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Maqui Maqui*, se recoge la evolución temporal de los niveles de las aguas subterráneas en los piezómetros instalados en el área operativa de Maqui Maqui.

Previamente, al inicio de las operaciones en esta área los niveles piezométricos se encontraban a cotas comprendidas entre 4,000 y 3,950 msnm, correspondiendo los niveles más bajos a los piezómetros que se ubican en los cuerpos de sílice y los niveles superiores a los piezómetros que se ubican sobre materiales argílicos o propilíticos. Los niveles se mantuvieron estables hasta que en 1999 comienzan las operaciones de drenaje en el tajo Maqui Maqui Sur, provocando un progresivo descenso en los niveles de las aguas subterráneas de los piezómetros que se ubican sobre el cuerpo de sílice hasta alcanzar la cota de 3,927 msnm. Durante este periodo se produce un descenso del orden de 49 metros con una tasa de descenso del orden de 2.3 m/mes.

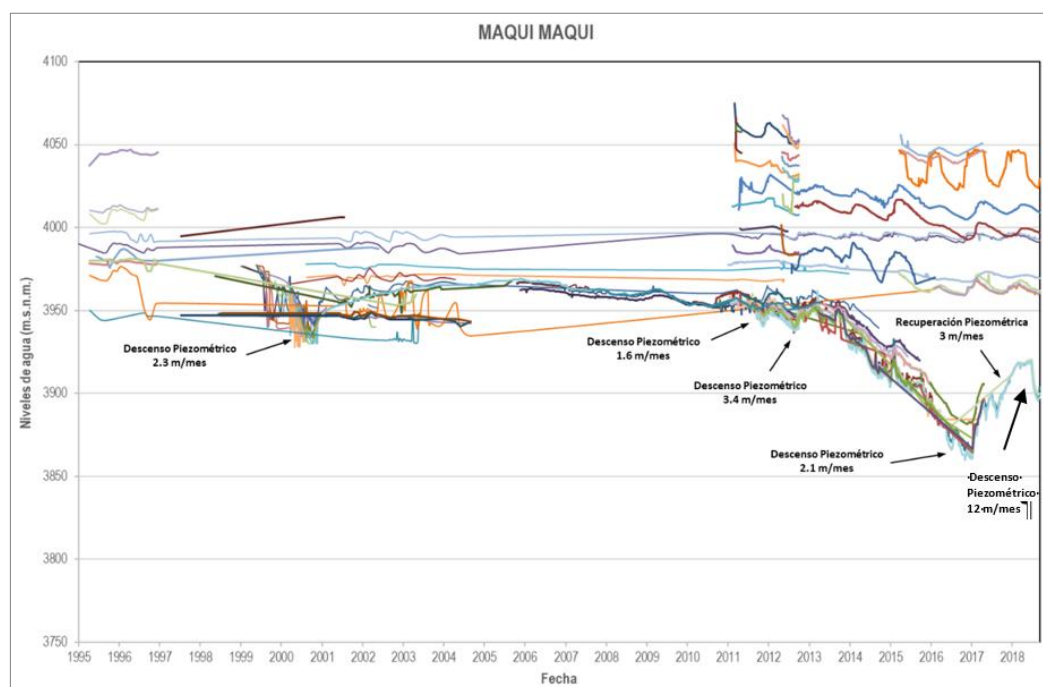
Desde 2001 hasta mayo del 2011 los niveles se recuperan, alcanzando prácticamente las cotas correspondientes al régimen natural. A partir de mayo del 2011, comienzan de nuevo las operaciones de drenaje en el área operativa. En el periodo comprendido entre mayo del 2011 y enero del 2012 se observa un nuevo periodo de bombeo en el que se alcanzan niveles del orden de 3,941 msnm con una tasa de descensos de 1.61 m/mes. A principio del año 2012, se observa una recuperación de los niveles de las aguas subterráneas derivada del cese de los bombeos, alcanzándose niveles piezométricos del orden de 3,965 msnm.

Entre febrero y octubre de 2012, se observa un nuevo ciclo de bombeos en el que se alcanzan cotas piezométricas en el cuerpo de sílice de 3,940 msnm con una tasa de descenso de 3.4 m/mes. A partir de octubre del 2012 hasta mayo del 2013, los niveles se recuperan hasta alcanzar niveles del orden de 3,960 msnm con una tasa de recuperación de 2.5 m/mes.

Entre mayo del 2013 y febrero del 2017, se observa un descenso continuado de las aguas subterráneas en los piezómetros situados en los cuerpos de sílice asociado al área operativa de Maqui Maqui, alcanzándose los mínimos niveles registrados en esta zona, los cuales se sitúan en torno a los 3,860 msnm. Durante este periodo, la tasa de descensos ha sido de 2.1 m/mes.

Durante el periodo comprendido entre abril del 2011 hasta octubre del 2018, se observan que los niveles registrados por los piezómetros ubicados en el argílico, prácticamente no se ven afectados por los bombeos, presentando una variación piezométrica de carácter estacional, observándose incremento de los niveles durante la época de lluvias y descensos durante el periodo seco.

Entre marzo de 2017 y agosto de 2018 se observa un ascenso del nivel piezométrico a una tasa de recuperación de 3 m/mes llegando alcanzar 3,919 msnm, luego se puede apreciar un fuerte descenso hasta octubre de 2018 donde alcanza un nivel de 3,895 msnm con tasa de descenso de 12 m/mes. Finalmente, se presenta una leve recuperación debido a la disminución del caudal de bombeo.

**Gráfico 3.2.3.3-1 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Maqui Maqui**

– Área Operativa de Chaquicocha

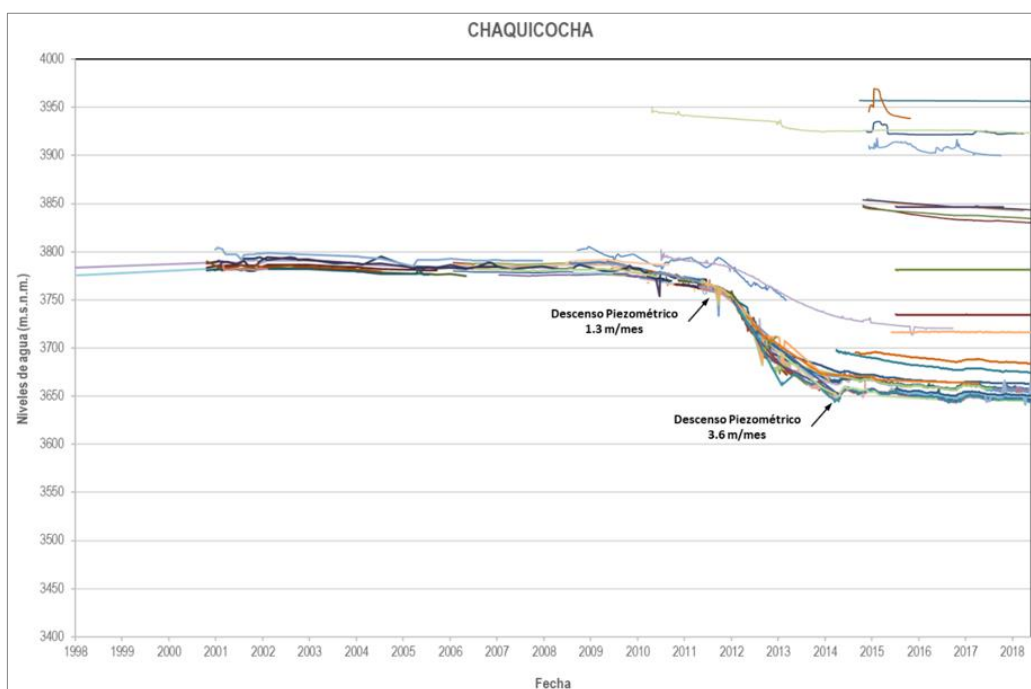
Con respecto al área operativa de Chaquicocha dentro del sector este, la información disponible corresponde a un total de 101 estaciones piezométricas y/o pozos de bombeos. El registro de la data histórica abarca desde junio del 1998 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros - Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos*. En el Gráfico 3.2.3.3-2, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Chaquicocha*, se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del área operativa de Chaquicocha.

La representación de la evolución de los niveles piezométricos indica que los niveles de las aguas subterráneas se mantienen constantes en el tiempo en torno a la cota de 3,780 msnm hasta enero del 2010, fecha en la cual se inician los bombeos en el tajo Chaquicocha.

Los bombeos se prolongan hasta julio del 2012, alcanzándose un nivel piezométrico de 3,749 msnm. La tasa de los descensos piezométricos correspondiente a este primer periodo de bombeos es del orden 1.3 m/mes. Se observa un segundo periodo de bombeo hasta febrero del 2015, en el cual los descensos piezométricos alcanzan los 3,633 msnm y una tasa de descensos de 3.6 m/mes.

Entre febrero del 2015 y febrero del 2017, los niveles se han mantenido prácticamente constantes a cota 3,650 msnm, e incluso se observa una ligera recuperación de los niveles de las aguas subterráneas entre febrero y mayo de 2017, alcanzándose la cota de 3,661 msnm, siendo constantes hasta octubre del 2018.

Las estaciones piezométricas que representan los niveles piezométricos más elevados y de los cuales se tiene registro entre octubre del 2010 y octubre del 2018, corresponden a los piezómetros de observación ubicados sobre materiales argílico o propilítico.

**Gráfico 3.2.3.3-2 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Chaquicocha**

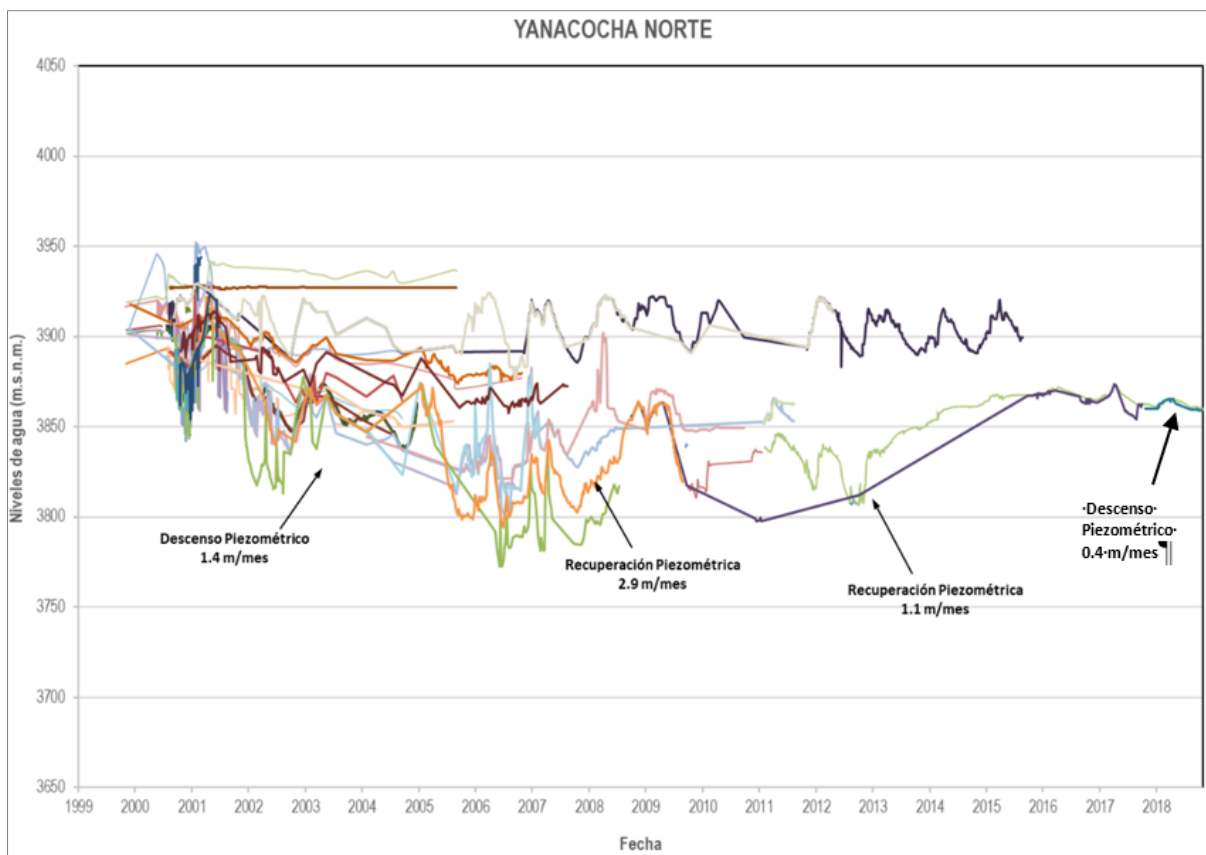
— Área Operativa de Yanacocha Norte

En el área operativa de Yanacocha Norte se dispone de 59 piezómetros con información de los niveles piezométricos desde diciembre del 1999 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros - Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos*. En el Gráfico 3.2.3.3-3, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Yanacocha Norte*, se representa la evolución temporal de los niveles piezométricos en este sector.

El registro comienza a partir del mes diciembre del 1999 a la cota piezométrica de 3,917 msnm. A partir de este momento, se inician los bombeos en el Tajo Norte de Yanacocha hasta el mes de diciembre del 2006. En este periodo se registra un descenso prácticamente continuado de los niveles del orden de 122 m con una tasa de descensos de 1.44 m/mes. A continuación, entre los meses de diciembre del 2000 y junio del 2001, se produce una recuperación de los niveles piezométricos hasta alcanzar la cota de 3,772 msnm. Se observa una recuperación de los niveles de las aguas subterráneas entre el periodo de tiempo de diciembre del 2006 y abril del 2009 a razón de 2.9 m/mes y alcanzándose una cota piezométrica de 3,870 msnm.

Finalmente, entre el mes de abril del 2009 hasta octubre del 2018, se mantienen bombeos locales los cuales provocan un descenso inicial que a medida que transcurre el tiempo tiene a recuperar los niveles piezométricos. En términos generales los niveles experimentan una recuperación general, hasta alcanzar la cota de 3,872 msnm. Por ejemplo, entre octubre de 2012 a mayo de 2016 la recuperación se dio a una tasa de 1.1 m/mes. En el periodo comprendido entre marzo y octubre del 2018 se observa un ligero descenso a una tasa de 0.4 m/mes.

**Gráfico 3.2.3.3-3 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Yanacocha Norte**



– Área Operativa de Yanacocha Sur

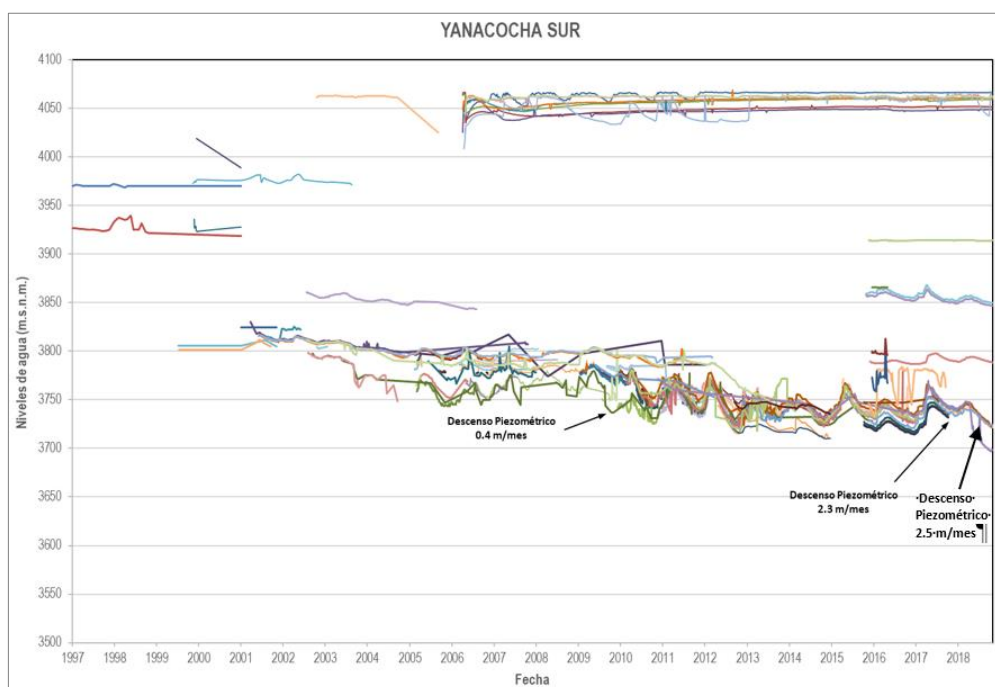
En el área operativa de Yanacocha Sur se dispone de 95 piezómetros con información de los niveles piezométricos desde julio del 1999 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico*, Piezómetros – Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos. En el Gráfico 3.2.3.3-4, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Yanacocha Sur*, se puede observar la representación de la evolución temporal de los niveles piezométricos en este sector.

En esta área operativa los bombeos comienzan a inicios del año 2002 y los niveles alcanzan la cota piezométrica de 3,810 msnm. Desde esta fecha hasta enero de 2017 se observa un descenso continuado de los niveles piezométricos del orden de 78 m y con una tasa de descenso promedio de 0.4 m/mes hasta alcanzar una cota del orden de 3,731 msnm.

En el periodo comprendido entre enero y abril de 2017 se observa una recuperación de los niveles hasta alcanzar una cota del orden de 3,761 msnm; posteriormente, se observan dos periodos marcados, entre abril y diciembre del 2017 con un descenso del nivel piezométrico a una tasa de 2,3 m/mes y al final entre marzo y octubre del 2018 un descenso del nivel piezométrico con una tasa de 2.5 m/mes.

En el área comprendida entre el Tajo Yanacocha Norte y el Tajo Yanacocha Sur, se localizan un conjunto de piezómetros que presentan unos niveles piezométricos constantes en torno a 4,055 msnm para el periodo comprendido entre abril de 2006 y octubre de 2018, los cuales, se encuentran ubicados sobre materiales argílicos. Esta diferencia evidente entre los niveles piezométricos registrados en las formaciones geológicas de sílice y los niveles piezométricos registrados en las alteraciones de argílico y propilítico ponen de manifiesto el contraste de permeabilidades entre los cuerpos permeables de sílice y los materiales impermeables que los circundan, lo que supone, a su vez, que cualquier modificación de los niveles piezométricos en los cuerpos de sílice tienen una baja influencia sobre los niveles del resto de las formaciones.



**Gráfico 3.2.3.3-4 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Yanacocha Sur**

— Área Operativa de La Quinua

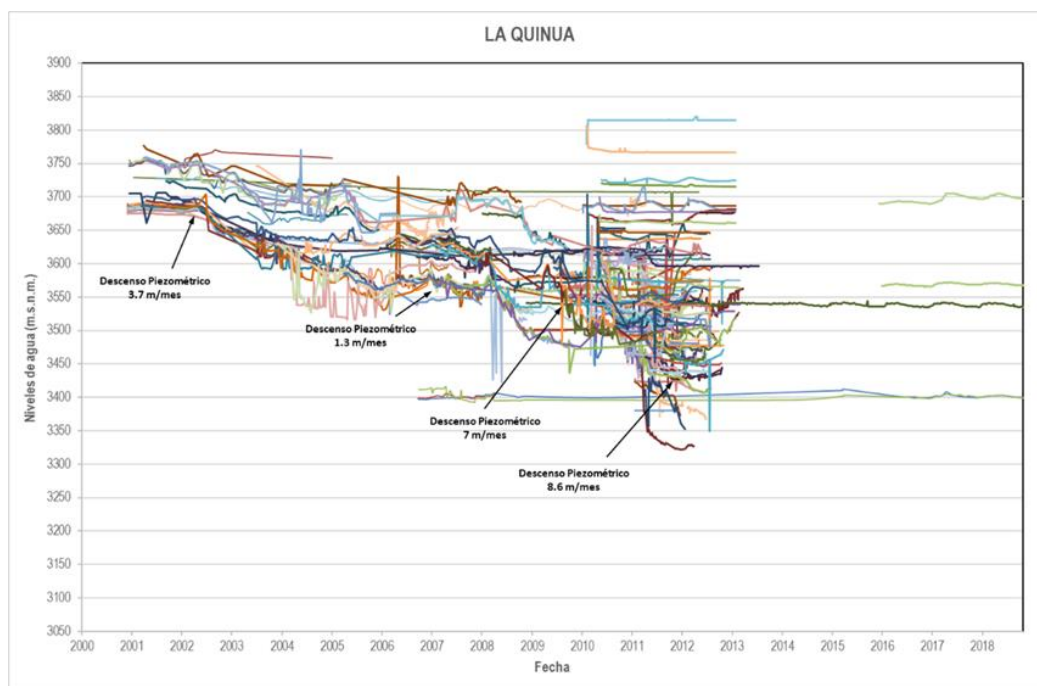
Con respecto al área operativa de La Quinua, se dispone de información histórica proporcionada por Yanacocha de un total de 346 piezómetros y/o pozos de bombeos desde diciembre del 2000 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros - Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos*. En el Gráfico 3.2.3.3-5, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua*, se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del área operativa de La Quinua.

La serie histórica inicia en diciembre del 2000 en la que se registran los niveles piezométricos correspondientes al régimen natural, previo al inicio de los bombeos en esta área operativa, los cuales se sitúan en torno a 3,686 msnm. En marzo de 2002 comienzan los bombeos, distinguiéndose un primer periodo que se extiende hasta noviembre de 2002, en el que los descensos observados son del orden de 34 m con una tasa de descensos de 3.7 m/mes. Entre noviembre de 2002 y febrero de 2008 se observa un descenso continuado de los niveles hasta alcanzar una cota del orden de 3,600 msnm y con una tasa promedio de descensos de 1.3 m/mes. Desde febrero de 2008 y febrero de 2009 los bombeos se intensifican, alcanzándose cotas piezométricas del orden de 3,563 msnm. Entre marzo del 2009 y julio del 2009 se observa un evento de recuperación de los niveles piezométricos, reanudándose los bombeos a partir de abril de 2009. Entre abril de 2009 y abril de 2010 se produce un fuerte descenso de los niveles con una tasa de descensos del orden de 7 m/mes hasta alcanzar una cota del orden de 3,570 msnm.

El tercer evento de los descensos piezométricos observados se produce entre los meses de julio del 2009 y junio del 2011, con una tasa de descenso de 8.6 m/mes hasta alcanzar la cota piezométrica de 3,413 msnm. Posteriormente, se observa una recuperación progresiva de los niveles de las aguas subterráneas hasta la cota piezométrica de 3,603 msnm en la fecha de marzo del 2013. Finalmente, no se registra variaciones significativas del nivel piezométrico hasta octubre del 2018.

Los piezómetros ubicados al sur del tajo La Quinua se encuentra localizado sobre materiales argílicos, muestra un nivel piezométrico constante desde su construcción en torno a 3,400 msnm en el periodo de tiempo entre octubre del 2006 a octubre del 2018.



**Gráfico 3.2.3.3-5 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua**

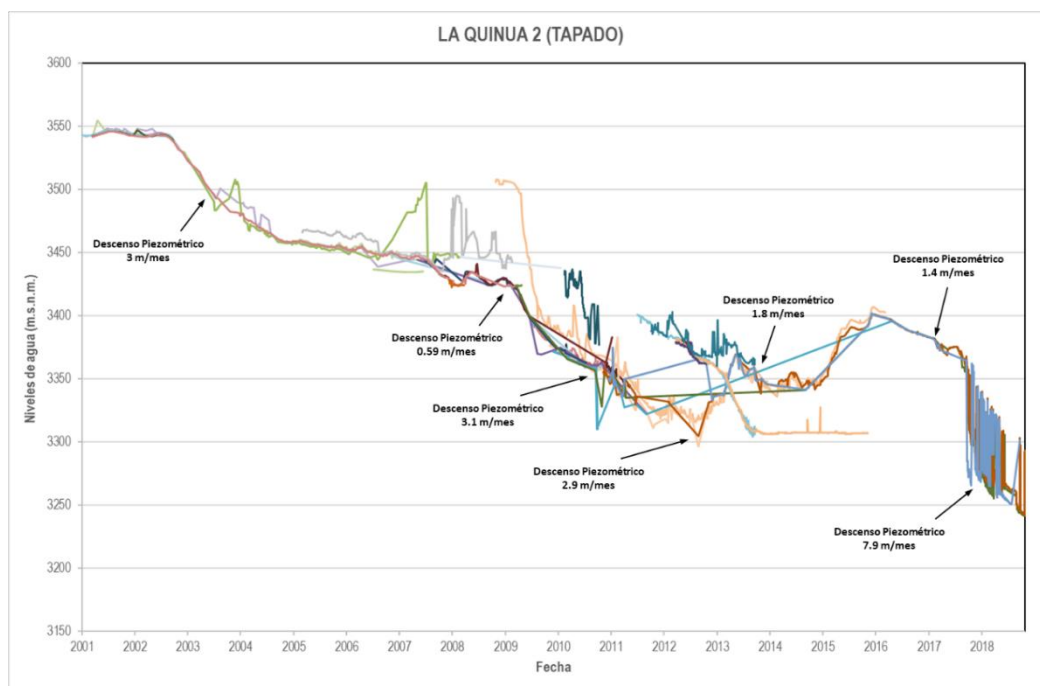
— Área Operativa de La Quinua 2

El área operativa de La Quinua 2 dispone de un total de 53 estaciones piezométricas y/o pozos de bombeos. La data histórica de niveles se inicia en enero del 2001 y alcanza hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros - Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos*. En el Gráfico 3.2.3.3-6, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua 2*, se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del área operativa de La Quinua 2.

Los niveles iniciales en el área de La Quinua 2 antes del inicio de los bombeos se encontraban aproximadamente a cota 3,544 msnm. En agosto de 2002 comienzan los bombeos registrándose un primer periodo de descensos entre agosto de 2002 y diciembre de 2004 con una tasa de descensos del orden de 3 m/mes.

El segundo evento observado en los descensos piezométricos se extiende desde diciembre de 2004 hasta diciembre de 2008 y presenta una tasa de descensos de 0.59 m/mes hasta alcanzar la cota piezométrica de 3,429 msnm. El tercer evento de los descensos piezométricos observados se produce un aumento en las tasas a razón de 3.1 m/mes, hasta alcanzar la cota piezométrica de 3,358 msnm en el periodo de tiempo que se extiende hasta noviembre del 2010. El cuarto evento de los descensos piezométricos se origina a razón de 2.9 m/mes hasta alcanzar la cota piezométrica de 3,296 msnm en el periodo de tiempo comprendido entre noviembre de 2010 y agosto del 2012. Hay que indicar que el periodo que abarca desde agosto del 2012 hasta mayo del 2013, se observa una recuperación de los niveles piezométricos a razón de 8.1 m/mes, alcanzándose la cota piezométrica de 3,369 msnm.

El quinto evento de los descensos piezométricos observados se origina en el periodo de tiempo desde mayo del 2013 hasta agosto del 2014, a razón de 1.8 m/mes y alcanzándose la cota piezométrica de 3,341 msnm. Un segundo periodo de recuperación de los niveles piezométricos se observa en el periodo de tiempo desde agosto del 2014 hasta diciembre del 2015, a razón de 3.7 m/mes y alcanzándose la cota piezométrica de 3,400 msnm. Luego, un sexto evento de los descensos piezométricos a razón de 1.4 m/mes, alcanzándose la cota piezométrica de 3,375 msnm en la fecha de junio del 2017. Finalmente podemos apreciar un descenso más abrupto entre junio de 2017 a octubre de 2018 en los piezómetros LQPW-34, LQPW-43, LQPW-44, por encontrarse en una zona saturada y que por estabilidad de taludes fue necesario bajar el nivel del agua a una tasa de 7.9 m/mes.

**Gráfico 3.2.3.3-6 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua 2**

— Área Operativa de La Quinua 3

El área operativa de La Quinua 3 dispone de un total de 183 estaciones piezométricas y/o pozos de bombeos. La data histórica de los niveles de las aguas subterráneas se inicia desde abril del 2001 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros* – Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos. En el Gráfico 3.2.3.3-7, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua 3*, se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del área operativa del tajo La Quinua 3.

Los niveles registrados en el área operativa de La Quinua 3, desde 2001 hasta abril del 2006 se mantienen prácticamente en estado natural a cota 3,447 msnm. En junio de 2011 se inician los bombeos y alcanzándose una cota piezométrica de 3,399 msnm. Se observa un aumento en la intensidad de los bombeos, con un segundo periodo que va desde junio de 2013 hasta octubre del 2017, momento en el cual se alcanza una cota piezométrica de 3,175 msnm, con una tasa de descensos piezométricos de 2.2 m/mes. Entre los meses de febrero y marzo de 2017 se ha producido una leve recuperación de los niveles piezométricos hasta la cota piezométrica de 3,200 msnm, a razón de 2.6 m/mes. Entre marzo de 2017 y octubre del 2018 se observa un descenso de alrededor de 2.0 m/mes.

— Área Operativa de La Quinua Sur Gravas

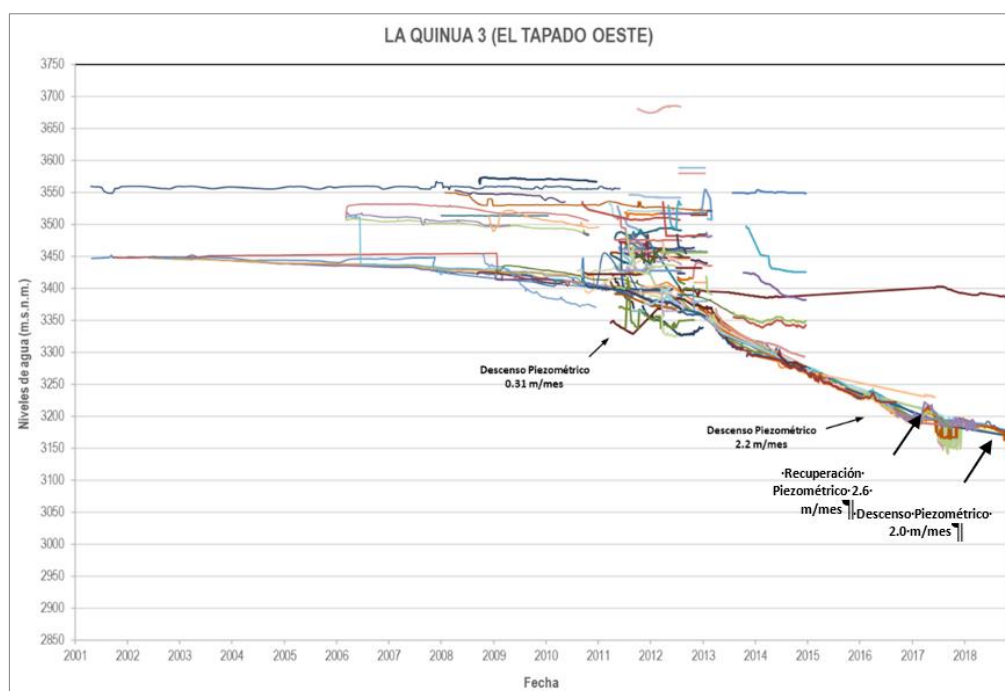
En el área operativa de La Quinua Sur se dispone de 39 estaciones piezométricas y/o pozos de bombeos. La data histórica de los niveles de las aguas subterráneas comprende desde julio del 2008 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros* – Mapa 3.6, Ubicación de Piezómetros y Pozos. En el Gráfico 3.2.3.3-8, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua Sur Gravas* se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del área operativa del Tajo La Quinua Sur.

Asimismo, como se observa en el Gráfico 3.2.3.3-8, *Evolución histórica de los niveles Piezométricos - Área operativa de La Quinua Sur*, a partir de julio del 2008 hasta el mes de agosto del 2014 se observa una ligera tendencia descendente con una tasa de descenso de 0.47 m/mes y una cota piezométrica en torno a 3,440 msnm.

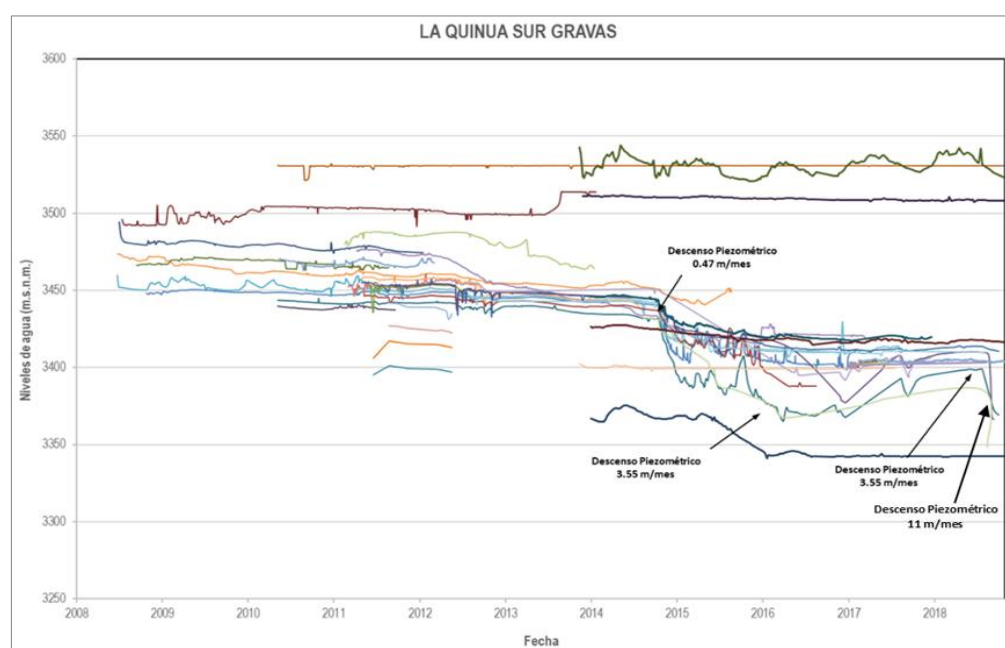
A partir de agosto de 2014 y hasta abril de 2016, se inician los bombeos en el área operativa de La Quinua Sur observándose un descenso general del orden de 70 m con una tasa de descensos de 3.55 m/mes. Por último, se observa una recuperación piezométrica a 1.35 m/mes desde abril del 2016 hasta julio del 2018 para luego pasar a un descenso brusco comenzando en agosto hasta octubre a una tasa de 11 m/mes.

El piezómetro LQ-1150 ubicado al sur del tajo La Quinua se encuentra localizado sobre materiales argílicos. Este piezómetro muestra un nivel constante desde su construcción en torno a 3,531 msnm en el periodo de tiempo entre mayo del 2010 y octubre del 2018.

**Gráfico 3.2.3.3-7 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua 3**



**Gráfico 3.2.3.3-8 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de La Quinua Sur Gravas**

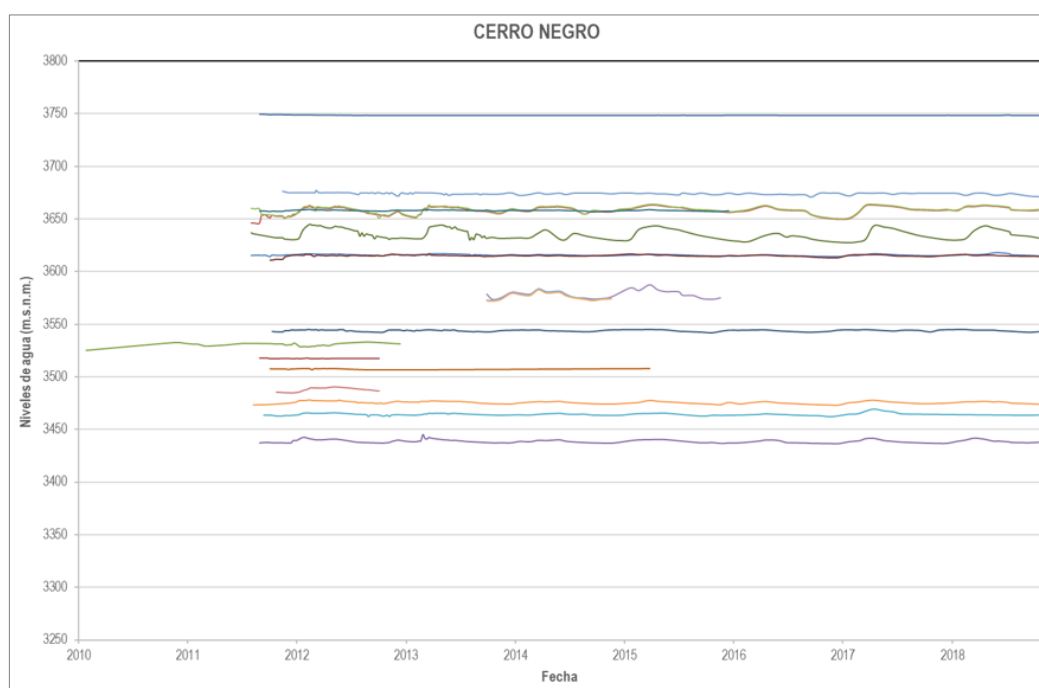


### – Área Operativa de Cerro Negro

En el área operativa del sector de Cerro Negro, se cuenta con un total de 39 piezómetros con información histórica de niveles de las aguas subterráneas desde enero del 2010 hasta octubre del 2018. La localización y distribución de los piezómetros y/o pozos de bombeos se puede observar en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico, Piezómetros* – Mapa 3.6, *Ubicación de Piezómetros y Pozos*. En el Gráfico 3.2.3.3-9, *Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Cerro Negro*, se puede observar la evolución temporal de los niveles piezométricos instalados en las proximidades del sector de Cerro Negro. Cabe indicar que las condiciones de los flujos de las aguas subterráneas no se encuentran influenciados por operaciones del desagado, debido a la ausencia de bombeos en el área de operaciones del sector de Cerro Negro y alrededores del Tajo Cerro Negro Este y el Tajo Cerro Negro Oeste.

Los niveles piezométricos observados en las gráficas de tendencias con respecto al agua subterránea indican que los niveles se mantienen constantes en el tiempo y, por lo tanto, únicamente se observan las variaciones estacionales relacionadas con la época de lluvia y la época seca, propias del ciclo hidrológico. Para el periodo comprendido entre agosto del 2011 y octubre del 2018, los piezómetros instalados en las proximidades del Tajo Cerro Oeste presentan unos niveles piezométricos del orden de 3,675 msnm (en el sector este) y unos niveles piezométricos del orden de 3,436 msnm (en el sector oeste). Los niveles piezométricos en las proximidades del Tajo Cerro Negro Este, presentan unos niveles piezométricos del orden de 3,618 msnm.

**Gráfico 3.2.3.3-9 Evolución Histórica de los Niveles Piezométricos - Área Operativa de Cerro Negro**



### Pruebas de Bombeo

El plan de minado contemplado en la presente modificatoria centra la actividad extractiva en la profundización de las áreas operativas de Chaquicocha Etapa 3 y Chaquicocha Subterránea, por esta razón y con el objetivo de precisar si los parámetros hidrodinámicos que definen el comportamiento de estos cuerpos en superficie se mantienen o modifican en profundidad, se ejecutaron pruebas de permeabilidad tipo slug test, en este material. A continuación, se describe de forma resumida el desarrollo de los trabajos y los resultados obtenidos. Adicionalmente, en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico*, se han incorporado los resultados de las pruebas de permeabilidad realizados en estudios anteriores y que han servido para caracterizar los parámetros hidrodinámicos de las unidades hidrogeológicas que constituyen.

Los ensayos fueron del tipo Slug Test con caída de carga (falling head) y se realizaron a diferentes profundidades utilizando packer simple y/o doble. En total se realizaron 2 pruebas en el sondeo CHQGEPZ-19-01 (Ver Tabla 3.2.3.3-11, *Ubicación del Sondeo Ensayado*). Cabe indicar que durante la realización de las pruebas no había ningún pozo de bombeo en funcionamiento en un radio de 1 km.

**Tabla 3.2.3.3-11 Ubicación del Sondeo Ensayado**

Sondaje	Coord. WGS84		Elevación (msnm)	Buzamiento	Acimut	Profundidad (m)	Ubicación
	Este	Norte					
CHQGEPZ-19-01	777687.873	9225806.441	3669.34	-90	0	100	Tajo Chaquicocha

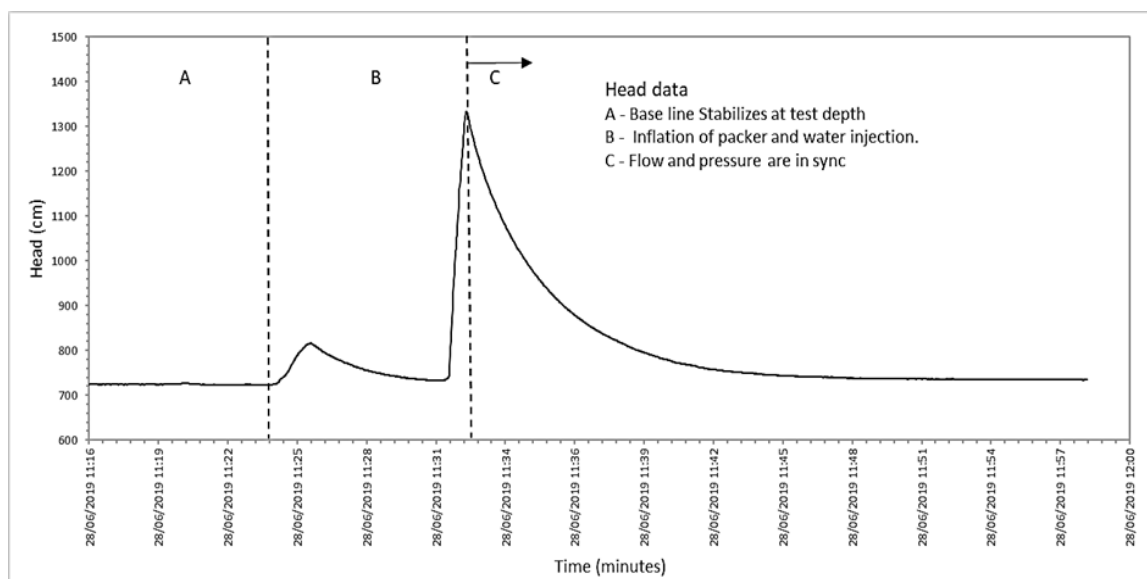
El sondeo CHQGEPZ-19-01 atravesó el cuerpo de la Sílice Masiva hasta los 70 metros, presentó un nivel inicial de 10 m de profundidad (cota piezométrica 3,659 msnm) que progresivamente fue descendiendo hasta los 15 m. Aproximadamente a los 68.8 metros luego de atravesar una zona de falla a los 70.9 metros de profundidad, el nivel desciende significativamente hasta los 65 m de profundidad (cota piezométrica 3,604 msnm), la perforación continúa hasta los 80 m y el nivel asciende, recuperando el niveles de agua hasta 31.5 metros de profundidad (cota piezométrica 3,637 msnm), cota que se mantiene estable hasta alcanzar los 100 m de profundidad de perforación final. Los ensayos de permeabilidad (slug test) se realizaron en los tramos 64.0 m a 70.0 m y 37.5m a 55.0 m (ver Tabla 3.2.3.3-12, *Selección de Tramos*).

**Tabla 3.2.3.3-12 Selección de Tramos**

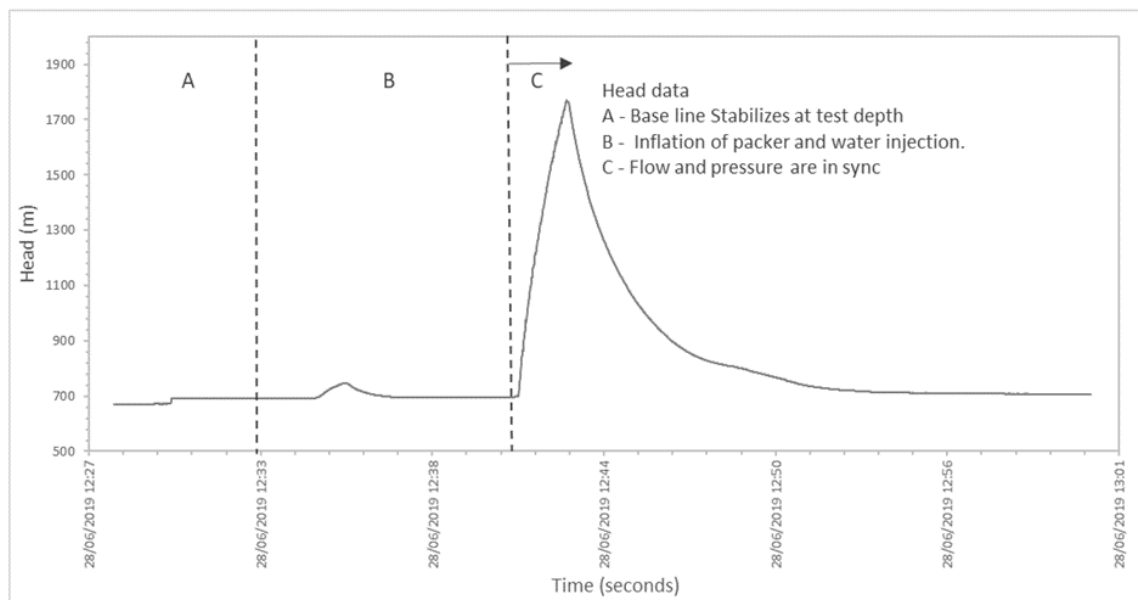
Sondaje	N° de prueba	Tipo	Fecha	Tramo de ensayo		Espesor del tramo (m)	Unidad	Litología del Tramo	Nivel de agua (m)	Criterios de selección
				Desde (m)	Hasta (m)					
CHQGEPZ-19-01	1	Falling Head	28/06/2019	64	70	6	Transitional Eutaxitic Tuff (TEUT)	Massive Sílica	31.5	Zona de interés Sílice Masiva. Se obtura con packer simple en una zona estable (RQD >75%) en el tramo 213m a 214m para aislar la zona de prueba.
	2	Falling Head	28/06/2019	35.7	55	19.3	Transitional Eutaxitic Tuff (TEUT)	Massive Sílica	31.4	Zona de interés: Sílice Masiva. Se obtura con packer doble en zonas estables (RQD >75%) en los tramos 112.6m a 113.6m y 213m a 214m para aislar la zona de prueba.

La interpretación de las pruebas realizadas se presenta a continuación:

1. Slug Test 1 (64.0 m – 70.0 m): El ensayo se realizó en la sílice masiva en un tramo fracturado, según la descripción del testigo. Se observa una respuesta rápida (el nivel se recuperó en apenas 16 minutos) y exponencial (Gráfico 3.2.3.3 10, Slug test 1 (64m-70 m)). El análisis de la prueba entrega un valor de  $3,16E-6$  m/s, lo que corresponde a un valor de permeabilidad bajo, en términos generales, pero que en comparación con el resto de los materiales presentes en la zona de operaciones está dentro del rango que se le asigna a la Unidad hidrogeológica permeable.

**Gráfico 3.2.3.3-10 Slug test 1 (64m-70 m)**

2. Slug Test 2 (35.7 m – 55.0 m): El ensayo se realizó en la sílice masiva en la que se han identificado zonas de falla. El descenso del nivel durante la prueba fue rápido (los niveles se recuperaron en 12 minutos) y exponencial (ver Gráfico 3.2.3.3-11, Slug test 1 (35.7 m – 55.0 m)). El valor de permeabilidad obtenido en el análisis es de  $1,94 \text{ E-6 m/s}$ , lo que corresponde a un material de permeabilidad baja, aunque como se indicó en el ensayo anterior se encuentra dentro del rango más alto de los valores que presentan los materiales del área operativa de Yanacocha2.

**Gráfico 3.2.3.3-11 Slug test 1 (35.7 m – 55.0 m)**

Los resultados de las pruebas de permeabilidad, ejecutados sobre la sílice de Chaquicocha, muestran valores de permeabilidad que se encuentran dentro del rango que se clasifica como de baja permeabilidad, aunque con un comportamiento hidrodinámico tipo acuífero, por lo que se espera que este material aporte caudales considerables durante la operación de drenaje (ver Tabla 3.2.3.3-13, *Resumen de Resultados*).



Tabla 3.2.3.3-13 Resumen de Resultados

Litología	K Estimado (m/s)	K Estimado (m/d)	K Promedio (m/s)	K Promedio (m/d)
Sílice Masiva Chaquicocha	3.19E-06	2.76E-01	2.57E-06	2.22E-01
	1.94E-06	1.68E-01		

#### Evaluación del Flujo Base

Como parte de la línea base hidrogeológica, así como para el análisis de los impactos hidrogeológicos como consecuencia del proyecto, es necesario determinar el caudal base disponible en las microcuencas incluidas en el área de proyecto.

Se define el flujo base como el drenaje natural hacia las principales quebradas y manantiales, cuyo origen es el agua subterránea que aflora en superficie cuando la napa freática intercepta con la superficie del terreno, bien a través de los cauces de las principales quebradas o ríos o bien en forma de manantiales que finalmente escurren por la superficie del terreno hasta incorporarse a los cauces de agua superficial.

En el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico*, Flujo Base - Figura 4-30, *Distribución de Puntos de Control de Caudal Base*, se presenta los puntos de control que históricamente han sido utilizados para la evaluación del caudal base y del impacto que la operación minera ejerce sobre el mismo. Los puntos de vertido autorizado (DCP) se ubican aguas arriba de los puntos de control, cuya finalidad es mitigar el impacto sobre el flujo base y en los cuales se vierte de forma prácticamente continua durante todo el año. Por esta razón, las medidas de caudal directo que se realizan sobre estos puntos no son representativas del caudal base, a pesar de que estos se ejecuten al final de la época de estiaje, ya que se encuentran influenciadas por las descargas en los DCP.

En la Tabla 3.2.3.3-14, *Estimación de Flujo base en el Caso Base* se muestran los flujos base aprobados en la MEIA de Yanacocha para los distintos puntos de control, ya que, en este caso, el proyecto aprobado corresponde con el caso sin proyecto.

Tabla 3.2.3.3-14 Estimación de Flujo base en el Caso Base

Estación	Coordenadas UTM (Datum WGS84, zona 17S)		Altitud (msnm)	Ubicación	Flujo base estación seca 2042. Caso Base. Aprobado MEIA Yanacocha (L/s)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
QE4	771537	9223068	3,391	Quebrada Encajón	0
QSCLL2	767760	9227066	3,475	Río Schoclla	54
RG2	771143	9223646	3,405	Río Grande	12
QSH2	768975	9227132	3,455	Quebrada Shilamayo	3
QCHCAT	780676	9224505	3,606	Quebrada Chaquicocha	0
QOM2	780494	9225906	3,742	Quebrada Acucha	0
QARN	780998	9226659	3,734	Quebrada Arnacocha	14
CP1	776428	9231329	3,785	Quebrada Honda	30
QHR2	772067	9230102	3,709	Quebrada Huaccha Rummy	0
RPA5	776348	9222824	3,795	Quebrada San José	0
QCHA	763299	9223952	3,337	Quebrada Chachacoma	1
QCHA2	762782	9224349	3,234	Quebrada Chachacoma	3
QPCN	767757	9227065	3,472	Quebrada aportante a la presa Rejo	4
RPA1	779585	9222423	3,586	Quebrada La Paccha	10



### 3.2.3.3.5 Modelo Numérico de Flujo Subterráneo

El modelo numérico distrital de Yanacocha (MND) es una herramienta numérica que permite representar el funcionamiento hidrogeológico del sistema sobre el que se asienta la operación de MYSRL, reproduciendo el comportamiento de los niveles piezométricos tanto en régimen natural, antes del inicio de la actividad minera en el área, como una vez iniciada la actividad extractiva y la construcción de las diferentes infraestructuras asociadas a la actividad minera. De esta forma el modelo numérico distrital de Yanacocha calibrado en base a la información hidrogeológica recopilada en el área de estudio reproduce la evolución del nivel piezométrico y la respuesta hidrodinámica del sistema ante los planes de desaguado llevados a cabo en las diferentes operaciones que integran el distrito minero. Así mismo, el modelo numérico calibrado permite predecir cuál será el efecto de la implementación del plan de minado que contempla la II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental de Yanacocha sobre el elemento agua subterránea y de esta forma determinar el potencial impacto sobre el citado elemento.

La descripción detalla del desarrollo del modelo numérico distrital de Yanacocha se incluye en el Apéndice F, *Estudios de aguas superficiales y subterráneas* – Anexo F.5, *Estudio Hidrogeológico*, de la presente II MEIA.

La primera versión de este modelo matemático fue construida entre 2004-2005 como soporte al EIA de Suplementario Yanacocha Oeste. Desde ese momento, el modelo distrital de flujo subterráneo de Yanacocha ha sido actualizado, recalibrado y verificado en sucesivas ocasiones, a medida que se adquiría nueva información sobre la evolución de los niveles piezométricos y/o se adquiría nueva información de carácter geológico sobre la distribución tridimensional de los cuerpos de sílice y del resto de cuerpos de alteración hidrotermal que conforman el sustrato geológico del área de estudio. Tal y como se observa en la Tabla 3.2.3.3-15, *Desarrollo Histórico del Modelo Distrital de Flujo Subterráneo de MYSRL*, el modelo numérico distrital de Yanacocha ha sido presentado como herramienta de cálculo del impacto de la operación minera sobre el agua subterránea, prácticamente en la totalidad de los estudios de impacto ambiental y sus sucesivas modificatorias que Minera Yanacocha ha presentado a la administración.

El modelo distrital de flujo subterráneo de MYSRL es, por tanto, una herramienta de cálculo calibrada cuyas estimaciones a futuro se consideran válidas y correctas, y han sido aprobadas y validadas por la Autoridad competente, junto con todos los instrumentos de gestión ambiental en los que ha sido presentado. La última actualización y verificación del modelo ha sido llevada a cabo en octubre de 2018, en el marco de la I MEIA Yanacocha, el cual fue aprobado en marzo de 2019.

**Tabla 3.2.3.3-15 Desarrollo Histórico del Modelo distrital de flujo subterráneo de MYSRL**

2004 - 2005	Modelo del sector Oeste de MYSRL en soporte al EIA Yanacocha Suplementario Oeste.
2006	Modelo extendido al área de operaciones de MYSRL para la elaboración del plan de mitigación de los caudales base (2007).
2008 - 2010	Uso del modelo en soporte a distintos MEIA (Carachugo Suplementario Yanacocha Este, Cerro Negro Oeste).
2010 - 2011	Actualización del modelo incluyendo extensión, actualización de la geometría y recalibración.
2011	Actualización del modelo en soporte al II MEIA de Cerro Negro Oeste.
2011	Uso del modelo actualizado en soporte al II MEIA del Suplementario Yanacocha Oeste.
2012	Actualización de la calibración del modelo en el sector de Cerro Negro en soporte al MEIA Cerro Negro Oeste.
2013	Estudio Hidrogeológico. III Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Oeste. (Última recalibración del MD llevada a cabo por SWS)
2014	Uso del modelo en el Estudio Hidrogeológico en apoyo a la IV Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Este.
2015	Actualización del modelo en el Estudio Hidrogeológico en apoyo a la V Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Suplementario Yanacocha Este.
2018	Actualización del modelo en el Estudio Hidrogeológico en apoyo a la I Modificatoria del Estudio de Impacto Ambiental.

El modelo numérico distrital de Yanacocha, históricamente, ha sido construido y calibrado utilizando la versión del programa de simulación MODFLOW-SURFACT 4.0 (SURFACT; Hydrogeologic Inc. 2011), integrado en el software comercial Groundwater Vistas, versión 6.96 Build 95 (Environmental Simulations, Inc.). MODFLOW es un programa de libre adquisición y simula el flujo de las aguas subterráneas. El

programa está desarrollado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, McDonald y Harbaugh 1988) y es un programa aceptado dentro del ámbito de la industria de los procedimientos cotidianos, reglamentos, litigios y artículos científicos.

SURFACT ofrece varias mejoras para MODFLOW que le permiten la reasignación de los pozos de bombeo, que aprovechan múltiples capas, donde, las capas más superficiales se desaguan y el bombeo necesita ser redistribuido equitativamente entre las capas más profundas y saturadas. Así mismo, SURFACT calcula automáticamente los parámetros de paso de tiempo, favoreciendo una mejor convergencia del modelo.

MODFLOW-SURFACT 4.0 utilizan la técnica de aproximación numérica, conocida como método de diferencias finitas y bloque centrado, para resolver el flujo de las aguas subterráneas, reemplazando el sistema continuo por un conjunto de puntos discretos en el espacio y el tiempo.

El modelo numérico distrital de Yanacocha está dividido en los siguientes periodos de simulación:

- Modelo en régimen permanente. Representa el estado natural del sistema hidrogeológico, previo al comienzo de la actividad minera.
- Modelo en régimen transitorio. Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio durante la operación de la mina. Abarca el periodo comprendido entre septiembre de 1998 y octubre de 2018 y está dividido en un total de 180 pasos de tiempo.
- Modelo de operaciones. Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio para el periodo de operación de Minera Yanacocha comprendido entre noviembre de 2018 y diciembre de 2040, está dividido en 97 pasos de tiempo.
- Modelo de Clausura. Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio, para el periodo de clausura comprendido entre enero de 2041 y diciembre de 2090 y representa la evolución del sistema hidrogeológico una vez se haya dado por concluida la operación minera en el distrito de Yanacocha.

El modelo numérico distrital de Yanacocha ha sido calibrado para el régimen permanente considerando un total de 122 datos de niveles correspondientes a piezómetros de control y pozos distribuidos de forma homogénea en el área de estudio.

El análisis del ajuste o eficiencia de la calibración obtenida en la simulación debe formularse considerando lo siguiente:

- El sistema hidrogeológico representado es heterogéneo y de hecho existen, de forma natural, variaciones piezométricas significativas entre los diferentes piezómetros perforados en la zona de estudio (valores de piezometría máximos de 4,056 y mínimos de 3,417 m y un rango de variación de 639 m). Por tanto, en el análisis de los errores debe considerarse la elevada variabilidad de los datos de partida a reproducir.
- Si se considera la variabilidad de los datos de partida y se calcula el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe para analizar la calidad del ajuste entre los datos observados y los simulados se obtiene un valor de 0.99, valor que indica que es un modelo eficiente en la simulación de la piezometría.
- El error promedio residual absoluto es 26,2 m (para un rango de variación en los datos de partida de 639 m) y la desviación estándar del error respecto al rango de variación de los datos es del 5.9%
- El error medio absoluto normalizado es de un 5.96%.

Estas consideraciones permiten plantear que el ajuste conseguido con el modelo numérico respecto los datos de piezometría disponibles es bueno y representa de forma muy aceptable el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico en Yanacocha y por tanto el modelo calibrado en régimen estacionario puede ser utilizado como piezometría de partida del modelo del régimen transitorio.

En el modelo de flujo subterráneo se han representado las principales infraestructuras mineras existentes en el área de estudio, así como las nuevas infraestructuras que se consideran dentro del proyecto Yanacocha que tienen influencia sobre el funcionamiento del sistema hidrogeológico. Dichas infraestructuras se corresponden con los tajos, pilas de lixiviación, rellenos (backfills), depósitos de desmonte y depósito de relaves.

Los criterios seguidos para la simulación de cada tipo de instalación se describen a continuación:

- Tajos con bombeo (Maqui Maqui, Chaquicocha, Chaquicocha Etapa 2 y 3, Yanacocha, Yanacocha Etapa 2, La Quinua 2, La Quinua 3, y La Quinua Sur): Se modifica el área de recarga haciéndola coincidir con la huella del tajo en explotación, la cual, varía a su vez con el tiempo a medida que aumenta el área explotada. Para estos tajos los valores de recarga varían entre 5% y el 35% de la precipitación. En el entorno de los tajos se colocan pozos de bombeo que simulan el desagüe del entorno de la operación, garantizando que los niveles se mantengan por debajo del fondo del tajo. Adicionalmente, en el fondo de tajo se colocan celdas tipo dren, que simulan la cota de fondo de tajo en cada momento de la operación.
- Tajos secos: (Cerro Negro y Cerro Negro Este, Marleny- San José Norte, Carachugo SP1 y San José Oeste) Los tajos que durante la operación no han interceptado el nivel piezométrico (Ver Figura 4.22) y, por tanto, no han necesitado drenaje, se simulan únicamente modificando la recarga, de forma que la huella del área de recarga correspondiente a cada uno de los tajos, se hace coincidir con la huella del tajo en superficie, la cual se modifica a medida que crece la huella del tajo.
- Pilas de lixiviación (Maqui Maqui, Cerro Negro, depósito de arena de molienda, Yanacocha y Carachugo): Se considera que en las áreas ocupadas por las pilas de lixiviación la recarga es nula, ya que la base de estas infraestructuras está impermeabilizada. Al igual que en el caso de los tajos, el área aumenta a medida que aumenta la huella de la pila. En el caso particular de Yanacocha y La Quinua, no crece el área, sino la altura de la pila de lixiviación, por lo que en el modelo no se representan modificaciones de la huella a lo largo del tiempo. En el sector noreste de la pila de lixiviación Carachugo, de acuerdo con el nuevo plan de minado, el área crece unos 200 metros aproximadamente.
- Depósitos de relleno (backfill) de La Quinua y Carachugo y depósito Mirador: Los tajos de La Quinua 2, La Quinua 1<sup>3</sup> y Carachugo, actualmente, se encuentran rellenos por material de desmonte o backfill. Se estima que la tasa de recarga en estos tajos disminuye, al ser relleno por roca de desmonte, con respecto a la capacidad de recarga que disponían cuando estaban expuestos. El valor de infiltración, fijado para estos casos es del 15% - 20% de la precipitación. En el caso del depósito Mirador, parte de esta infraestructura se ubica encima de la pila de lixiviación de Carachugo y parte sobre el tajo Yanacocha y una mínima fracción intermedia entre ambas instalaciones se ubica sobre roca. La parte que se ubica sobre la pila de lixiviación de Carachugo, se ha simulado con recarga nula, mientras que el resto de la huella se ha simulado siguiendo el mismo criterio utilizado en los depósitos de relleno (ver Tabla 3.2.3.3-16, *Coeficientes de Infiltración con los que se simula las principales Infraestructuras Mineras*).
- Depósitos de desmonte (Maqui Maqui, La Quinua Norte, Rosita, Carachugo, Mirador, y Cerro Negro): Se considera que el área ocupada por los depósitos de desmonte recibe una recarga nula, ya que se encuentran constituidos por material de desmonte o backfill y disponen de un sistema de drenes instalados en la base que intercepta las posibles filtraciones. El área de recarga nula asociada a los depósitos de desmonte aumenta a medida que aumenta la huella de cada uno de los depósitos.
- Depósitos de Relaves: Los depósitos de relaves están impermeabilizados en la base con geomembrana, por lo que al igual que las pilas de lixiviación, estas infraestructuras se simulan como áreas de recarga 0%. Sin embargo, a diferencia de las pilas de lixiviación, cuya huella crece a medida que se incrementa el área de ocupación, en el caso de los depósitos de relaves, por diseño, la geomembrana, se extiende en su totalidad al inicio de la operación,

<sup>3</sup> El backfill que rellena los antiguos Tajos de La Quinua 1 y La Quinua 2 recibe el nombre genérico de backfill La Quinua.

por lo que, desde el principio, esta infraestructura esta simulada con su extensión máxima proyectada.

- Operación subterránea de Chaquicocha: En el caso de Chaquicocha subterránea, no se genera ninguna modificación de la recarga en superficie, ya que, la presencia de esta infraestructura en profundidad no supone ninguna alteración de la superficie. Por otro lado, para la simulación del drenaje que supone la perforación de estos túneles, cuando interceptan el nivel piezométrico, se ha empleado el paquete dren, ubicando la condición de dren a la misma cota que el piso de los túneles principales.
- Reservorio San José: El reservorio de aguas limpias de San José situado al sur de la operación de Yanacocha se encuentra impermeabilizado por una geomembrana, precisamente para evitar una disminución de la capacidad de almacenamiento por pérdidas por infiltración. De esta forma, el área ocupada por este reservorio se simula con una recarga nula.

**Tabla 3.2.3.3-16 Coeficientes de Infiltración con los que se simula las principales Infraestructuras Mineras**

Infraestructuras Mineras	Valores de Infiltración Modelo
Tajo La Quinua 3 (El Tapado Oeste)	25%
Tajo Yanacocha	30%
Tajo La Quinua 2 (El Tapado)	30%
Tajo Cerro Negro Este y Oeste	20%
Tajo Marleny - San José Norte	15%
Tajo Chaquicocha	30-35%
Tajo Chaquicocha Etapa 2 y 3	30%
Tajo Maqui Maqui Sur	40%
Tajo La Quinua Sur	5%
Tajo Carachugo SP1	15%
Tajo San José Oeste	30%
Depósito de Relleno Carachugo	15%
Depósito de Relleno La Quinua	15-20%
Pila de Lixiviación Maqui Maqui	0%
Pila de Lixiviación Carachugo	0%
Pila de Lixiviación Yanacocha	0%
Pila de Lixiviación Cerro Negro	0%
Depósito de arenas de molienda	0%
Depósito de Desmonte Maqui Maqui	0%
Depósito de Desmonte La Quinua Norte	0%
Depósito de Desmonte Cerro Negro	0%
Depósito de Desmonte Rosita	0%
Depósito de Desmonte Mirador (Sobre pila Carachugo)	0%
Depósito de Desmonte Mirador	20%
Depósito de Desmonte Carachugo	0%
Reservorio San José	0%
Depósito de relaves La Quinua	0%
Depósito de relaves Pampa Larga	0%

Usando los valores de permeabilidad obtenidos en la calibración del modelo en régimen permanente se ha procedido a realizar la calibración del modelo en régimen transitorio. En el proceso de calibración en régimen transitorio se han utilizado un total de 65,768 registros de piezometría, correspondiente a 153 puntos de control.

Con el objetivo de cuantificar la bonanza de la calibración del modelo en régimen transitorio se ha utilizado el parámetro estadístico Percent Bias (PBIAS), el cual mide la tendencia promedio de los valores simulados y los compara con los correspondientes a valores calculados, mediante la expresión:

$$PBIAS = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim}) \times (100)}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs})} \right]$$

Valores de este parámetro iguales a 0 indican una calibración perfecta. Valores positivos indican que la piezometría del modelo está por encima de los valores medidos y valores negativos indican que la piezometría del modelo está por debajo de los valores medidos. Valores dentro del rango  $\pm 10\%$  corresponde a una buena calibración. El valor obtenido para el PBIAS para la calibración del modelo en régimen transitorio se encuentra en la mayor parte de los puntos considerados dentro del rango de  $\pm 5\%$ , lo cual corresponde a un buen ajuste.

Una vez se considera correctamente calibrado el modelo, tanto en régimen permanente como en régimen transitorio, el modelo numérico se utiliza como herramienta predictiva que permite analizar cuáles serán las modificaciones en el medio hidrogeológico que surgirán como implementación de los nuevos proyectos mineros y de la modificación de las infraestructuras mineras asociadas. De esta forma, es posible determinar la evolución de futuro del sistema hidrogeológico y las modificaciones prevista a futuro sobre los niveles piezométricos, así como determinar cuál será el caudal base de los ríos y quebradas vinculados hídricamente al sistema hidrogeológico.

Se llevó a cabo una simulación de transporte de solutos considerando los escenarios de clausura para corto (5 años), mediano (25 años) y largo plazo (50 años). En estos escenarios se considera los tajos en seco.

El objetivo de la simulación de transporte realizada es mostrar la posible dirección de las plumas de contaminación que se generarían en caso de que se produjera una infiltración desde infraestructuras mineras, consideradas en la II MEIA, tales como, los depósitos de desmonte o los tajos, así como determinar cuál sería el incremento de concentración del ión analizado en cada caso, con respecto a la concentración actual, lo que podría ser indicador de un proceso de contaminación.

El modelo de transporte no debe ser entendido como una herramienta de predicción química del agua, sino como una herramienta que permite establecer donde y como ubicar los controles de la calidad del agua subterránea, prediciendo como ya se ha indicado, la dirección que tomaría la pluma de contaminación, en caso que tuviera como origen las infraestructuras mineras simuladas, así como, cuál sería el incremento en la concentración (con respecto a la concentración actual) que sería esperable en caso que se produjera dicha contaminación. Se trata, por tanto, de una simulación predictiva que no es comparable con los valores que se registran en la red de monitoreo y control actual.

Habitualmente, en la práctica de modelos de transporte vinculados a escenarios con operaciones mineras se utiliza el ión sulfato como elemento indicador del desarrollo de la pluma de contaminación, ya que este ión suele incrementar su concentración, de manera significativa, cuando se produce un evento de contaminación asociado a infraestructuras mineras. Sin embargo, adicionalmente al ión sulfato, se han generado simulaciones complementarias considerando el ión cobre, cromo y plomo.

Las simulaciones realizadas son conservativas, es decir, no se considera, una disminución de la concentración inicial por efectos de reacciones químicas o procesos de degradación o decaimiento. Los elementos simulados se consideran conservativos y, por tanto, las simulaciones realizadas representarían el escenario más conservador, en el que no existe una disminución de la concentración inicial, salvo los derivados del movimiento advectivo y dispersivo de los solutos, asociados al del flujo subterráneo.

Como posibles focos de contaminación se han considerado las principales infraestructuras incluidas en la presente modificatoria, que son los tajos Chaquicocha y Chaquicocha Etapa 3, junto con los depósitos de desmonte de Mirador, Depósitos de relleno (Backfill) de Carachugo y La Quinua.

Existe amplia información respecto a la geoquímica del área operativa de Yanacocha procedente de datos compilados empíricamente por MYSRL durante el periodo 2013-2015 para las distintas infraestructuras y usados como información de partida para los modelos de balances de masa de toda su operación, recopilados en el Memo "Prediction of water quality compliance for Yanacocha

compliance point (CP) network over life of BP16 mine plan assuming current (Base case) water treatment and discharge system configuration – versión 3" presentado en noviembre de 2016.

Las concentraciones iniciales consideradas para cada una de las infraestructuras simuladas se encuentran en la Tabla 3.2.3.3-17, *Valores de Concentración Inicial de Sulfatos Considerados en el Modelo de Transporte MEIA Yanacocha*.

**Tabla 3.2.3.3-17 Valores de Concentración Inicial de Sulfatos Considerados en el Modelo de Transporte MEIA Yanacocha**

Infraestructura	Concentración de Sulfatos (mg/L)	Concentración de Cobre (mg/L)	Concentración de Cromo (mg/L)	Concentración de Plomo (mg/L)
Tajo Chaquicocha	18	0.099	0.005	0.008
Tajo Chaquicocha Etapa 3	218	1.33	0.087	0.083
Depósito de relleno (backfill) Carachugo	1290	3	2	0.02
Depósito de relleno (backfill) de La Quinua	1090	27.67	0.008	0.03
Depósito de desmonte Mirador	1290	3	2	0.02

Para la simulación del transporte de solutos, es necesaria la estimación de los parámetros que controlan el movimiento del mismo. Los parámetros utilizados se resumen a continuación:

- Coeficiente de difusión: El proceso de difusión controla los movimientos de solutos desde zonas de mayor a menor concentración. El valor del coeficiente de difusión es específico de cada elemento químico. El valor utilizado en este caso del sulfato (SO<sub>4</sub>) ha sido  $9.24 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/día, el cual se ha obtenido a partir de bibliografía (Y. H. Li and S. Gregory, 1974. Diffusion of ions in sea water and in deep-sea sediments. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, Vol 38). Los valores se presentan en la Tabla 3.2.3.3-18, *Valores de Difusión*.

**Tabla 3.2.3.3-18 Valores de Difusión**

Elemento	Coeficiente de difusión (cm <sup>2</sup> /s)	Coeficiente de difusión (m <sup>2</sup> /d)
Sulfato	$10.7 \times 10^{-6}$	$9.24 \times 10^{-5}$
Cobre	$7.33 \times 10^{-6}$	$6.33 \times 10^{-5}$
Cromo	$5.94 \times 10^{-6}$	$5.13 \times 10^{-5}$
Plomo	$9.45 \times 10^{-6}$	$8.16 \times 10^{-5}$

- Coeficiente de dispersividad longitudinal / transversal / vertical: Es una medida del esparcimiento de los contaminantes dentro del medio poroso, controlando el proceso de dispersión mecánica durante la propagación del soluto (SO<sub>4</sub>). La dispersión mecánica controla la propagación de las partículas en el sistema hidrogeológico. La desviación del contaminante que se desarrolla en la dirección principal de flujo es la dispersividad longitudinal ( $\alpha_L$ ), la que se desarrolla en la perpendicular es la dispersividad transversal ( $\alpha_T$ ) y la dispersividad vertical ( $\alpha_V$ ). El coeficiente de dispersividad longitudinal ha sido calculado a partir de la fórmula empírica de Xu y Eckstein (1995), donde relaciona dicho coeficiente con la distancia del recorrido del contaminante.

$$\alpha_L = 0.83 \cdot \log(L_s)^{2.414}$$

Donde:

- $L_s$ , es la distancia que debe recorrer la sustancia desde el foco al punto de descarga.
- Para estimar la distancia desde los focos de contaminación a los puntos de descarga, se ha considerado los puntos de descarga natural de los sistemas acuíferos.



- El resto de los coeficientes de dispersividad han sido fijados teniendo en cuenta las relaciones (Xu y Eckstein, 1995):  $LT=LL/3$  y  $LV=LL/20$ . Los valores de dispersividad calculados con esta información se muestran en la Tabla 3.2.3.3-19, *Valores de Coeficiente de Dispersividad*

**Tabla 3.2.3.3-19 Valores de Coeficiente de Dispersividad**

Infraestructura	Distancia al lugar de descarga (m)	Coeficiente de dispersividad longitudinal ( $L_a$ )	Coeficiente de dispersividad transversal ( $L_t$ )	Coeficiente de dispersividad vertical ( $L_v$ )
Tajo Chaquicocha	2100	30.8	10.3	1.5
Tajo Chaquicocha Etapa 3	2970	32.2	10.7	1.6
Depósito de relleno (backfill) de Carachugo	1020	27.9	9.3	1.4
Depósito de relleno (backfill) de La Quinua	1130	28.3	9.4	1.4
Depósito de desmonte de Mirador	950	27.6	9.2	1.4

### 3.2.4 Suelo, Capacidad de Uso Mayor de los Suelos y Uso Actual de las Tierras

#### 3.2.4.1 Estudio de Suelos

Esta subsección recopila la información presentada en la I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019), en la que se muestran los resultados del Estudio de Suelos efectuado acorde con las disposiciones y metodologías establecidas en el “Reglamento para la Ejecución de Levantamiento de Suelos”, aprobado mediante el D.S. N° 013-2010-AG. En ese sentido, el estudio en mención se ha realizado a nivel semidetallado, incluyendo los resultados del mapeo de suelos en el campo, la lectura de perfiles, toma de muestras y extrapolación de datos en zonas similares, obteniendo información sistematizada sobre el estado actual del suelo en el área de estudio establecida, que como ya se precisó en la Subsección 3.1.2, *Áreas de Estudio del Proyecto*, no ha sufrido cambios significativos para esta II MEIA con referencia a lo establecido en la I MEIA Yanacocha, la distribución de las calicatas se muestra en la Figura 3.2.4.1-1, *Mapa de Ubicación de Calicatas*.

#### Caracterización y Clasificación de los Suelos

El Estudio de Suelos de la Unidad Minera Yanacocha ha considerado 55 calicatas, distribuidas de la siguiente manera: 15 calicatas del estudio de Cerro Negro realizado por SVS Ingenieros S.A.C. (2011), 22 calicatas del Sector Yanacocha Este, realizado por MWH (2013), 15 calicatas del Sector Yanacocha Oeste, realizado por MWH (2013) y 3 calicatas realizadas como parte de la I MEIA Yanacocha, efectuado por Stantec (2017). Las coordenadas de ubicación de las calicatas y fechas de muestreo se presentan en la Tabla 3.2.4.1-1-1, *Ubicación de Calicatas*. Las calicatas presentan diferentes profundidades, según las condiciones del terreno y las características de los suelos, hasta antes de llegar a la zona pedregosa o rocosa. La apertura de las calicatas, así como la determinación del perfil modal fueron realizadas con la evaluación de los diferentes parámetros edáficos para cada horizonte.

Asimismo, se ha completado áreas puntuales a partir de información aprobada y existente de las coberturas de suelos, calicatas, fisiografía, pendientes e imagen satelital actualizada de alta resolución del 04 de abril del 2019.

Los perfiles modales desarrollados para cada una de las calicatas se adjuntan en el Apéndice G, *Información de Suelos – Anexo G.1 Perfiles*. La información reportada para cada calicata incluye la ubicación, la altitud, la forma del terreno (posición fisiográfica del sitio, forma del terreno circundante y microtopografía), la pendiente, la vegetación o uso de la tierra, el clima, la información general acerca del suelo (material de partida, drenaje, condiciones de humedad del suelo), la presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos, la evidencia de erosión y la influencia humana.

La descripción de los horizontes del perfil, consigna el símbolo correspondiente, la profundidad de la parte superior e inferior de cada horizonte (en centímetros), la reacción o pH, contenido de carbonatos, presencia de sales solubles, el color del suelo, la textura, la estructura bajo sus condiciones de tipo, clase y grado, la consistencia en seco, húmedo y mojado, el contenido de fragmentos de rocas y minerales, la presencia de capas endurecidas, los restos de la actividad humana, los rasgos de origen biológico, el desarrollo de raíces, la naturaleza del límite con el horizonte subyacente y cualquier otro factor evidente.



La clasificación miscelánea, se aplica a aquellas superficies donde el suelo es muy superficial o donde no hay presencia de suelo.

Sobre la base de los resultados de suelos, fisiografía, geomorfología, clima, topografía y geología, se elaboró un mapa de suelos y un mapa de capacidad de uso mayor de las tierras en cumplimiento con la reglamentación establecida por el Ministerio de Agricultura (ver Figura 3.2.4.4-2, *Unidades Cartográficas de Suelos* y Figura 3.2.4.4-1, *Capacidad de Uso Mayor de Suelos*)

**Tabla 3.2.4.1-1 Ubicación de Calicatas**

N°	Calicatas	Coordenadas UTM WGS84, Zona17		Altitud (msnm)	Fecha de Muestreo
		Este	Norte		
Calicatas del Sector Cerro Negro, SVS 2011					
1	2	766150	9224954	3,696	2011
2	3	767178	9224954	3,623	2011
3	4	767532	9225170	3,523	2011
4	5	767331	9226168	3,576	2011
5	14	765816	9224500	3,591	2011
6	15	766680	9224351	3,603	2011
7	16	766924	9223512	3,668	2011
8	17	767614	9224063	3,575	2011
9	18	767166	9224893	3,589	2011
10	19	767543	9223816	3,596	2011
11	20	767471	9224583	3,617	2011
12	21	767542	9225676	3,674	2011
13	22	767964	9225877	3,671	2011
14	23	767925	9224284	3,678	2011
15	24	767746	9224878	3,626	2011
Calicatas del Sector SYE, MWH 2013					
16	MY-01	775370	9230383	3,970	2013
17	MY-02	776086	9230295	3,973	2013
18	MY-03	776726	9229939	4,032	2013
19	MY-04	777192	9230028	4,025	2013
20	MY-05	777704	9229450	4,112	2013
21	MY-06	778237	9230829	3,970	2013
22	MY-07	778814	9229057	3,993	2013
23	MY-08	778237	9229633	4,045	2013
24	MY-09	777947	9231139	4,067	2013
25	MY-10	780150	9230293	4,046	2013
26	MY-11	780245	9229031	4,050	2013
27	MY-12	780015	9227317	3,985	2013
28	MY-13	779392	9226829	3,967	2013
29	MY-14	779370	9227716	4,009	2013
30	MY-15	776148	9224251	4,048	2013
31	MY-16	776392	9224250	4,096	2013
32	MY-17	778126	9224872	3,985	2013
33	MY-18	777392	9224495	3,992	2013
34	MY-19	778416	9226828	3,976	2013
35	MY-20	778571	9225829	4,008	2013
36	MY-21	775259	9225361	4,037	2013
37	MY-22	775060	9225984	3,989	2013

N°	Calicatas	Coordenadas UTM WGS84, Zona17		Altitud (msnm)	Fecha de Muestreo
		Este	Norte		
Calicatas del Sector SYO, MWH 2013					
38	SYO-01	773478	9225782	3,927	2013
39	SYO-02	773521	9225043	3,826	2013
40	SYO-03	772391	9224652	3,651	2013
41	SYO-04	772494	9223948	3,427	2013
42	SYO-05	770521	9225674	3,575	2013
43	SYO-06	768500	9226978	3,562	2013
44	SYO-07	769347	9227647	3,500	2013
45	SYO-08	768674	9228078	3,508	2013
46	SYO-09	770934	9227478	3,624	2013
47	SYO-10	770352	9227034	3,552	2013
48	SYO-11	770130	9228165	3,575	2013
49	SYO-12	772548	9228158	3,876	2013
50	SYO-13	772217	9229374	3,807	2013
51	SYO-14	772956	9229891	3,876	2013
52	SYO-15	775376	9228391	4,102	2013
Calicatas de la I MEIA Yanacocha, Stantec 2019					
53	CY-1	769315	9224481	3,604	2017
54	CY-2	774397	9225153	3,816	2017
55	CY-3	777085	9224783	3,869	2017
Fuente: Stantec, 2019.					

Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas en cada calicata de acuerdo con la estratigrafía encontrada se presentan en la Tablas 3.2.4.1-2, *Resultados del Análisis de Caracterización de Suelos*. Los parámetros considerados en el análisis de caracterización de suelos fueron: pH, conductividad eléctrica, carbonatos, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio disponible, análisis mecánico, textura, aluminio cambiante, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases cambiables. Los reportes de laboratorio se encuentran en el Apéndice G, *Información de Suelos – Anexo G.2, Resultados de Laboratorio*.

Tabla 3.2.4.1-2 Resultados del Análisis de Caracterización de Suelos

Calicata	Muestra	pH	C.E. dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K Ppm	CIC me/100g	Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
									Ca <sup>+2</sup> me/100g	Mg <sup>+2</sup> me/100g	K <sup>+</sup> me/100g	Na <sup>+</sup> me/100g	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> me/100g				% A	% L	% Ar	
Calicatas del Sector Cerro Negro, SVS 2011																				
2	2-1	4.77	0.04	0.00	16.93	3.5	106	36.00	0.13	0.17	0.28	0.34	2.70	3.62	0.92	3	Suelo Orgánico			
3	3-1	4.53	0.08	0.00	12.84	3.3	105	32.00	1.23	0.60	0.25	0.28	3.40	5.76	2.36	7	Suelo Orgánico			
	3-2	4.59	0.06	0.00	7.65	1.9	66	26.40	0.34	0.25	0.18	0.16	3.10	4.02	0.92	4	60	28	12	FrA
	3-3	5.24	0.02	0.00	0.10	3.5	173	12.32	0.19	0.12	0.48	0.15	2.10	3.04	0.94	8	56	36	8	FrA
4	4-1	4.89	0.18	0.00	14.75	17.6	210	33.12	8.87	1.03	0.47	0.21	0.70	11.28	10.58	32	Suelo Orgánico			
	4-2	4.64	0.08	0.00	9.42	3.1	72	26.40	7.20	0.74	0.15	0.10	1.80	9.99	8.19	31	54	40	6	FrA
	4-3	5.02	0.03	0.00	0.51	0.9	29	16.96	8.94	0.71	0.05	0.12	2.00	11.83	9.83	58	40	52	8	FrL
	4-4	5.57	0.02	0.00	0.24	4.6	55	17.12	11.45	1.12	0.10	0.13	0.30	13.10	12.80	75	40	50	10	FrL
5	5-1	4.73	0.07	0.00	8.74	3.3	156	18.40	1.52	0.39	0.30	0.08	1.50	3.80	2.30	12	60	32	8	FrA
	5-2	4.38	0.03	0.00	4.78	3.2	75	16.96	0.87	0.24	0.13	0.06	1.50	2.80	1.30	8	52	44	4	FrA
	5-3	5.29	0.02	0.00	0.96	5.7	45	12.00	0.91	0.16	0.08	0.09	0.40	1.64	1.24	10	42	40	18	Fr
14	14-1	4.44	0.08	0.00	4.78	3.8	34	7.04	0.85	0.26	0.07	0.17	1.40	2.75	1.35	19	62	34	4	FrA
	14-2	4.52	0.04	0.00	1.50	3.4	10	5.44	0.80	0.20	0.03	0.16	0.90	2.09	1.19	22	68	30	2	FrA
15	15-1	4.49	0.17	0.00	15.02	3.8	175	30.40	1.73	0.54	0.38	0.33	2.50	5.48	2.98	10	Suelo Orgánico			
	15-2	4.37	0.18	0.00	10.11	5.0	91	27.20	0.99	0.36	0.19	0.34	3.60	5.48	1.88	7	Suelo Orgánico			
	15-3	4.34	0.03	0.00	0.07	6.6	23	12.32	0.87	0.22	0.06	0.14	7.20	8.49	1.29	10	58	30	12	FrA
16	16-1	4.37	0.06	0.00	11.20	3.3	74	23.36	0.98	0.35	0.18	0.19	3.10	4.80	1.70	7	38	38	24	Fr
	16-2	4.22	0.05	0.00	6.49	2.3	53	20.48	0.76	0.31	0.14	0.15	4.00	5.37	1.37	7	28	38	34	FrAr
	16-3	4.45	0.02	0.00	0.58	1.1	18	25.60	0.63	0.20	0.13	0.18	10.70	11.84	1.14	4	20	32	48	Ar
17	17-1	4.37	0.10	0.00	12.97	5.4	326	49.60	2.76	0.74	1.18	0.16	6.80	11.64	4.84	10	Suelo Orgánico			
	17-2	4.45	0.04	0.00	4.51	12.3	160	31.04	2.87	0.46	0.34	0.14	6.20	10.01	3.81	12	56	32	12	FrA
	17-3	4.48	0.03	0.00	3.48	9.6	122	28.80	2.82	0.48	0.30	0.17	7.40	11.16	3.76	13	60	28	12	FrA
18	18-1	4.12	0.12	0.00	14.20	2.8	66	39.36	0.83	0.31	0.16	0.17	3.70	5.16	1.46	4	Suelo Orgánico			
19	19-1	4.00	0.29	0.00	20.21	4.6	129	36.00	1.68	0.74	0.34	0.17	3.00	5.93	2.93	8	Suelo Orgánico			
20	20-1	4.49	0.08	0.00	12.84	3.1	127	34.24	1.28	0.49	0.27	0.18	3.50	5.71	2.21	6	Suelo Orgánico			

Calicata	Muestra	pH	C.E. dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K Ppm	CIC me/100g	Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
									Ca <sup>+2</sup> me/100g	Mg <sup>+2</sup> me/100g	K <sup>+</sup> me/100g	Na <sup>+</sup> me/100g	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> me/100g				% A	% L	% Ar	
	20-2	4.47	0.05	0.00	9.56	2.8	72	33.60	0.93	0.33	0.17	0.19	3.90	5.52	1.62	5	44	48	8	Fr
21	21-1	4.90	0.04	0.00	10.38	2.7	123	26.40	1.59	0.68	0.28	0.21	2.10	4.86	2.76	10	Suelo Orgánico			
	21-2	5.01	0.02	0.00	7.24	1.9	59	23.52	1.04	0.39	0.19	0.18	1.50	3.30	1.80	8	40	49	11	Fr
22	22-1	4.60	0.03	0.00	9.83	2.1	95	28.48	1.14	0.41	0.28	0.15	3.60	5.58	1.98	7	Suelo Orgánico			
	22-2	4.59	0.02	0.00	6.42	1.7	53	28.00	0.82	0.23	0.43	0.11	4.60	6.19	1.59	6	56	36	8	FrA
23	23-1	4.34	0.10	0.00	17.48	12.3	196	54.40	1.82	0.54	0.46	0.15	7.40	10.37	2.97	5	Suelo Orgánico			
	23-2	4.52	0.04	0.00	10.16	13.3	113	45.92	2.44	0.37	0.31	0.22	7.80	11.14	3.34	7	Suelo Orgánico			
	23-3	5.87	0.02	0.00	0.14	9.0	90	23.04	20.01	2.28	0.31	0.25	0.20	23.04	22.84	99	66	32	2	FrA
24	24-1	4.42	0.14	0.00	22.39	2.8	246	52.16	2.36	1.01	0.54	0.17	4.00	8.09	4.09	8	Suelo Orgánico			
	24-2	4.60	0.04	0.00	13.38	2.3	81	42.72	0.90	0.34	0.19	0.21	4.40	6.04	1.64	4	Suelo Orgánico			
Calicatas del Sector SYE, MWH 2013																				
MY-01	MY-01(1)	4.66	0.05	0.00	5.49	6.33	138.14	19.94	5.84	0.58	0.29	0.01	3.55	10.27	6.72	33.69	59	22	19	FrA
MY-02	MY-02(1)	4.77	0.08	0.00	3.11	6.65	128.01	15.97	4.97	0.49	0.25	0.00	3.12	8.83	5.71	35.83	63	18	19	FrA
MY-03	MY-03(1)	4.4	0.1	0.00	2.82	7.65	126.2	19.33	4.81	0.48	0.24	0.00	4.66	10.19	5.53	28.64	49	26	25	FrArA
MY-04	MY-04(1)	4.9	0.5	0.00	11.3	7.26	175.36	27.47	9.15	0.91	0.45	0.01	2.65	13.17	10.52	38.36	71	10	19	FrA
MY-05	MY-05(1)	4.09	0.05	0.00	9.84	5.99	136.11	27.66	5.43	0.54	0.27	0.01	6.15	12.4	6.25	22.61	55	24	21	FrArA
MY-06	MY-06(1)	3.8	0.05	0.00	12.5	7.21	127.53	30.39	4.48	0.44	0.22	0.00	7.71	12.85	5.14	16.97	75	2	23	FrArA
MY-07	MY-07(1)	4.00	0.05	0.00	11.9	5.94	136.45	29.61	5.37	0.53	0.27	0.01	6.62	12.8	6.18	20.86	59	22	19	FrArA
	MY-07(2)	4.46	0.06	0.00	2.95	5.64	125.6	18.33	4.74	0.47	0.24	0.00	4.39	9.84	5.45	29.8	53	24	23	FrArA
MY-08	MY-08(1)	5.73	0.05	0.00	3.02	10.5	156.08	16.23	7.68	0.76	0.38	0.01	0.36	9.19	8.83	54.49	67	12	21	FrArA
MY-09	MY-09(1)	4.13	0.05	0.00	10.4	6.42	137.53	27.29	5.54	0.55	0.27	0.01	5.95	12.32	6.37	23.39	59	22	19	FrA
MY-10	MY-10(1)	4.31	0.05	0.00	2.65	5.42	118.1	17.28	4.04	0.4	0.2	0.00	5.08	9.72	4.64	26.89	59	18	23	FrArA
	MY-10(2)	6.44	0.4	0.00	2.47	13.04	177.05	16.41	9.73	0.96	0.48	0.01	0	11.18	11.18	68.29	57	22	21	FrArA
MY-11	MY-11(1)	4.12	0.05	0.00	3.59	6.92	111.17	16.49	3.32	0.33	0.16	0.00	6	9.81	3.81	23.19	65	16	19	FrA
MY-12	MY-12(1)	4.65	0.05	0.00	8.43	6.12	156.15	25.55	7.43	0.74	0.37	0.01	3.59	12.14	8.55	33.5	63	14	23	FrA
MY-13	MY-13(1)	4.97	0.05	0.00	12.2	6.57	187.33	29.76	10.27	1.02	0.51	0.01	2.4	14.21	11.81	39.72	61	20	19	FrA
MY-14	MY-14(1)	4.85	0.05	0.00	12.1	6.79	179.75	29.38	9.54	0.94	0.47	0.01	2.83	13.79	10.96	37.38	63	18	19	FrA
	MY-14(2)	5.31	0.05	0.00	11.52	7.5	202.32	29.18	11.74	1.16	0.58	0.01	1.35	14.84	13.49	46.33	65	14	21	FrArA

Calicata	Muestra	pH	C.E. dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K Ppm	CIC me/100g	Cambiales					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
									Ca <sup>+2</sup> me/100g	Mg <sup>+2</sup> me/100g	K <sup>+</sup> me/100g	Na <sup>+</sup> me/100g	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> me/100g				% A	% L	% Ar	
MY-15	MY-15(1)	4.08	0.05	0.00	12.1	7.28	135.78	27.18	5.29	0.52	0.26	0.01	6.2	12.28	6.08	22.42	78	5	17	FrA
	MY-15(2)	4.18	0.20	0.00	5.04	6.26	124.96	21.66	4.58	0.45	0.23	0.00	5.7	10.96	5.26	24.36	63	11	26	FrArA
MY-16	MY-16(1)	3.86	0.08	0.00	1.24	5.96	100.03	14.96	2.36	0.23	0.12	0.00	7.38	10.09	2.71	18.14	65	11	24	FrA
MY-17	MY-17(1)	4.6	0.08	0.00	7.55	6.24	145.52	22.83	6.45	0.64	0.32	0.01	3.8	11.22	7.42	32.52	73	5	22	FrArA
	MY-17(2)	4.67	0.04	0.00	5.11	5.87	128.94	16.87	4.96	0.49	0.25	0.00	3.51	9.21	5.7	33.88	80	2	18	FrA
MY-18	MY-18(1)	4.21	0.16	0.00	12.19	6.06	155.47	18.96	7.19	0.71	0.36	0.01	5.55	13.82	8.27	24.94	63	9	28	FrA
MY-19	MY-19(1)	4.44	0.11	0.00	4.97	6.13	127.62	18.96	4.84	0.48	0.24	0.00	4.48	10.04	5.56	29.41	73	5	22	FrArA
	MY-19(2)	4.41	0.11	0.00	3.39	6.06	122.29	17.59	4.4	0.44	0.22	0.00	4.62	9.68	5.06	28.83	71	5	24	FrArA
MY-20	MY-20(1)	4.62	0.07	0.00	8.71	6.11	157.37	26.37	7.54	0.75	0.37	0.01	3.72	12.39	8.67	32.91	71	3	26	FrArA
	MY-20(2)	3.75	0.09	0.00	5.33	5.92	127.68	19.3	4.83	0.48	0.24	0.00	4.62	10.17	5.55	28.83	75	3	22	FrArA
MY-21	MY-21(1)	3.53	0.35	0.00	10.15	5.53	110.92	11.72	2.99	0.3	0.15	0.00	9.31	12.75	3.44	11.72	63	11	26	FrArA
	MY-21(2)	4.23	0.09	0.00	0.69	5.53	103.69	29.33	2.74	0.27	0.14	0.00	5.46	8.61	3.15	25.33	74	4	22	FrArA
MY-22	MY-22(1)	3.97	0.19	0.00	2.51	5.91	106.28	16.47	2.9	0.29	0.14	0.00	6.78	10.11	3.33	20.28	69	7	24	FrArA
<b>Calicatas del Sector SYO, MWH 2013</b>																				
SYO-01	SYO-01(1)	3.86	0.14	0.00	13.32	5.20	130.96	30.28	4.77	0.47	0.24	0.01	7.41	12.90	5.49	18.14	61	23	16	FrA
	SYO-01(2)	4.08	0.07	0.00	6.48	5.17	123.41	22.42	4.37	0.43	0.22	0.01	6.23	11.26	5.03	22.42	61	17	22	FrArA
SYO-02	SYO-02(1)	3.76	0.16	0.00	6.18	5.49	109.76	21.77	3.06	0.30	0.15	0.01	7.97	11.49	3.52	16.19	71	5	24	FrArA
SYO-03	SYO-03(1)	3.70	0.08	0.00	13.83	4.69	125.93	32.65	4.26	0.42	0.21	0.01	8.32	13.22	4.90	15.03	69	9	22	FrArA
	SYO-03(2)	3.88	0.05	0.00	4.75	4.59	110.39	19.83	3.19	0.32	0.16	0.01	7.30	10.98	3.68	18.53	61	17	22	FrArA
SYO-04	SYO-04(1)	3.96	0.08	0.00	2.67	5.07	106.14	16.51	2.88	0.29	0.14	0.01	6.86	10.18	3.32	20.08	71	5	24	FrArA
SYO-05	SYO-05(1)	4.45	0.06	0.00	2.93	5.74	118.80	15.90	4.09	0.40	0.20	0.01	4.47	9.17	4.70	29.61	61	20	19	FrA
	SYO-05(2)	4.25	0.07	0.00	2.21	5.41	113.16	16.02	3.58	0.35	0.18	0.01	5.39	9.51	4.12	25.72	57	22	21	FrArA
SYO-06	SYO-06(1)	4.53	0.05	0.00	8.14	5.72	153.91	26.71	7.23	0.72	0.36	0.01	4.12	12.44	8.32	31.16	55	20	25	FrArA
	SYO-06(2)	4.34	0.26	0.00	2.22	6.92	112.26	14.63	3.49	0.35	0.17	0.01	4.97	8.99	4.02	27.47	63	18	19	FrA
SYO-07	SYO-07(1)	4.60	0.06	0.00	6.30	5.97	138.83	20.75	5.86	0.58	0.29	0.01	3.83	10.57	6.74	32.52	63	18	19	FrA
SYO-08	SYO-08(1)	4.71	0.03	0.00	14.07	5.78	186.12	33.41	10.06	1.00	0.50	0.01	3.39	14.96	11.57	34.66	61	18	21	FrArA
	SYO-08(2)	4.68	0.03	0.00	3.84	5.72	145.16	22.26	6.59	0.65	0.33	0.01	3.50	11.08	7.58	34.08	51	20	29	FrArA
SYO-09	SYO-09(1)	5.55	0.05	0.00	8.99	8.16	192.24	24.59	10.89	1.08	0.54	0.01	0.77	13.29	12.52	50.99	65	16	19	FrA
	SYO-09(2)	5.32	0.03	0.00	7.04	7.32	181.71	24.66	9.97	0.99	0.49	0.01	1.35	12.81	11.46	46.52	67	6	27	FrArA

Calicata	Muestra	pH	C.E. dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K Ppm	CIC me/100g	Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases	Análisis Mecánico			Clase Textural
									Ca <sup>+2</sup> me/100g	Mg <sup>+2</sup> me/100g	K <sup>+</sup> me/100g	Na <sup>+</sup> me/100g	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup> me/100g				% A	% L	% Ar	
SYO-10	SYO-10(1)	4.41	0.03	0.00	6.25	5.25	132.23	20.88	5.23	0.52	0.26	0.01	4.65	10.67	6.02	28.33	61	20	19	FrA
	SYO-10(2)	4.51	0.02	0.00	2.68	5.29	122.07	16.52	4.42	0.44	0.22	0.01	4.21	9.30	5.09	30.77	59	20	21	FrArA
SYO-11	SYO-11(1)	4.17	0.06	0.00	14.56	5.18	154.65	33.34	7.00	0.69	0.35	0.01	5.78	13.83	8.05	24.16	61	20	19	FrA
SYO-12	SYO-12(1)	4.60	0.29	0.00	14.39	7.54	176.56	32.29	9.12	0.90	0.45	0.01	3.83	14.31	10.48	32.52	69	12	19	FrA
SYO-13	SYO-13(1)	5.80	0.40	0.00	15.88	10.96	259.34	35.12	17.04	1.69	0.84	0.02	0.26	19.85	19.59	55.85	71	8	21	FrArA
SYO-14	SYO-14(1)	4.41	0.13	0.00	15.75	6.29	170.23	33.73	8.45	0.84	0.42	0.01	4.65	14.37	9.72	28.83	75	6	19	FrA
	SYO-14(2)	4.70	0.06	0.00	3.58	6.13	125.37	15.67	4.69	0.46	0.23	0.01	3.42	8.81	5.39	34.47	73	8	19	FrA
SYO-15	SYO-15(1)	3.88	0.12	0.00	7.96	5.31	117.99	23.44	3.77	0.37	0.19	0.01	7.30	11.64	4.34	18.53	69	10	21	FrArA
Calicatas de la I MEIA Yanacocha, Stantec 2017																				
CY-1	CY-1(1)	4.39	0.05	0.00	7.74	2.80	37.00	24.64	0.73	0.30	0.17	0.12	5.60	6.93	1.33	5	50	32	18	Fr
	CY-1(2)	4.83	0.02	0.00	3.86	1.90	23.00	25.60	0.88	0.23	0.14	0.14	7.60	9.00	1.40	5	44	30	26	Fr
CY-2	CY-2(1)	4.53	0.04	0.00	8.71	2.70	59.00	22.72	0.71	0.28	0.26	0.12	4.00	5.37	1.37	6	52	38	10	Fr
	CY-2(2)	4.56	0.03	0.00	5.60	2.90	55.00	19.20	0.64	0.25	0.21	0.11	3.20	4.41	1.21	6	52	36	12	Fr
CY-3	CY-3(1)	4.72	0.02	0.00	10.50	4.20	76.00	32.00	0.82	0.23	0.28	0.10	7.20	8.64	1.44	4	48	44	8	Fr
	CY-3(2)	4.46	0.03	0.00	6.76	3.40	56.00	31.20	0.91	0.22	0.24	0.09	10.40	11.85	1.45	5	46	40	14	Fr
Fuente: Stantec. 2019.																				
Nota: El número entre paréntesis (), se refiere al número de muestra dentro de la calicata.																				
Abreviaturas: Al: Aluminio, H: Hidrógeno, A: Arena, Ar: Arcilla, L: Limo, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, P: Fósforo disponible, K: Potasio disponible. A.Fr: Arena Franca, Fr.A: Franco Arenoso, Fr: Franco, Fr.L: Franco Limoso, Fr.Ar.A: Franco Arcilloso Arenoso, Fr.Ar: Franco Arcilloso, Fr.Ar.L: Franco Arcilloso Limoso, Ar.A: Arcillo Arenoso, Ar.L: Arcilloso Limoso.																				

### **Resultados del Análisis de Caracterización de Suelos**

Los resultados de los análisis de caracterización de suelos en el área de estudio demuestran lo siguiente:

- El material parental de los suelos es de dos tipos: residual, con dos subtipos: mineral y orgánico, y transportado, con los subtipos: coluvial, coluvio-aluvial y fluvio-glacial.
- Los materiales originales de los suelos presentan rangos texturales francos, los cuales se clasifican en:
  - Textura moderadamente gruesa (franco arenoso), los cuales son suelos moderadamente ligeros con cierta plasticidad y baja dureza.
  - Textura media (franca), estos suelos son ligeros con poca plasticidad y dureza.
- El horizonte superficial de las calicatas analizadas presenta un color en húmedo bastante variable, el cual oscila desde negro (10YR2/1), pardo muy oscuro (10YR2/2), pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) hasta pardo oscuro (10YR3/3), debido a la presencia de la materia orgánica y a la naturaleza del material parental de la zona de estudio.
- Los valores de pH encontrados en las diferentes calicatas leídas están entre extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, debido a la presencia de elementos como el Fe, Al y Mn; estos valores de pH se deben a las condiciones naturales de la zona de estudio, que están directamente relacionados con la litología.
- El aluminio cambiante es alto (Al: >1 me/100g), el cual es tóxico para la mayoría de las especies cultivadas; este alto nivel de aluminio se debe principalmente a la naturaleza geológica de la zona.
- Los niveles de materia orgánica en los suelos estudiados son variables, de medios a altos; la materia orgánica al unirse con la arcilla genera complejos estables, lo cual facilita la agregación y estabilidad estructural de estos suelos.
- Los niveles de fósforo disponible en la zona de estudio son bajos en la mayoría de los perfiles leídos (P < 7 ppm).
- El potasio disponible en la mayoría de los suelos estudiados es bajo (<100 ppm) y eventualmente presentan niveles medios (100 – 240 ppm).
- La saturación de bases es baja (SB: <50.00%) y muy esporádicamente presentan una alta saturación de bases (>50%).
- La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), que es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes; en el área del estudio integrado de Yanacocha, los valores encontrados son medios a altos (CIC: 12,000 a más de 14 me/100g).
- Son suelos libres a muy ligeramente afectados por sales y sodio; la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes.
- Estos suelos, en todos los perfiles leídos no presentan carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%).
- De acuerdo con estas características, estos suelos son de fertilidad baja.

### **Clasificación de los Suelos según Soil Taxonomy y FAO**

En esta sección, se identifican y describen las unidades taxonómicas, así como las unidades cartográficas delimitadas en el mapa de suelos. Las unidades taxonómicas se dividen en fases de



acuerdo con la pendiente del terreno. Los símbolos, según el rango de pendiente se presentan en la Tabla 3.2.4.1-3, *Fases por Pendientes*.

**Tabla 3.2.4.1-3 Fases por Pendientes**

Símbolo	Rango de Pendiente (%)	Término Descriptivo
A	0-4	Plana a casi a nivel
B	4-8	Ligeramente inclinada
C	8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
D	15-25	Moderadamente empinada
E	25-50	Empinada
F	50-75	Muy empinada
G	>75	Extremadamente empinada
Fuente: Reglamento de Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor DS N° 017-2009-AG.		

En la Tabla 3.2.4.1-4, *Clasificación Taxonómica de los Suelos*, se muestra la clasificación Soil Taxonomy (2014) y su correlación con la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO (2007). Asimismo, se presentan las diecisiete (17) unidades de suelos encontrados en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha.

**Tabla 3.2.4.1-4 Clasificación Taxonómica de los Suelos**

Taxonomía de Suelos				FAO	Unidad de Suelo
Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo		
Inceptisols	Ustepts	Dystrustepts	Lithic Dystrustepts	Leptosoles	Cavia y Capa Rosa
			Andic Dystrustepts	Cambisoles	Pinos, Quemado, Cerro Negro y Canta
	Udepts	Dystrustepts	Humic Dystrustepts		Chaquicocha, El Tinte y La Pajuela
			Humic Dystrustepts	Umbrisoles	Encajón
Andisols	Udands	Hapludands	Typic Hapludands	Andosoles	Cushuro, Ciénega, San José y Maqui Maqui
			Lithic Hapludands		Pampa Larga
Entisols	Orthents	Udorthents	Lithic Udorthents	Leptosoles	La Quinua
	Aquents	Endoaquents	Humaqueptic Endoaquents	Gleisoles	Humedal altoandino
Fuente: Cerro Negro, SVS 2011, SYE, MWH 2013 y SYO, MWH 2013. Soil Taxonomy, 2010, Soil taxonomy / FAO 2007.					

A continuación, se describen las principales características físicas y químicas de las unidades de suelo identificadas en el área de estudio:

#### Consociación Cavia [Ca]

Comprende una superficie aproximada de 26.47 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Lithic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-R y epipedón úmbrico. Su origen es residual y coluvial, se ubican en cimas, lomadas y laderas de relieves planos a muy empinados.

Estos suelos, presentan una textura franco arenoso y franco debajo de las capas orgánicas, de estructura granular en el horizonte A, media capacidad de retención de agua, media a alta aireación y el drenaje es bueno. La profundidad efectiva es calificada como muy superficial a superficial (10 a 50 cm.) debido a la cercanía de la roca. Sin Pedregosidad superficial en algunas partes, mientras en otras alcanza el 50%, gravas y gravilla en el perfil de hasta el 80%. El color del suelo es negro a pardo muy oscuro, la permeabilidad es moderadamente rápida.

La reacción es extremadamente a muy fuertemente ácida (pH: 4.42 a 5.01); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 1,50-22,39%), bajos en fósforo disponible (P: 1.5-3.8 ppm); niveles bajos a altos en potasio disponible (K: 10 a 246 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio

(CE: <4dS/m); sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0,00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es muy baja a baja (CIC: 2.09-8.09 me/100g) y la saturación de bases es baja a alta (SB: 27 – 57%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos es baja.

Los suelos Cavia se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Ca/C (08-15%), moderadamente empinada Ca/D (15-25%) y empinada Ca/E (25 – 50%).

#### Consociación Capa Rosa (Cp)

Comprende una superficie aproximada de 155.36 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Lithic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-R y epipedón úmbrico. Su origen es residual y coluvial, se ubican en cimas y laderas, de relieves planos a muy empinados.

Estos suelos, son muy superficiales a superficiales, orgánicos en toda su profundidad, de estructura granular en el horizonte A, de consistencia friable, drenaje bueno, aireación y capacidad de retención de agua media, permeabilidad moderadamente rápida. Sin Pedregosidad superficial en algunas partes, mientras en otras alcanza el 40%, gravas y gravilla en el perfil de hasta el 20%, el color del suelo es negro a pardo oscuro.

La reacción es extremadamente a muy fuertemente ácida (pH: 4.0 a 4.7); niveles altos de materia orgánica (MO: 11.74 - 20.21%), bajos en fósforo disponible (P: 2.8-4.6 ppm); niveles bajos a medios en potasio disponible (K: 66 a 129 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es muy baja a baja (CIC: 3.62-6.17 me/100g) y la saturación de bases es baja (SB: 16 – 49%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Capa Rosa se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada Cp/B (4-8%), ligeramente inclinada a moderadamente empinada Cp/C (8-15%), moderadamente empinada Cp/D (15-25%) y empinada Cp/E (25 – 50%).

#### Consociación Pinos (Pi)

Comprende una superficie aproximada de 70.69 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Andic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-B-C y epipedón úmbrico. Su origen es residual y coluvial, se ubican en cimas y laderas, de relieves planos a muy empinados.

Estos suelos, presentan texturas moderadamente gruesas a finas (franco arenoso, franco, franco arcilloso y arcillosos), de estructura granular en el horizonte A, en bloques en el horizonte B y sin estructura en el C (masiva). La aireación es media a baja y capacidad de retención de agua media, drenaje bueno a moderado. Son suelos superficiales, presentan colores negros a pardos, con moteados de tonos rojizos, no se observan fragmentos gruesos en el perfil, sin piedras en la superficie y permeabilidad moderada.

La reacción es extremadamente ácida (pH: 4.10 a 4.56); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 0.27 – 8.47%), bajos en fósforo disponible (P: 2.5 – 5.3 ppm); niveles bajos a medios en potasio disponible (K: 25 a 120 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es baja a alta (CIC: 7.55-26.48 me/100g) y la saturación de bases es baja (SB: 19%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Pinos se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Pi/C (8-15%) y moderadamente empinada Pi/D (15-25%).

#### Consociación Quemado (Qu)

Comprende una superficie aproximada de 15.13 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Andic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-B-C y epipedón úmbrico. Son suelos de origen residual y coluvial, se ubican en cimas, pie de monte y laderas, de relieves planos a empinados.

Estos suelos, presentan texturas medias a finas (franco, franco arcilloso y arcillosos), de estructura granular en el horizonte A, en bloques en el horizonte B y sin estructura en el C (grano simple). La aireación es media a baja, capacidad de retención de agua media, drenaje moderado. Son suelos superficiales,

presentan colores negros a pardos con tonalidades amarillentas y grises, con moteados pardos y rojizos, gravas y gravillas en el perfil, pedregosos en la superficie y permeabilidad moderada.

La reacción es extremadamente ácida (pH: 3.91 a 4.45); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 0.02 –11.2%), bajos en fósforo disponible (P: 0.2 – 3.3 ppm); niveles bajos en potasio disponible (K: 18 – 81 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es muy baja a alta (CIC: 4.80 – 39.78 me/100g) y la saturación de bases es baja (SB: 35%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Quemado se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Qu/C (8-15%), moderadamente empinada Qu/D (15-25%) y empinada Qu/E (25-50%).

#### Consociación Cerro Negro (CN)

Comprende una superficie aproximada de 55.59 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Andic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-B-C y epipedón úmbrico y endopedon cámbrico. Son suelos de origen residual y coluvial, se ubican en pie de monte y laderas de montaña, de relieves fuertemente inclinados a muy empinados.

Estos suelos presentan capas orgánicas superficiales, debajo de las cuales se hallan texturas franco a franco arenosas), de estructura granular en el horizonte A, en bloques en el horizonte B. La aireación es media, la capacidad de retención de agua media, drenaje bueno. Son suelos superficiales a muy superficiales debido al alto porcentaje de fragmentos gruesos en el perfil, presentan colores pardos con tonalidades grisáceas y amarillentas, alto porcentaje de gravas y gravillas en el perfil, muy pedregosos en la superficie y permeabilidad moderadamente rápida.

La reacción es extremadamente ácida (pH: 3.95 a 4.49); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 0.07 –15.02%), bajos en fósforo disponible (P: 2.5 – 6.6 ppm); niveles bajos a medios en potasio disponible (K: 17 – 175 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es baja a muy baja a alta (CIC: 2.55 – 8.49 me/100g) y la saturación de bases es baja a alta (SB: 14 -57%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Cerro Negro se presentan en sus fases por pendiente se presentan en sus fases por pendiente moderadamente empinada CN/D (15-25%) y empinada CN/E (25-50%).

#### Consociación Santa (Ct)

Comprende una superficie aproximada de 46.40 hectáreas. Pertenecen al subgrupo *Andic Dystrustepts*, mostrando una secuencia de capas A-C y epipedón úmbrico. Son suelos de origen residual y coluvial, se ubican en pie de monte y laderas de montaña, de relieves moderadamente inclinados a empinados.

Estos suelos presentan texturas moderadamente gruesas a medias (franco arenoso, franco y franco limoso), de estructura granular en el horizonte A, masiva y grano simple en el horizonte C. La aireación es media, la capacidad de retención de agua media, drenaje bueno. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, presentan colores negros, grises y pardos, alto porcentaje de gravas y gravillas en el perfil, libre de piedras a pedregosos en la superficie y permeabilidad moderada a moderadamente rápida.

La reacción es extremadamente a moderadamente ácida (pH: 4.34 – 5.87); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 0.10 –17.48%), bajos a altos en fósforo disponible (P: 0.9 – 17.6 ppm); niveles bajos a medios en potasio disponible (K: 29 – 196 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es muy baja a alta (CIC: 1.64 – 23.04 me/100g) y la saturación de bases es baja a alta (SB: 23 - 99%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Santa se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Ct/C (8-15%), moderadamente empinada Ct/D (15-25%), empinada Ct/E (25-50%) y muy empinada Ct/F (50-75%).

### Consociación La Pajuela (LP)

Comprende una superficie aproximada de 180.94 hectáreas. El material parental de este suelo es de origen transportado, de naturaleza coluvio – aluvial. Se ubican en depósitos de pie de monte y laderas, localizados en la margen izquierda de la quebrada Cushuro y al sur, sur-este y nor-este de la Pila de Lixiviación La Quinua, de relieve ondulado, con pendientes de ligeramente inclinadas a empinadas, las características de humedad hacen que estos suelos pertenezcan a un régimen údico, mientras que el régimen de temperatura es isomésico.

Está conformada por los suelos La Pajuela, que pertenecen al Subgrupo *Humic Dystrudepts*, el perfil típico es A/B/C y A/C, de suelos moderadamente desarrollados. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico; son suelos superficiales a moderadamente profundos, el color es pardo grisáceo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso), drenaje algo excesivo a bueno, microtopografía ondulada, sin riesgo o peligro de inundación, pedregosos, gravosos en el perfil y erosión moderada a severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente ácido (pH: 4.45 -5.55); la capa arable posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.93 – 8.99%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.14 -0.43%); nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.74 – 8.16 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 118.80 – 192.24 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.05 - 0.06 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 15.90 – 24.59 me/100g); sin problemas a niveles tóxicos de aluminio (Al: 0.77 – 4.47 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 29.61 – 50.99%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja; no siendo aptas para actividades agrícolas, pudiendo utilizarse algunas unidades como pasturas naturales, otras unidades pequeñas para producción forestal y el resto como tierras de protección.

Los suelos La Pajuela se presentan en su fase por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada LP/C (8-15%), moderadamente empinada LP/D (15-25%) y empinada LP/E (25-50%).

### Consociación El Tinte (Ti)

Esta consociación comprende una superficie de 239.05 hectáreas. El material parental de este suelo es residual, de naturaleza volcánica. Estos suelos se ubican en laderas y pequeñas colinas al norte de la Pila de Lixiviación La Quinua, relieve ondulado, pendientes de ligeramente inclinadas a empinadas; presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Está conformada por los suelos El Tinte, que pertenecen al Subgrupo *Humic Dystrudepts*, el perfil típico es A/B/C y A/C, de suelos moderadamente desarrollados. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, espeso, oscuro, bien estructurado y de baja saturación de bases; son suelos superficiales a moderadamente profundos, el color varía desde negro a pardo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje bueno, microtopografía ondulada, sin riesgo o peligro de inundación, pendiente moderadamente empinada a empinada, pedregosos, con gravas y gravillas en el perfil y erosión moderada a severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente ácido (pH: 4.53 – 4.71); la capa arable posee nivel alto de materia orgánica (MO: 6.30 – 14.07%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.30 -0.67%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.72 – 5.97 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 138.83 – 186.12 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.03 - 0.05 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 29.75– 33.14me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 3.39 – 4.12me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 31.16-34.66%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea media a baja; no siendo aptas para actividades agrícolas, pero si podría dedicarse algunas unidades a la producción forestal y otras constituyen tierras de protección.

Los suelos El Tinte se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Ti/C (8-15%), moderadamente empinada Ti/D (15-25%), empinada Ti/E (25-50%) y muy empinada Ti/F (50-75%).

### Consociación La Quinua (LQ)

Esta consociación comprende una superficie de 201.81 hectáreas que corresponde al 2.38% del área de estudio. El material parental de este suelo es residual, derivado de areniscas cuarcíticas. Estos suelos se ubican en laderas de los principales cerros localizados en la margen derecha de la quebrada Encajón, pendientes de moderadamente empinadas a empinadas; presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Está conformada por los suelos La Quinua, que pertenecen al Subgrupo *Lithic Udorthents*, el perfil típico es A/C, A/R, en algunas partes aflora la roca a la superficie, con escaso desarrollo genético. Estos suelos se caracterizan por tener un epipedón ócrico bastante humificado y de poco espesor; muy superficiales a superficiales, de color negro a pardo grisáceo muy oscuro, textura moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje algo excesivo, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, pendientes moderadamente empinadas a empinadas, muy pedregosos, muy gravosos y guijarrosos en el perfil y erosión severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido (pH: 3.76 – 3.96); la capa superficial posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.67 – 6.18%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.13 -0.29%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.07 – 5.49ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 106.14 - 109.76 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.08 - 0.16 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico de (CIC: 16.51 – 21.77me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 6.86 – 7.97me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 16.19 – 20.08%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja; no siendo aptas para actividades agrícolas, pecuarias ni forestales, constituyendo más bien tierras de protección.

Los suelos La Quinua se presentan en sus fases por pendiente moderadamente empinada LQ/D (15-25%) y empinada LQ/E (25-50%).

#### Consociación Cushuro (Cu)

Esta consociación comprende una superficie de 102.42 hectáreas. El material parental de este suelo es de origen transportado, de naturaleza coluvio – aluvial. Estos suelos se ubican en depósitos de pie de monte y laderas, localizados en ambos márgenes de las quebradas Shilamayo y Cushuro, de relieve ondulado, con pendientes moderadamente empinadas a empinadas; presentan un régimen údico y un régimen de temperatura isomésico.

Está conformada por los suelos Cushuro, que pertenecen al Subgrupo *Typic Hapludands*, el perfil típico es A/C y A/R, de suelos con escaso desarrollo genético. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico; muy superficiales a superficiales, el color es pardo grisáceo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje algo excesivo a bueno, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, muy pedregosos, gravosos y guijarrosos en el perfil y erosión severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido (pH: 4.17 – 4.41); el horizonte de la superficie posee nivel alto de materia orgánica (MO: 6.25 - 14.56%); nivel alto de nitrógeno total N: 0.30 - 0.69%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.18 – 5.25 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 132.23 – 154.65 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.03 - 0.06 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$  : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 20.88 – 33.34me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 4.65 – 5.78me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 24.16 – 28.83%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja a media.

Los suelos Cushuro se presentan en sus fases por pendiente moderadamente empinada Cu/D (15-25%) y empinada Cu/E (25-50%).

#### Consociación Encajón (En)

Esta consociación comprende una superficie de 317.65 hectáreas. El material parental de este suelo es residual, derivado de areniscas cuarcíticas. Estos suelos se ubican en laderas de los principales cerros localizados en la margen derecha de la quebrada Encajón, pendientes moderadamente empinadas a muy empinadas; presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Está conformada por los suelos Encajón, que pertenecen al Subgrupo *Humic Dystrudepts*, el perfil típico es A/C, de suelos con escaso desarrollo genético. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico,



espeso, oscuro, bien estructurado y de baja saturación de bases; suelos muy superficiales a superficiales, el color del horizonte superficial es negro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje algo excesivo a bueno, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, muy pedregosos, muy gravosos, guijarrosos y pedregosos en el perfil y erosión severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido (pH: 3.70 – 3.86); el horizonte de la superficie posee nivel alto de materia orgánica (MO: 13.32 – 13.83%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.63 – 0.66%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 4.69 – 5.20ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 125.93 – 130.28 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.08 – 0.11 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 30.28 – 32.65me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 7.41 – 8.32me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 15.03 – 18.14%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Encajón se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada En/C (8-15%), moderadamente empinada En/D (15-25%), empinada En/E (25-50%), muy empinada En/F (50-75%) y extremadamente empinada En/G (>75%).

#### Consociación Ciénega (Cn)

Esta consociación comprende una superficie de 212.38 hectáreas. El material parental de este suelo es residual, de naturaleza volcánica; estos suelos se ubican en laderas y colinas distribuidas en ambos márgenes de la quebrada Ciénega, pendientes de ligeramente inclinadas a empinadas; presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Está conformada por los suelos Ciénega, que pertenecen al Subgrupo *Typic Hapludands*, el perfil típico es A/C y A/R, de suelos con escaso desarrollo genético. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico; muy superficiales a superficiales, el color del horizonte superficial es negro a pardo grisáceo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje bueno, microtopografía ondulada, sin riesgo o peligro de inundación, pedregosos, ligeramente gravosos y guijarrosos en el perfil y erosión moderada a severa.

Químicamente estos suelos, tienen una reacción muy fuertemente ácido a moderadamente ácido (pH: 4.60 – 5.80); el horizonte de la superficie posee nivel alto de materia orgánica (MO: 14.39 – 15.88%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.69 – 0.76%); nivel medio de fósforo disponible (P: 7.54 – 10.96ppm); nivel medio a alto de potasio disponible (K: 175.56 – 259.34ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.29 – 0.40 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 32.29 – 35.12me/100g); niveles bajos a niveles tóxicos de aluminio (Al: 0.26 – 3.83 me/100g) y Saturación de Bases baja a alta (SB: 32.52 – 55.85%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Ciénega se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Cn/C (8-15%), moderadamente empinada Cn/D (15-25%), empinada Cn/E (25-50%).

#### Consociación San José (SJ)

Comprende una superficie aproximada de 116.47 hectáreas. Estos suelos se localizan en tres unidades ubicadas al Este y Suroeste del reservorio San José y una unidad en la margen izquierda de la quebrada Pampa Larga en el límite Norte de la zona de estudio.

Está conformada por los suelos San José, que pertenecen al Subgrupo *Typic Hapludands*, el perfil típico es A/C, C/R, el origen del material parental es residual, con algunos afloramientos rocosos a la superficie, estos suelos se caracterizan por tener un epipedón ócrico, con escaso desarrollo genético, con severas limitaciones climáticas, sobre todo por la ocurrencia de heladas, lluvias torrenciales y granizadas en diferentes épocas del año; drenaje algo excesivo, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, pendiente moderadamente empinada a empinada, muy pedregosos, con presencia de gravas, gravillas y piedras en el perfil y erosión severa. Presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (pH: 3.86 – 4.62); la capa arable posee nivel bajo a alto de materia orgánica (MO: 1.24 – 4.97%); nivel bajo a alto de

nitrógeno total (N: 0.06 – 0.24%); bajo nivel de fósforo disponible (P: 5.96 – 6.13 ppm); nivel medio 0.28 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 14.96 – 18.96 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 4.48 – 7.38 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 18.14 - 29.41%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos San José se presentan en sus fases por pendiente moderadamente empinada SJ/D (15-25%) y empinada SJ/E (25-50%).

#### Consociación Pampa Larga (PL)

Esta consociación comprende una superficie aproximada de 519.64 hectáreas. Estos suelos se localizan en unidades desde pequeñas a grandes, ubicadas al Este, Oeste, Norte y Sur de la zona de estudio.

Está conformada por los suelos Pampa Larga, que pertenecen al Subgrupo *Lithic Hapludands*, el perfil típico es A/C, C/R, el material parental de este suelo es residual, mayormente de naturaleza volcánica y en menor extensión areniscas, con algunos afloramientos de la roca a la superficie, se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, suelos muy superficiales a superficiales. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente ácido (pH: 3.97 - 5.73); la capa arable posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.51 - 11.31%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.12 - 0.56%); nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.91 - 10.45 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 106.28 - 175.36 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.12 - 0.39 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CCC: 15.97 - 27.66 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 2.65 - 6.78 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 20.28 - 38.36%), a excepción de la muestra en MY-08 que tiene una concentración de aluminio de 0.36 me/100g. Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Pampa Larga se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada PL/C (8-15%), moderadamente empinada PL/D (15-25%), empinada PL/E (25-50%) y muy empinada PL/F (50-75%).

#### Consociación Humedal Altoandino (Hu)

La consociación Humedal Altoandino, comprende una superficie aproximada de 63.36 hectáreas. Estos suelos se localizan en dos unidades ubicadas al Norte de la zona de estudio.

Está conformada por los suelos Humedal Altoandino, que pertenecen al Subgrupo *Humaqueptic Endoaquents*, el perfil típico es el tipo AC, el material parental de este suelo es de origen transportado, de naturaleza coluvio – aluvial, estos suelos se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, son suelos muy superficiales a superficiales, con la napa freática muy cerca de la superficie. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente, estos suelos tienen un pH extremadamente ácido (3.80 - 4.40); el horizonte de superficie posee contenidos medios a altos de materia orgánica (MO: 2.82 - 12.46%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.14 – 0.61%); nivel medio de fósforo disponible (7.21 - 7.65 ppm); potasio disponible medio (P: 126.20 - 127.53 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.45 - 0.69 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CCC: 19.33 - 30.39 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 4.66 - 7.71 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 16.97 - 28.64%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Humedal Altoandino se presentan en su fase por pendiente ligeramente inclinada Hu/B (4-8%).

#### Consociación Maqui Maqui (MM)



Esta consociación comprende una superficie aproximada de 328.70 hectáreas. Estos suelos se localizan en siete unidades: una unidad ubicada al Oeste de la pila Maqui Maqui, otra unidad ubicada al Noroeste del tajo Maqui Maqui, cuatro unidades ubicadas al Este, Sur y Sureste de la pila Maqui Maqui y una unidad ubicada al Sur de la zona de estudio.

Está conformada por los suelos Maqui Maqui, que pertenecen al Subgrupo *Typic Hapludands*, el perfil típico es A/B/C y A/C, el material parental de este suelo es de origen transportado, derivado de rocas volcánicas y escasas areniscas, se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, se trata de suelos moderadamente desarrollados, moderadamente profundos. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente, estos suelos tienen un pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (pH: 4.0 - 4.97); el horizonte de superficie posee un nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 3.59 - 12.19%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.18 - 0.60%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.94 - 6.92 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 111.17 - 187.33 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.04 - 0.37 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CCC: 16.49 - 33.19 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 2.40 - 6.62 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 20.86 - 39.72%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Maqui Maqui se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada MM/D (15-25%), empinada MM/E (25-50%) y muy empinada MM/F (50-75%).

#### Consociación Chaquicocha (Cha)

Esta consociación comprende una superficie aproximada de 183.67 hectáreas. Estos suelos se localizan en diferentes unidades ubicadas en toda la zona de estudio.

Está conformada por los suelos Chaquicocha, que pertenecen al Subgrupo, *Humic Dystrudepts*; el perfil típico es A/C, C/R. El origen del material parental es residual, con escasos afloramientos de rocas volcánicas y areniscas a la superficie, estos suelos se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, suelos superficiales. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente, estos suelos tienen un pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (pH: 4.08 - 4.85); el horizonte de superficie posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.65 - 12.12%), nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.13 - 0.60%), nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.42 - 7.28 ppm), nivel medio de potasio disponible (K: 118.10 - 179.75 ppm), ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.07 - 0.63 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CCC: 17.28 - 29.38 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 2.83 - 6.20 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 22.42 - 37.38%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

Los suelos Chaquicocha se presentan en sus fases por pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada Ch/C (8-15%), moderadamente empinada Ch/D (15-25%) y empinada Ch/E (25-50%).

#### Asociaciones

Los Misceláneo Roca, se encuentran en asociaciones por lo cual no se incluye en la Tabla 3.2.4-13, *Clasificación Taxonómica de los Suelos*, referida a la clasificación taxonómica; sin embargo, son descritos a continuación:

##### *Cerro Negro – Misceláneo Roca (CN-MR)*

Esta asociación comprende una superficie aproximada de 36.55 hectáreas y está conformada por suelos de la unidad edáfica Cerro Negro y la unidad no edáfica Misceláneo Roca en una proporción de 50 y 50%. Son de origen residual y coluvial, localizándose sobre cimas y laderas con pendientes entre 25 a 50% y relieves empinados.

La asociación Cerro Negro – Misceláneo Roca, se presenta en su fase por pendiente muy empinada CN-MR/F (50-75%).

*Canta – Misceláneo Roca (Ct-MR)*

Esta asociación comprende una superficie aproximada de 10.12 hectáreas y está conformada por suelos de la unidad edáfica Canta y la unidad no edáfica Misceláneo Roca en una proporción de 50 y 50%. Son de origen residual y coluvial, localizándose en laderas con pendientes entre 15 a 25% y relieves moderadamente empinados.

La asociación Canta – Misceláneo Roca, se presenta en su fase por pendiente empinada Ct-MR/E (25-50%).

*Pampa Larga – San José (PL-SJ)*

Esta asociación comprende una superficie aproximada de 58.28 hectáreas y está conformada por suelos de las unidades edáficas Pampa Larga y San José, en una proporción de 50 y 50%. Son de origen residual y coluvial, localizándose sobre cimas y laderas con pendientes entre 25 a 50% y relieves empinados.

La asociación Pampa Larga – San José, se presenta en su fase por pendiente empinada PL-SJ/E (25-50%).

*Pampa Larga – Chaquicocha (PL-Cha)*

Esta asociación comprende una superficie aproximada de 22.37 hectáreas y está conformada por suelos de las unidades edáficas Pampa Larga y Chaquicocha, en una proporción de 50 y 50%. Son de origen residual y coluvial, localizándose laderas y cerros con pendientes entre 25 a 75% y relieves empinados.

La asociación Pampa Larga – Chaquicocha, se presenta en sus fases por pendiente empinada PL-Cha/E (25-50%) y muy empinada PL-Cha/F (50-75%).

*Ciénega – Misceláneo Roca (Cn-MR)*

Esta asociación comprende una superficie aproximada de 103.06 hectáreas y se encuentra constituida por los suelos Ciénega (50%) y Misceláneo Roca (50%); El material parental de este suelo es residual, de naturaleza volcánica y areniscas. Estos suelos se ubican en laderas de cerros y colinas distribuidas en ambos márgenes de la quebrada La Quinua y al este de la pila de lixiviación Yanacocha, pendientes empinadas; presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

En esta asociación, los suelos Ciénega pertenecen al Subgrupo Typic Hapludands, el perfil típico es A/C y A/R, de suelos con escaso desarrollo genético. Presentan un epipedón úmbrico; muy superficiales a superficiales, el color del horizonte superficial es negro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje bueno a algo excesivo, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, pedregosos a muy pedregosos, muy gravosos y guijarrosos en el perfil y erosión severa.

Químicamente estos suelos, tienen una reacción extremadamente ácido (pH: 3.88 – 4.41); el horizonte de la superficie posee nivel alto de materia orgánica (MO: 7.96 – 15.75%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.38 -0.75%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.31 – 6.29ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 117.99 – 170.23ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.12 - 0.13 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub> : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 23.44 – 33.73me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 4.65 – 7.30me/100g) y saturación de bases baja (SB: 18.53 – 28.83%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

La asociación Ciénega - Misceláneo Roca se presenta en su fase por pendiente empinada Cn-MR/E (25-50%).

Otros

Está conformada por el Áreas Intervenidas con una superficie aproximada de 5,402.25 hectáreas, esta unidad es el área de mayor extensión y representa el 63.59% del área de estudio (8,495.87 hectáreas), los Diques con una superficie aproximada de 14.18 hectáreas y los Cursos/Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas) con una superficie aproximada de 13.33 hectáreas. Estos tipos de suelos se localizan en diferentes unidades ubicadas en toda la zona de estudio.

### Unidades Cartográficas

En el mapa de suelos (ver Figura 3.2.4.4-2, *Unidades Cartográficas de Suelos*), las áreas o unidades cartográficas que corresponden a un solo tipo (unidad) de suelo se denomina "consociación", la combinación de dos consociaciones se denomina "asociación". En el presente estudio se han identificado (17) diecisiete Consociaciones y (05) cinco asociaciones. En la Tabla 3.2.4.1-5, *Unidades de Suelos y Pendientes*, se muestran las unidades cartográficas de los suelos con sus respectivas pendientes, mientras la distribución porcentual y las áreas que ocupan cada una de ellas se muestran en la Tabla 3.2.4.1-6, *Área y Porcentaje de Unidades de Suelos*.

**Tabla 3.2.4.1-5 Unidades de Suelos y Pendientes**

Unidad Cartográfica	Clasificación de Suelo	Símbolo	Fase Pendiente	FAO
<b>Consociación</b>				
Cavia	Lithic Dystrustepts	Ca	C, D y E	Leptosoles
Chaquicocha	Humic Dystrustepts	Cha	C, D y E	Cambisoles
Ciénega	Typic Hapludands	Cn	C, D y E	
Cerro Negro	Andic Dystrustepts	CN	D y E	Cambisoles
Capa Rosa	Lithic Dystrustepts	Cp	B, C, D y E	Leptosoles
Canta	Andic Dystrustepts	Ct	C, D, E y F	
Cushuro	Humic Dystrustepts	Cu	D y E	Andosoles
Encajón	Humic Dystrustepts	En	C, D, E, F y G	Umbrisoles
Humedal Altoandino	Humaqueptic Endoaquents	Hu	B	Gleisoles
La Pajuela	Humic Dystrustepts	Lp	C, D y E	Cambisoles
La Quinua	Lithic Udorthents	LQ	D y E	Leptosoles
Maquí Maquí	Typic Hapludands	MM	D, E y F	Andosoles
Pinos	Andic Dystrustepts	Pi	C y D	Cambisoles
Pampa Larga	Lithic Hapludands	PL	C,D, E y F	Andosoles
Quemado	Andic Dystrustepts	Qu	C, D y E	Cambisoles
San José	Typic Hapludands	SJ	D y E	Andosoles
El Tinte	Humic Dystrustepts	Ti	C, D, E y F	Cambisoles
<b>Asociaciones</b>				
Ciénega – Misceláneo Roca	-	Cn-MR	E	-
Cerro Negro – Misceláneo Roca	-	CN-MR	F	-
Canta Misceláneo Roca	-	Ca-MR	E	-
Pampa Larga – San José	-	PL-SJ	E	-
Pampa Larga - Chaquicocha	-	PL-Cha	E y F	-
<b>Fuente:</b> Stantec, 2019				

Tabla 3.2.4.1-6 Área y Porcentaje de Unidades de Suelos

Unidades	Suelos	Símbolo	Superficie		Pendiente	Símbolo	Superficie	
			Ha	%			Ha	%
Consociaciones	Cavia	Ca	26.47	0.31	Cavia, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Ca/C	20.04	0.24
					Cavia, Pendiente moderadamente empinada	Ca/D	2.01	0.02
					Cavia, Pendiente empinada	Ca/E	4.42	0.05
	Chaquicocha	Cha	183.67	2.16	Chaquicocha, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Cha/C	35.71	0.42
					Chaquicocha, Pendiente moderadamente empinada	Cha/D	60.68	0.71
					Chaquicocha, Pendiente empanada	Cha/E	87.28	1.03
	Ciénega	Cn	212.38	2.50	Ciénega, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Cn/C	52.00	0.61
					Ciénega, Pendiente moderadamente empinada	Cn/D	31.03	0.37
					Ciénega, Pendiente empinada	Cn/E	129.35	1.52
	Cerro Negro	CN	55.59	0.66	Cerro Negro, Pendiente moderadamente empinada	CN/D	13.54	0.16
					Cerro Negro, Pendiente empanada	CN/E	42.05	0.50
	Capa Rosa	Cp	155.36	1.83	Capa Rosa, Pendiente ligeramente inclinada	Cp/B	34.11	0.40
					Capa Rosa, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Cp/C	75.39	0.89
					Capa Rosa, Pendiente moderadamente empinada	Cp/D	33.55	0.39
					Capa Rosa, Pendiente empinada	Cp/E	12.31	0.15
	Canta	Ct	46.40	0.54	Canta, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Ct/C	15.01	0.18
					Canta, Pendiente moderadamente empinada	Ct/D	10.42	0.12
					Canta, Pendiente empinada	Ct/E	14.70	0.17
					Canta, Pendiente muy empinada	Ct/F	6.27	0.07
	Cushuro	Cu	102.42	1.20	Cushuro, Pendiente moderadamente empinada	Cu/D	55.54	0.65
					Cushuro, Pendiente empinada	Cu/E	46.88	0.55
	Encajón	En	317.65	3.73	Encajón, Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	En/C	20.44	0.24
					Encajón, Pendiente moderadamente empinada	En/D	30.01	0.35
					Encajón, Pendiente empinada	En/E	94.62	1.11
					Encajón, Pendiente muy empinada	En/F	94.55	1.11
					Encajón, Pendiente extremadamente empinada	En/G	78.03	0.92

Unidades	Suelos	Símbolo	Superficie		Pendiente	Símbolo	Superficie	
			Ha	%			Ha	%
	Humedal Altoandino	Hu	63.36	0.75	Humedal Altoandino, Pendiente ligeramente inclinada	Hu/B	63.36	0.75
	La Pajuela	Lp	180.94	2.13	La Pajuela, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	LP/C	13.91	0.16
					La Pajuela, Pendiente moderadamente empinada	LP/D	82.93	0.98
					La Pajuela, Pendiente empinada	LP/E	84.10	0.99
	La Quinoa	LQ	201.81	2.38	La Quinoa, Pendiente moderadamente empinada	LQ/D	61.75	0.73
					La Quinoa, Pendiente empinada	LQ/E	138.33	1.63
					La Quinoa, Pendiente muy empinada	LQ/F	1.73	0.02
	Maqui Maqui	MM	328.70	3.87	Maqui Maqui, Pendiente moderadamente empinada	MM/D	144.61	1.70
					Maqui Maqui, Pendiente inclinada	MM/E	160.66	1.89
					Maqui Maqui, Pendiente muy empinada	MM/F	23.43	0.28
	Pinos	Pi	70.69	0.83	Pinos, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Pi/C	34.90	0.41
					Pinos, Pendiente moderadamente empinada	Pi/D	35.79	0.42
	Pampa Larga	PL	519.64	6.12	Pampa Larga, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	PL/C	124.04	1.46
					Pampa Larga, Pendiente moderadamente empinada	PL/D	248.69	2.93
					Pampa Larga, Pendiente empinada	PL/E	115.18	1.36
					Pampa Larga, Pendiente muy empinada	PL/F	31.73	0.37
	Quemado	Qu	15.13	0.18	Quemado, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Qu/C	2.21	0.03
					Quemado, Pendiente moderadamente empinada	Qu/D	5.93	0.07
					Quemado, Pendiente empinada	Qu/E	6.99	0.08
	San José	SJ	116.47	1.37	San José, Pendiente moderadamente empinada	SJ/D	31.60	0.37
					San José, Pendiente empinada	SJ/E	84.87	1.00
	El Tinte	Ti	239.05	2.81	El Tinte, Pendiente ligeramente inclinada a moderadamente empinada	Ti/C	87.42	1.03
					El Tinte, Pendiente moderadamente empinada	Ti/D	125.88	1.48
					El Tinte, Pendiente empinada	Ti/E	20.32	0.24
					El Tinte, Pendiente muy empinada	Ti/F	5.43	0.06

Unidades	Suelos	Símbolo	Superficie		Pendiente	Símbolo	Superficie		
			Ha	%			Ha	%	
Asociaciones	Ciénega-Misceláneo Roca	Cn-MR/E	103.06	1.21	Ciénega-Misceláneo Roca, Pendiente empinada	Cn-MR/E	103.06	1.21	
	Cerro Negro-Misceláneo Roca	CN-MR/F	36.55	0.43	Cerro Negro-Misceláneo Roca/Pendiente muy empinada	CN-MR/F	36.55	0.43	
	Canta-Misceláneo Roca	Ct-MR/E	10.12	0.12	Canta-Misceláneo Roca, Pendiente empinada	Ct-MR/E	10.12	0.12	
	Pampa Larga-San José	PL-SJ/E	58.28	0.69	Pampa Larga-San José, Pendiente empinada	PL-SJ/E	58.28	0.69	
	Pampa Larga-Chaquicocha	PL-Cha/E	9.70	0.11	Pampa Larga-Chaquicocha, Pendiente empinada	PL-Cha/E	9.70	0.11	
		PL-Cha/F	12.67	0.15	Pampa Larga-Chaquicocha, Pendiente muy empinada	PL-Cha/F	12.67	0.15	
Otros	Áreas Intervenidas	Ai	5,402.25	63.59	Áreas Intervenidas	Ai	5,402.25	63.59	
	Diques	Dq	14.18	0.17	Diques	Dq	14.18	0.17	
	Cursos y Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas)	Hdr	13.33	0.16	Cursos y Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas)	Hdr	13.33	0.16	
TOTAL			8,495.87	100.00	TOTAL			8,495.87	100.00
Fuente: Stantec, 2019									

### 3.2.4.2 Clasificación de las Tierras por Capacidad de Uso Mayor

De acuerdo a la clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, en la zona de estudio se han determinado siete consociaciones (F2sc, F3sec, P2sc (t), P3sec (t), P3swc (t), Xsec y Xswc); y una asociación que corresponde a Tierras Aptas para pastos-Tierras de Protección (P3sec(t)-Xsec), esta clasificación considera las características de los suelos y el clima limitante que predomina en el área de estudio (ver Figura 3.2.4.4-3, *Capacidad de Uso Mayor de Suelos*). La Tabla 3.2.4.2-1, *Capacidad de Uso Mayor de las Tierras*, muestra la clasificación de tierras considerando los niveles de grupo, clase y subclase de su capacidad de uso mayor.

**Tabla 3.2.4.2-1 Capacidad de Uso Mayor de las Tierras**

Grupos		Clases		Subclases	Símbolo
Uso Mayor	Símbolo	Calidad Agrológica	Símbolo	Factor Limitante	
Consociaciones					
Tierras aptas para Producción Forestal	F	Media	F2	Suelo y clima	F2sc
		Baja	F3	Suelo, erosión y clima	F3sec
Tierras aptas para Pastos	P	Media	P2	Suelo y clima	P2sc (t)
		Baja	P3	Suelo, erosión y clima	P3sec (t)
			P3	Suelo, drenaje y clima	P3swc (t)
Tierras de Protección	X		X	Suelo, erosión y clima	Xsec
				Suelo, drenaje y clima	Xswc
Asociaciones					
Tierras aptas para Pastos – Tierras de Protección	P-X	Baja	P3-X	Suelo, erosión y clima	P3sec(t)-Xsec
Fuente: Stantec, 2019.					

Las unidades de capacidad de uso mayor identificadas y sus correspondientes unidades de suelos presentes en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha se presentan en la Tabla 3.2.4.2-2, *Capacidad de Uso Mayor de las Tierras Identificadas*.

**Tabla 3.2.4.2-2 Capacidad de Uso Mayor de las Tierras Identificadas**

Símbolo	Descripción	Unidades de Suelos
<b>Consociaciones</b>		
F2sc	Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad agrológica media, limitaciones por suelo y clima	Tinte
F3sec	Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, erosión y clima	Tinte, Cerro Negro, Canta y Capa Rosa
P2sc (t)	Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica media, limitaciones por suelo y clima, pastoreo temporal.	Ciénega, Maqui Maqui y Pampa Larga
P3sec (t)	Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, erosión y clima, pastoreo temporal.	Canta, Pinos, Capa Rosa, Maqui Maqui, Chaquicocha, Capa Rosa, La Pajuela, Encajón, Cushuro y La Quinua
P3swc (t)	Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, drenaje y clima, pastoreo temporal.	Capa Rosa
Xsec	Tierras de protección, limitaciones por suelo, erosión y clima.	Cerro Negro, Capa Rosa, Quemado, La Quinua, La Pajuela, Ciénega, Maqui Maqui, Pampa Larga, Chaquicocha, Encajón y San José



Símbolo	Descripción	Unidades de Suelos
Xswc	Tierras de protección, limitaciones por suelo, drenaje y clima.	Humedal Altoandino
<b>Asociaciones</b>		
P3sec(t)- Xsec	Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, erosión y clima, pastoreo temporal – Tierras de protección, limitaciones por suelo, erosión y clima.	Capa Rosa, Cavia y Canta
<b>Fuente:</b> Stantec, 2019.		

A continuación, se describen las características físicas y químicas de los grupos de capacidad de uso mayor de tierras identificados en el área de estudio:

#### F2sc

Comprende una superficie de 23.64 hectáreas, que representa el 0.28% del área total estudiada. Está constituida por tierras aptas para producción forestal, de calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y clima (bajas temperaturas, heladas, sequías y fuertes precipitaciones).

Está conformada por los suelos El Tinte, el perfil típico es A/B/C y A/C, de suelos moderadamente desarrollados. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, espeso, oscuro, bien estructurado y de baja saturación de bases; son suelos superficiales a moderadamente profundos, el color varía desde negro a pardo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje bueno, microtopografía ondulada, sin riesgo o peligro de inundación, pendiente moderadamente empinada a empinada, pedregosos, con gravas y gravillas en el perfil y erosión moderada a severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente ácido (pH: 4.53 – 4.71); la capa arable posee nivel alto de materia orgánica (MO: 6.30 – 14.07%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.30 0.67%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 5.72 – 5.97 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 138.83 – 186.12ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.03 -0.05 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub> : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC:29.75– 33.14me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 3.39 – 4.12 me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 31.16-34.66%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea media a baja; no siendo aptas para actividades agrícolas, pero si podría dedicarse algunas unidades a la producción forestal y otras constituyen tierras de protección.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes intrínsecas del perfil edáfico, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras. Plantaciones forestales con fines de producción, pudiéndose trabajar con especies exóticas como las coníferas, o también se puede reforestar con especies nativas que prosperen en estos niveles altitudinales.

**Especies recomendables.** Se debería trabajar con especies que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo, por lo tanto, se debería reforestar de preferencia con especies exóticas que están demostrando su aclimatación a la zona, como es el caso de las coníferas (pinos), dentro de ellas se tiene a las especies *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacana*, etc.

#### F3sec

Comprende una superficie de 209.41 hectáreas, que representa el 2.46% del área total estudiada. Está

constituida por tierras aptas para producción forestal, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo, erosión y clima (bajas temperaturas, heladas, sequías y fuertes precipitaciones).

Está conformada por los suelos El Tinte, Cerro Negro, Canta y Capa Rosa, el perfil típico es A/B/C, A/C y eventualmente A/R. Estos suelos, son muy superficiales a superficiales, orgánicos en toda su profundidad, de estructura granular en el horizonte A, de consistencia friable, drenaje bueno, aireación y capacidad de retención de agua media, permeabilidad moderadamente rápida. Sin Pedregosidad superficial en algunas partes, mientras en otras alcanza el 40%, gravas y gravilla en el perfil de hasta el 20%, el color del suelo es negro a pardo oscuro.

La reacción es extremadamente a fuertemente ácida (pH: 3.95 a 5.0); niveles bajos a altos de materia orgánica (MO: 0.10-20.21%), bajos a altos en fósforo disponible (P: 2.5-17.6 ppm); niveles bajos a medios en potasio disponible (K: 66 a 196 ppm); libres a muy ligeramente afectados por excesos de sales y sodio (CE: <4dS/m); sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); los niveles de la capacidad de cationes de cambio es muy baja a alta (CIC: 1.64-23.04 me/100g) y la saturación de bases es baja (SB: 16 – 57%); lo cual determina que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo, erosión y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes intrínsecas del perfil edáfico, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por topografía – riesgo de erosión están referidas a la longitud, forma y sobre todo al grado de pendiente que influyen en la velocidad de la escorrentía superficial ocasionando más erosión. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras. Plantaciones forestales con fines de producción, pero complementadas con medidas conservacionistas, para controlar el proceso erosivo; como por ejemplo acequias de infiltración, plantaciones a tres bolillos, etc. La reforestación, se puede trabajar con especies exóticas como las coníferas, o también se puede reforestar con especies nativas que prosperen en estos niveles altitudinales.

**Especies recomendables.** Se debería trabajar con especies que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo, por lo tanto, se debería reforestar de preferencia con especies exóticas que están demostrando su aclimatación a la zona, como es el caso de las coníferas (pinos), dentro de ellas se tiene a las especies *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacana*, etc.

#### P2sc (t)

Comprende una superficie de 236.63 hectáreas, que representa el 2.78% del área total estudiada. Está constituida por tierras aptas para pastos, de calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones). Requiere pastoreo temporal.

Está conformada por los suelos Pampa Larga, Ciénega, Chaquicocha y Maqui Maqui, el perfil típico es A/C, C/R, el material parental de este suelo es residual, mayormente de naturaleza volcánica y en menor extensión areniscas, con algunos afloramientos de la roca a la superficie, se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, suelos muy superficiales a superficiales. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (pH: 3.97 - 4.97); la capa arable posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.51 – 12.19%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.12 -0.56%); nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.91 - 10.45 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 106.28 – 187.33 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.04 - 0.39 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 15.97 – 33.19 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 1.00 - 6.78 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 20.28 – 39.72%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes intrínsecas del perfil edáfico, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas moderadas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras. Controlar el sobrepastoreo para evitar la extinción de las especies palatables, rotación de potreros para facilitar la regeneración de la pastura, etc.

**Especies recomendables.** Se debería trabajar con especies que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo, por lo tanto, se debería revegetar de preferencia con especies nativas propias del lugar como las de los géneros *Stipa* (ichu), *Calamagrostis*, *Paspalum*, etc.; para evitar la erosión de los suelos. Si se quiere trabajar con algunas especies mejoradas, es necesario realizar un trabajo de investigación, para determinar su aclimatación a estas condiciones limitantes de altitud.

#### P3sec (t)

Comprende una superficie de 916.69 hectáreas, que representa el 10.79% del área total estudiada. Está constituida por tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo, erosión y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones). Requiere pastoreo temporal.

Está conformada por los suelos Chaquicocha, Canta, Pinos, Maqui Maqui, Capa Rosa, Cushuro, La Pajuela, La Quinua y Encajón; el perfil típico es A/C, C/R. El origen del material parental es residual, con escasos afloramientos de rocas volcánicas y areniscas a la superficie, estos suelos se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, suelos superficiales. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente, estos suelos tienen un pH extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (pH: 4.00 - 4.97); el horizonte de superficie posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.65 - 12.19%), nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.13 - 0.60%), nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.42 - 7.28 ppm), nivel medio de potasio disponible (K: 111.17 - 179.75 ppm), ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.04 - 0.63 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja, por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 16.49 - 33.19 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 2.83 - 6.20 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 20.86 - 39.72%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo, erosión, erosión y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes intrínsecas del perfil edáfico, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por topografía – riesgo de erosión están referidas a la longitud, forma y sobre todo al grado de pendiente que influyen en la velocidad de la escorrentía superficial ocasionando más erosión. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas, sequías y fuertes precipitaciones propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras. Controlar el sobrepastoreo para evitar la extinción de las especies palatables, rotación de potreros para facilitar la regeneración de la pastura, etc.

**Especies recomendables.** Se debería trabajar con especies que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo, por lo tanto, se debería revegetar de preferencia con especies nativas propias del lugar como las de los géneros *Stipa* (ichu), *Calamagrostis*, *Paspalum*, etc., para evitar la erosión de los suelos. Si se quiere trabajar con algunas especies mejoradas, es necesario realizar un trabajo de investigación, para determinar su aclimatación a estas condiciones limitantes de altitud.

P3swc (t)

Comprende una superficie de 34.11 hectáreas, que representa el 0.40% del área total estudiada. Está constituida por tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo, drenaje y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones). Requiere pastoreo temporal.

Estos suelos, se caracterizan por ser moderadamente desarrollados, moderadamente profundos, el color varía desde pardo muy oscuro a negro, no presentan textura por ser de naturaleza orgánica, drenaje imperfecto, microtopografía plana a ondulada suave, con ligero riesgo o peligro de inundación, pendiente ligeramente inclinada, sin piedras en superficie, no presentan gravas en el perfil y erosión nula a moderada.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente a muy fuertemente ácido (pH: 4.00 – 4.70); la capa arable posee niveles altos de materia orgánica (MO: 11.74 – 20.21%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 2.8 – 4.6 ppm); nivel bajo a medio de potasio disponible (K: 66 – 129 ppm); libre a muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: <2 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); nivel muy bajo en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 3.62 – 6.17 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 1.80 – 3.20 me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 16 - 49%).

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo, drenaje y clima, lo cual determina la subclase de capacidad de uso mayor. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes propias del perfil edáfico de la unidad de suelo, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y fertilidad natural del suelo baja. Las limitaciones por drenaje están referidas a la presencia de una napa freática muy alta, en la superficie o muy cerca de esta, creando condiciones de hidromorfismo en el perfil del suelo. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas, fuertes precipitaciones y sequías propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos, sistemas de drenaje artificial, para evacuar el exceso de agua en el perfil y crear condiciones aeróbicas favorables para el crecimiento de la pastura, complementadas con medidas conservacionistas apropiadas para estos suelos con exceso de humedad, etc.

**Especies recomendables.** Se debería revegetar con especies nativas propias de estos ambientes eco-climáticos, que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo.

Xsec

Está constituida por tierras de protección, con limitaciones de suelo, erosión y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones).

Comprende una superficie de 1,480.96 hectáreas, que corresponde al 17.43% del área de estudio. Los suelos de este grupo de capacidad de uso mayor están constituidos por tierras de protección, con limitaciones de suelo, erosión y clima. Estas tierras no son aptas para cultivos agrícolas, actividad pecuaria o forestal; por lo tanto, pueden ser usados en otras actividades que impliquen beneficio colectivo o de interés social, pero con responsabilidad social y ambiental, tales como la recreación, protección de cuencas, actividad minera, entre otros.

Está conformada por parte de los suelos Encajón, San José, Cerro Negro, Capa Rosa, Quemado, La Quinua, La pajuela y Ciénega, el perfil típico es A/C, de suelos con escaso desarrollo genético. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, espeso, oscuro, bien estructurado y de baja saturación de bases; suelos muy superficiales a superficiales, el color del horizonte superficial es negro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso) a moderadamente fina (franco arcillo arenoso), drenaje algo excesivo a bueno, microtopografía microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, muy pedregosos, muy gravosos, guijarrosos y pedregosos en el perfil y erosión severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido (pH: 3.70 – 3.86); el horizonte de la superficie posee nivel alto de materia orgánica (MO: 13.32 – 13.83%); nivel alto de nitrógeno total (N: 0.63 - 0.66%); nivel bajo de fósforo disponible (P: 4.69 - 5.20 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 125.93 – 130.28 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.08 - 0.11 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos

( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 30.28 – 32.65 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 7.41 – 8.32 me/100g) y Saturación de Bases baja (SB: 15.03 – 18.14%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones de uso que presentan estas tierras son por suelo, erosión y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características edáficas limitantes, tales como: suelos muy superficiales, texturas moderadamente gruesas, drenaje excesivo, alto porcentaje de pedregosidad superficial, muy gravosos, gravillosos y pedregosos en el perfil, reacción muy fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por topografía – riesgo de erosión están referidas a la longitud, forma y sobre todo al grado de pendiente que influyen en la velocidad de la escorrentía superficial acelerando el proceso erosivo. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, nevadas, granizadas, fuertes precipitaciones y sequías propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras. Controlar el sobrepastoreo, construcción de acequias de infiltración en las laderas, para captar la mayor cantidad de agua en el perfil del suelo, etc.

**Especies recomendables.** De preferencia se debería trabajar con especies nativas propias de estos ecosistemas, siendo los géneros *Stipa* (ichu) y *Calamagrostis* una alternativa para la revegetación y de esa manera evitar el proceso erosivo.

#### XSWC

Está constituida por tierras de protección, con limitaciones de suelo, drenaje y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones).

Comprende una superficie de 70.19 hectáreas, que corresponde al 0.83% del área de estudio. Está conformada por los suelos Humedal Altoandino, el perfil típico es el tipo AC, el material parental de este suelo es de origen transportado, de naturaleza coluvio – aluvial, estos suelos se caracterizan por tener un epipedón úmbrico, muy humificado, con escaso desarrollo genético, son suelos muy superficiales a superficiales, con la napa freática muy cerca de la superficie. Estos suelos presentan un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isomésico.

Químicamente, estos suelos tienen un pH extremadamente ácido (3.80 - 4.40); el horizonte de superficie posee contenidos medios a altos de materia orgánica (MO: 2.82 - 12.46%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.14 – 0.61%); nivel medio de fósforo disponible (7.21 – 7.65 ppm); potasio disponible medio (P: 126.20 - 127.53 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.45 -0.69 dS/m); la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%); nivel alto en capacidad de intercambio catiónico (CIC: 19.33 - 30.39 me/100g); niveles tóxicos de aluminio (Al: 4.66 -7.71 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 16.97 - 28.64%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja.

**Limitaciones de uso.** Las principales limitaciones que presentan estas tierras son por suelo, drenaje y clima, lo cual determina la subclase de capacidad de uso mayor. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes propias del perfil edáfico de la unidad de suelo, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y fertilidad natural del suelo baja. Las limitaciones por drenaje están referidas a la presencia de una napa freática muy alta, en la superficie o muy cerca de esta, creando condiciones de hidromorfismo en el perfil del suelo. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas, fuertes precipitaciones y sequías propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos, sistemas de drenaje artificial, para evacuar el exceso de agua en el perfil y crear condiciones aeróbicas favorables para el crecimiento de los pastos naturales, complementadas con medidas conservacionistas apropiadas para estos suelos con exceso de humedad, etc.

**Especies recomendables.** Se debería revegetar con especies nativas propias de estos ambientes ecológicos, que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo.



P3sec (t)-Xsec

Comprende una superficie de 94.48 hectáreas, que representa el 1.11% del área total estudiada. Está constituida por tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, con limitaciones de suelo, erosión y clima (bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones). Requiere pastoreo temporal – Tierras de Protección, con limitaciones de suelo, erosión y clima.

Está conformada por parte de los suelos La Pajuela, Capa Rosa, Cavia y Canta, el perfil típico es A/B/C y A/C, de suelos moderadamente desarrollados. Se caracterizan por tener un epipedón úmbrico; son suelos superficiales a moderadamente profundos, el color es pardo grisáceo muy oscuro, textura moderadamente gruesa (franco arenoso), drenaje algo excesivo a bueno, microtopografía ondulada a microaccidentada, sin riesgo o peligro de inundación, pedregosos, gravosos en el perfil y erosión moderada a severa.

Químicamente estos suelos, tienen un pH extremadamente ácido a moderadamente ácido (pH: 4.45 -5.55); la capa arable posee nivel medio a alto de materia orgánica (MO: 2.93 – 8.99%); nivel medio a alto de nitrógeno total (N: 0.14 - 0.43%); nivel bajo a medio de fósforo disponible (P: 5.74 – 8.16 ppm); nivel medio de potasio disponible (K: 118.80 – 192.24 ppm); ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.05 - 0.06 dS/m); la Razón de Absorción de Sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes; sin carbonatos (CaCO<sub>3</sub>: 0.00%); nivel alto en Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC: 15.90 – 24.59 me/100g); sin problemas a niveles tóxicos de aluminio (Al: 0.77 – 4.47 me/100g) y saturación de bases baja (SB: 29.61 – 50.99%). Todas estas condiciones determinan que la fertilidad natural de estos suelos sea baja; no siendo aptas para actividades agrícolas, pudiendo utilizarse algunas unidades como pasturas naturales, otras unidades pequeñas para producción forestal y el resto como tierras de protección.

**Limitaciones de uso.** Tanto las tierras aptas para pastos, así como las tierras de protección, las principales limitaciones que presentan son por suelo, erosión y clima. Las limitaciones por suelo están referidas a las características limitantes intrínsecas del perfil edáfico, tales como: escasa profundidad efectiva, textura moderadamente gruesa, altos porcentajes de pedregosidad superficial, gravosos y pedregosos en el perfil, reacción fuertemente ácida y baja fertilidad natural del suelo. Las limitaciones por topografía – riesgo de erosión están referidas a la longitud, forma y sobre todo al grado de pendiente que influyen en la velocidad de la escorrentía superficial ocasionando más erosión. Las limitaciones por clima están referidas a bajas temperaturas, heladas, granizadas y fuertes precipitaciones propias de estas zonas de altitud.

**Lineamientos de uso y manejo.** El uso racional de estas tierras requiere de prácticas intensas de manejo y conservación de suelos con el fin de evitar su deterioro, para lo cual se debe contemplar un manejo racional de estas tierras, entre ellas: Controlar el sobrepastoreo para evitar la extinción de las especies palatables, rotación de potreros para facilitar la regeneración de la pastura, acequias de infiltración para captar el agua de lluvia y beneficiar a los pastos naturales, etc.

**Especies recomendables.** Se debería trabajar con especies que prosperen en estas condiciones limitantes de clima y suelo, por lo tanto, se debería revegetar de preferencia con especies nativas propias del lugar como las de los géneros Stipa (ichu) y Calamagrostis, para evitar la erosión de los suelos.

En la Tabla 3.2.4.2-3, *Área de los Grupos de Capacidad de Uso Mayor*, se muestra el consolidado de las áreas y porcentajes (en relación al área de estudio) de los grupos de capacidad de uso mayor. Nótese que el 63.93% del área de estudio corresponde a instalaciones mineras, diques, cursos y cuerpos de agua.

**Tabla 3.2.4.2-3 Área de los Grupos de Capacidad de Uso Mayor**

Símbolos	Área	
	Ha	%
<b>Consociaciones</b>		
F2sc	23.64	0.28
F3sec	209.41	2.46
P2sc (t)	236.63	2.78
P3sec (t)	916.69	10.79
P3swc (t)	34.11	0.40

Símbolos	Área	
	Ha	%
Xsec	1,480.96	17.43
Xswc	70.19	0.83
<b>Asociaciones</b>		
P3sec(t)-Xsec	94.48	1.11
<b>Otros</b>		
Instalaciones Mineras	5,402.25	63.59
Diques	14.18	0.17
Cursos y Cuerpos de agua (Ríos y Lagunas)	13.33	0.16
<b>Área Total</b>	<b>8,495.87</b>	<b>100.00</b>
<b>Fuente:</b> Stantec, 2019		

### 3.2.4.3 Uso Actual de la Tierra

La caracterización del Uso Actual de la Tierra se realizó mediante el análisis de imagen satelital de alta resolución, colectada el 04 de abril del 2019, complementándolo con la identificación de formaciones vegetales y los resultados del levantamiento de información en campo realizado por Stantec (2017) para la elaboración de la Línea Base de la I MEIA Yanacocha. Los usos de la tierra se clasificaron de acuerdo con el sistema de nueve categorías de la Unión Geográfica Internacional (UGI). Se adoptó esta clasificación debido a su carácter internacional y debido a que sus categorías básicas pueden ampliarse, en forma tal, que describan la variedad de usos de la tierra encontrados en el área de estudio.

Las nueve grandes categorías de la UGI van en orden descendente, de acuerdo con la intensidad de uso de la tierra y son las siguientes:

Terrenos urbanos y/o instalaciones gubernamentales y privadas:

- Centros poblados;
- Instalaciones de gobierno y/o privadas (carreteras, granjas, canales, establos, huacas);

Terrenos con hortalizas;

Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes;

Terrenos con cultivos extensivos (papa, maíz, trigo, cebada, camote, yuca, etc.);

Áreas de praderas mejoradas permanentes;

Áreas de praderas naturales;

Terrenos con bosques;

Terrenos hidromórficos: pantanos, ciénegas, bofedales;

Terrenos sin uso y/o improductivos:

- Tierras en barbecho (preparación o descanso temporal);
- Terrenos agrícolas sin uso (actualmente abandonados);
- Terrenos de litoral, cauce de río; y
- Áreas sin uso no clasificadas.



En la Tabla 3.2.4.3-1, *Unidades de Uso Actual de la Tierra*, se muestra la información obtenida de las categorías de uso de la tierra dentro del área de estudio, con sus respectivas unidades (ver Figura 3.2.4.4-4, *Mapa de Uso Actual de Suelos*).

**Tabla 3.2.4.3-1 Unidades de Uso Actual de la Tierra**

Unidades	Símbolo	Área	
		Ha	%
TERRENOS CON CULTIVOS			
Terrenos Agrícolas	TA	63.73	0.75
TERRENOS DE PRADERAS NATURALES			
Praderas Naturales	PN	843.57	9.92
Praderas Naturales - Terrenos con bosques	PN-TB	8.04	0.09
Terrenos con bosques	TB	161.34	1.90
TERRENOS DE PRADERAS MEJORADAS PERMANENTES			
Terrenos Revegetados sobre Áreas Intervenidas	TR-Ai	530.74	6.25
Terrenos Revegetados sobre Áreas No Intervenidas	TR-Ani	122.53	1.44
TERRENOS HIDROMÓRFICOS			
Terrenos Hidromórficos	TH	63.62	0.75
TIERRAS SIN USO Y/O IMPRODUCTIVOS			
Praderas Naturales - Terrenos sin uso y/o improductivos	PN-TI	206.42	2.43
Terrenos con Bosques - Terrenos sin uso y/o improductivos	TB-TI	83.00	0.98
Terrenos sin uso y/o improductivos	TI	1,513.73	17.82
OTROS			
Áreas Intervenidas	Ai	4,871.64	57.34
Diques	Dq	14.18	0.17
Cursos y cuerpos de agua (Ríos y lagunas)	Hdr	13.33	0.16
ÁREA TOTAL DEL PROYECTO		8,495.87	100.00
Fuente: Stantec, 2019			

### **Terrenos con Cultivos**

#### ***Terrenos Agrícolas***

Esta categoría de uso actual de la tierra comprende una extensión de 63.73 hectáreas, lo cual representa el 0.75% del área de estudio. En esta unidad de uso actual, se observa pequeñas parcelas de cultivos de pan llevar (TA: 100%), predominando la papa *Solanum tuberosum*, que sirve para consumo de las familias campesinas aledañas a la empresa minera. Estos cultivos agrícolas se encuentran ocupando terrenos de pendientes más suaves.

### **Terrenos de Praderas Naturales**

#### ***Praderas Naturales (PN)***

Esta categoría de uso actual de la tierra comprende una extensión de 843.57 hectáreas, lo cual representa el 9.92% del área de estudio. En esta unidad de uso actual, se observa una cobertura de pastos naturales (PN: 100%) en mal estado de desarrollo, predominando los géneros *Stipa*, *Eragrostis*, *Calamagrostis*, *Festuca*, etc., que sirven de pastos para el ganado de ovinos y vacunos criollos propios de estas zonas altoandinas. Estas pasturas naturales de jalca se encuentran ocupando laderas y faldas de cerros, de pendientes ligeramente inclinadas a empinadas.

### **Praderas Naturales-Terrenos con Bosques (PN-TB)**

Esta asociación de categorías de uso actual de la tierra comprende una extensión de 8.04 hectáreas, lo cual representa el 0.09% del área del proyecto. En esta unidad de uso actual, se observa una cobertura de pastos naturales (PN: 50%) en mal estado de desarrollo, predominando los géneros *Stipa*, *Eragrostis*, *Calamagrostis*, *Festuca*, etc., que sirven de pastos para el ganado de ovinos y vacunos criollos. Estas pasturas naturales se encuentran ocupando laderas y faldas de cerros, de pendientes moderadamente empinadas a empinadas; y terrenos con bosques sobre áreas no intervenidas (TB: 50%), en donde se observa una plantación de especies forestales, sobre todo coníferas y principalmente pinos, de las especies *Pinus radiata* y *Pinus pseudostrobus* de diferentes edades.

### **Terrenos con Bosques (TB)**

Estos terrenos de bosque de coníferas ocupan una superficie de 161.34 hectáreas, lo cual representa el 1.90% del área de estudio. Corresponde a las plantaciones forestales mayormente de Pinos localizados en su mayor extensión en la zona de Cerro Negro, y en menor extensión en la parte superior de la represa El Tinte y al norte y noroeste del Pad La Quinua, en los cuales destacan el *Pinus radiata*, *Pinus patula*, *Pinus michoacana*, *Pinus pseudostrobus*, etc. y en menor extensión existen también plantaciones de cipreses, de diferentes edades y portes variables.

### **Terrenos de Praderas Mejoradas Permanentes**

#### **Terrenos Revegetados sobre Áreas Intervenidas (TR-Ai)**

Estos terrenos Revegetados sobre Áreas Intervenidas ocupan una superficie de 530.74 hectáreas, lo cual representa el 6.25% del área de estudio. En estos terrenos se incluye el Depósito de desmonte La Quinua, la cual constituye un área intervenida, actualmente cerrada y revegetada, por una mezcla de variedades mejoradas con especies nativas propias de este ecosistema altoandino.

#### **Terrenos Revegetados sobre Áreas No Intervenidas (TR-Ani)**

Estos terrenos Revegetados sobre Áreas No Intervenidas ocupan una superficie de 122.53 hectáreas, lo cual representa el 1.44% del área de estudio. Estos terrenos están constituidos por aquellas praderas naturales revegetadas, por una mezcla de variedades mejoradas con especies nativas propias de este ecosistema altoandino.

### **Terrenos Hidromórficos**

#### **Terrenos Hidromórficos (TH)**

Estos terrenos hidromórficos se encuentran ocupando una superficie de 63.62 hectáreas, lo cual representa el 0.75% del área total del proyecto. Estas tierras se encuentran representadas por pequeñas unidades de bofedales localizados en toda la zona de estudio, caracterizados por presentar suelos hidromórficos, de drenaje imperfecto a pobre, con la capa freática en la superficie o muy cerca de la superficie; ocupados por una escasa cobertura de pastos naturales en mal estado de desarrollo, principalmente vegetación herbácea achaparrada, arrosada y muy pequeña, de porte herbáceo-cespitoso, con moderado grado de cobertura y adaptada a condiciones de ambientes húmedos, de carácter permanente o temporal, generalmente en áreas de relieve plano a suave en las cuales por las características propias de estos suelos se concentra el agua de escorrentía y afloran las aguas subterráneas locales. Las especies más representativas son *Lachemilla pinnata*, distintas especies de los géneros *Werneria* y *Plantago*, así como también, gramíneas de los géneros *Deyeuxia* (antes *Calamagrostis*), *Poa* o *Aciachne*. Asimismo, hay especies sumergidas como *Lilaeopsis macloviana*, entre otras.

### **Terrenos sin uso y/o Improductivos**

#### **Praderas Naturales-Terrenos sin uso y/o Improductivos (PN-TI)**

Esta asociación de las categorías praderas naturales y terrenos sin uso y/o improductivos ocupan una superficie de 206.42 hectáreas, lo cual representa el 2.43% del área del proyecto. Estas tierras están constituidas por praderas naturales (PN: 50%) en mal estado de desarrollo, predominando las gramíneas, de los géneros *Stypa*, *Eragrostis*, *Calamagrostis*, *Festuca*, etc., y terrenos sin uso o improductivos (TI: 50%) constituidos por laderas desérticas, cerros y afloramientos rocosos, con pequeñas quebradas y cárcavas producto de la erosión severa y pendientes desde moderadamente empinada a muy empinada.

#### **Terrenos con Bosques-Terrenos sin uso y/o Improductivos (TB-TI)**

Esta asociación de terrenos con bosques y terrenos sin uso y/o improductivos ocupan una extensión de 83.00 hectáreas, lo cual representa el 0.98% del área del proyecto. Están constituidos por plantaciones forestales mayormente de Pinos, en los cuales destacan el *Pinus radiata*, *Pinus patula*, *Pinus michoacana*, *Pinus pseudostrobus*, etc., y en menor extensión existe también plantaciones de cipreses, de diferentes edades y portes variables; y terrenos sin uso o improductivos, constituidos por laderas desérticas y cerros con afloramientos rocosos y cárcavas profundas que dominan la unidad. Con pendientes empinadas, muy empinadas y extremadamente empinadas, sin cobertura vegetal o con muy escasa, debido a las condiciones climáticas y edáficas limitantes, estas tierras están expuestas a procesos permanentes de erosión severa, como consecuencia de las fuertes precipitaciones, ocurridas durante el periodo de lluvias en la zona.

#### **Terrenos sin uso y/o Improductivos (TI)**

Estos terrenos improductivos ocupan una superficie de 1,513.73 hectáreas, lo cual representa el 17.82% del área del proyecto. Estas tierras se encuentran ocupando laderas desérticas y cerros con afloramientos rocosos y cárcavas profundas que dominan la unidad. Con pendientes empinadas, muy empinadas y extremadamente empinadas, sin cobertura vegetal o con muy escasa, debido a las condiciones climáticas y edáficas limitantes, estas tierras están expuestas a procesos permanentes de erosión severa, como consecuencia de las fuertes precipitaciones, ocurridas durante el periodo de lluvias en la zona.

#### **Áreas intervenidas (instalación privada) (Ai)**

Esta categoría de uso actual de la tierra comprende una extensión de 4,871.64 hectáreas lo cual representa el 57.34% del área de estudio. Esta unidad de uso actual está constituida por los campamentos mineros, depósitos de desmonte, topsoil, spoil, pozas de sedimentación, relleno sanitario, tajos, la represa El Tinte, reservorio San José, estacionamientos, accesos, etc.

#### **Diques**

Esta categoría de uso actual de la tierra comprende una extensión de 14.18 hectáreas lo cual representa el 0.17% del área de estudio. Esta unidad de uso actual está constituida por el espejo de agua formado por la presa de los diques.

#### **Cursos y cuerpos de agua (Ríos y lagunas) (Hdr)**

Esta categoría de uso actual de la tierra comprende una extensión de 13.33 hectáreas, lo cual representa el 0.16% del área del proyecto. Corresponde a los depósitos naturales de agua, en las vertientes de montañas; entre las principales lagunas tenemos: las cinco lagunas de Maquí Maquí.

### **3.2.4.4 Conclusiones**

Con base a la caracterización de este componente suelos (unidades cartográficas, capacidad de uso mayor, uso actual de la tierra) se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En el área de estudio de la II MEIA Yanacocha se han identificado las Consociaciones Cavia, Chaquicocha, Ciénega, Cerro Negro, Capa Rosa, Canta, Cushuro, Encajón, Humedal Altoandino, La Pajuela, La Quinua, Maqui Maqui, Pinos, Pampa Larga, Quemado, San José y El Tinte; así mismo se han identificado las asociaciones Ciénega – Misceláneo Roca, Cerro Negro – Misceláneo Roca, Canta – Misceláneo Roca, Pampa Larga- San José y Pampa Larga – Chaquicocha.
- La mayor parte del área del estudio (63.59%) ya se encuentra intervenida por operaciones mineras de Yanacocha.
- De acuerdo a la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso Mayor, en el área de estudio se han identificado los siguientes grupos, clases y subclases de capacidad de uso: Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad agrológica media, limitaciones por suelo y clima; Tierras aptas para Producción Forestal, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, erosión y clima; Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica media y limitaciones de suelo y clima, pastoreo temporal; Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja y limitaciones de suelo, erosión y clima, pastoreo temporal; Tierras aptas para pastos, de calidad agrológica baja, limitaciones por suelo, drenaje y clima, pastoreo temporal; Tierras de protección, con limitaciones de suelo, erosión y clima; tierras de protección, con limitaciones suelo, drenaje y clima.
- De acuerdo al Uso Actual de la Tierra, se han identificado las siguientes categorías de uso actual en el área de estudio: Terrenos Agrícolas, Praderas Naturales, Praderas Naturales-Terrenos con Bosques y Terrenos con Bosques, Terrenos Revegetados sobre Áreas Intervenidas, Terrenos Revegetados sobre Áreas No Intervenidas, Terrenos Hidromórficos, Praderas naturales-Terrenos sin uso y/o improductivos, Terrenos con Bosques-Terrenos sin uso y/o improductivos, Terrenos sin uso y/o improductivos, Áreas intervenidas, diques, cursos y cuerpos de agua (ríos y lagunas).
- El material parental de los suelos de la Unidad Minera Yanacocha es de dos tipos: residual, con dos subtipos: mineral y orgánico, y transportado, con los subtipos: coluvial, coluvio-aluvial y fluvio-glaciario.
- Los materiales originales de los suelos presentan rangos texturales francos, los cuales se clasifican en:
  - Textura moderadamente gruesa (franco arenoso), los cuales son suelos moderadamente ligeros con cierta plasticidad y baja dureza.
  - Textura media (franca), estos suelos son ligeros con poca plasticidad y dureza.
- El horizonte superficial de las calicatas analizadas presenta un color en húmedo bastante variable, el cual oscila desde negro (10YR2/1), pardo muy oscuro (10YR2/2), pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2), hasta pardo oscuro (10YR3/3), debido a la presencia de la materia orgánica y a la naturaleza del material parental de la zona de estudio.
- Los valores de pH encontrados en las diferentes calicatas leídas están entre extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, estos valores de pH se deben a las condiciones naturales de la zona de estudio, que están directamente relacionados con la litología.
- El aluminio cambiante es alto (Al: >1 me/100g), el cual es tóxico para la mayoría de las especies cultivadas; este alto nivel de aluminio se debe principalmente a la naturaleza geológica de la zona.
- Los niveles de materia orgánica en los suelos estudiados son variables, de medios a altos; la materia orgánica al unirse con la arcilla genera complejos estables, lo cual facilita la agregación y estabilidad estructural de estos suelos.
- Los niveles de fósforo disponible en la zona de estudio son bajos en la mayoría de los perfiles leídos (P< 7ppm).
- El potasio disponible en la mayoría de los suelos estudiados es bajo (<100 ppm) y eventualmente presentan niveles medios (100 – 240 ppm).

- La saturación de bases es baja (SB: <50.00%) y muy esporádicamente presentan una alta saturación de bases (>50%).
- La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), que es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes; en el área del estudio integrado de Yanacocha, los valores encontrados son medios a altos (CIC: 12.000 a más de 14 me/100g).
- Son suelos libres a muy ligeramente afectados por sales y sodio; la razón de absorción de sodio (RAS) es baja por lo tanto no afecta la disponibilidad de nutrientes.
- Estos suelos, en todos los perfiles leídos no presentan carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ : 0.00%).
- De acuerdo con estas características, estos suelos son de fertilidad baja.

### 3.2.5 Calidad de Aire, Suelo, Agua y Ruido Ambiental

#### 3.2.5.1 Calidad de Aire

La presente sección tiene el objetivo de caracterizar y describir las condiciones de línea base de calidad de aire para la II MEIA, su desarrollo considera lo establecido en los Términos de Referencia (TdR) comunes para los Estudios de Impacto Ambiental Detallados (Categoría III) de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General Mineros Metálicos a nivel de Factibilidad, publicados mediante R.M. N° 116-2015-MEM/DM.

En tal sentido, la presente sección identifica si el Proyecto propuesto se ubica dentro de una zona de atención prioritaria (definida en el D.S. N° 074-2001-PCM y Resolución Ministerial N° 339-2012-MINAM), describe la metodología empleada, los parámetros evaluados y la frecuencia de evaluación. Asimismo, identifica los factores que potencialmente tienen incidencia sobre la calidad del aire, sustenta la red de muestreo empleada, presenta los resultados y concluye sobre ellos a la luz de los factores identificados.

#### Antecedentes de Calidad de Aire

##### **Identificación del Proyecto en la Zona de Atención Prioritaria**

En base a lo establecido en el artículo 20° del D.S. N° 074-2001-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, se define como Zona de Atención Prioritaria "... aquella que cuente con centros poblados o poblaciones mayores a 250,000 habitantes o una densidad poblacional por hectárea que justifiquen su atención prioritaria o con presencia de actividades socioeconómicas con influencia significativa sobre la calidad del aire". Tal decreto supremo identificó inicialmente como zonas de atención prioritaria a las siguientes ciudades: Arequipa, Chiclayo, Chimbote, Cusco, Huancayo, Ilo, Iquitos, La Oroya, Lima-Callao, Pisco, Piura, Trujillo y Pasco.

Asimismo, en marco a lo establecido en la R.M. N° 339-2012-MINAM, ratificó a las ciudades mencionadas líneas arriba como zonas de atención prioritaria y agregó 18 nuevas zonas de atención prioritaria. Dentro de estas nuevas zonas de atención prioritaria se encuentra el ámbito geográfico de la cuenca atmosférica de la provincia de Cajamarca. De acuerdo con la delimitación de la cuenca atmosférica de Cajamarca, realizada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el proyecto no se encuentra, dentro de tal cuenca atmosférica, siendo esta la zona de atención prioritaria más cercana al proyecto. En tal sentido, el proyecto no se encuentra dentro de zona de atención prioritaria alguna.

La extensión de la zona de atención prioritaria correspondiente a la cuenca atmosférica de Cajamarca se presenta en la Figura 3.2.5.1-1, *Cuenca Atmosférica de la ciudad de Cajamarca*. Tal como se puede apreciar en esta figura, el proyecto se encuentra completamente fuera de tal zona de atención en concordancia a lo establecido en el D. S. N° 074-2001-PCM y R. M. N° 339-2012-MINAM.

##### **Factores que Alteran la Calidad de Aire**

Es importante resaltar, que existen factores externos que influyeron en la calidad de aire, entre las que podemos citar la existencia de vías de acceso cercanas a las estaciones de muestreo y que asociadas a la velocidad del viento influyen en el incremento del material particulado. Asimismo, se ha empleado como sustento para los incrementos de material particulado las condiciones de sequía inusual

reportadas en la región Cajamarca durante el año 2016, lo que fue registrado como parte de los informes del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control ejecutado por MYSRL.

### **Red de Muestreo de Calidad de Aire**

#### **Sustento de la Red de Muestreo**

La red de estaciones de muestreo empleada se sustenta en dos pilares, el primero de estos reside en la validación y aprobación de la red de estaciones de muestreo emitida por la autoridad competente, para realizar un seguimiento de las condiciones de calidad de aire en el entorno del Proyecto.

El segundo pilar radica en el objetivo de caracterizar un ámbito mayor con el fin de cubrir áreas con potenciales receptores específicos colindantes a la Unidad Minera Yanacocha de tal manera que se genere información que complemente la ya disponible. La combinación de estas estaciones de muestreo genera una red de caracterización representativa espacialmente de las condiciones del área del Proyecto de acuerdo con el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de los Datos (DIGESA, 2005).

#### **Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire**

Para caracterizar las condiciones de línea base y actuales de calidad de aire se utilizaron los registros de las mediciones correspondiente al Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control, vigente y ejecutado por MYSRL hasta el año 2018; y la información disponible de la línea base ambiental proveniente de la I MEIA Yanacocha, recientemente aprobado en marzo del 2019 (R.D. 00049-2019-SENACE-PE/DEAR), que recoge información en doce (12) estaciones, en un evento de muestreo realizado el año 2017, con la finalidad de cubrir áreas con potenciales receptores específicos colindantes a la Unidad Minera Yanacocha y se desarrolló de manera participativa con el acompañamiento de los pobladores y/o autoridades locales. Cabe precisar que dicho muestreo se realizó en época seca debido a una mayor dispersión de material particulado favorecido por la velocidad del viento y la falta de agua de lluvia, en comparación a la época húmeda.

En la Tabla 3.2.5.1-1 *Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire*, se muestra el listado de las estaciones a ser consideradas para la caracterización de la línea base de la II MEIA Yanacocha, mientras su distribución espacial se muestra en la Figura 3.2.5.1-2, *Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire*.

Cabe aclarar que el periodo de registro de la información utilizada para la caracterización de la línea base ambiental, se basa en el siguiente sustento legal:

- **Sustento Legal 1:** "...La información de Línea Base debe tener un carácter eminentemente cuantitativo y sustentarse preferentemente en fuentes de información primarias, que permita la adecuada y representativa caracterización de los efectos de las distintas variaciones estacionales, considerando la época seca y lluviosa, aun cuando para la evaluación integral del punto de referencia, pueden utilizarse fuentes secundarias y cualitativas..." (Artículo 40° - D.S. N° 040-2014-EM).
- **Sustento Legal 2:** "...la ejecución y elaboración de la línea base, deberá de ser con información primaria y secundaria (justificada) y comprender el tiempo mínimo de 01 año y los periodos de lluvia y de estiaje de la zona del Proyecto, con el fin de que la información sea representativa..." (Sección Línea Base – TdR Comunes para Estudios de Impacto Ambiental Detallados de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General a Nivel de Factibilidad, R.M. N° 116-2015-MEM-DM).
- **Sustento Legal 3:** "...Se indicará el inicio de la toma de información de inventario, evaluación y diagnóstico de los diversos recursos naturales y/o factores ambientales y sociales del área de estudio que conformará la información de la línea base del proyecto. Este periodo de tiempo deberá abarcar como mínimo dos (02) épocas: estiaje y lluvia (húmeda), en función de la magnitud y diversidad biológica del área del Proyecto..." (Sección Descripción de la Etapa de Levantamiento de Información – TdR Comunes para Estudios de Impacto Ambiental Detallados de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General a Nivel de Factibilidad, R.M. N° 116-2015-MEM-DM).

En ese contexto, considerando el criterio de evaluación más conservador de abarcar como mínimo dos épocas de estiaje y lluvia (Sustento Legal 3) y de acuerdo a lo descrito en la Tabla 3.2.5.1-1, *Estaciones*



de Muestreo de Calidad de Aire, se concluye que el periodo de registro de información utilizada para la caracterización de la calidad del aire en el área del Proyecto es adecuada, consistente y representativa y por ende refleja una tendencia congruente asociada a la estacionalidad cumpliendo con lo establecido.

**Tabla 3.2.5.1-1 Estaciones de Muestreo de Calidad de Aire**

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Parámetros	Periodo de Registro
		Este	Norte			
Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control - MYSRL <sup>1</sup>						
Km24	Ubicada en las oficinas administrativas del Km24 (aprox. Km 24.5 de la carretera Cajamarca – Bambamarca) cerca de la garita de ingreso.	765313	9220184	3,627	Partículas Menores a 10 micras (PM <sub>10</sub> ), metales (Pb, As) se metales (Pb, As) se muestrean cada 6 días  Partículas Menores a 2.5 micras (PM <sub>2.5</sub> ) y Gases (SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , Hg, O <sub>3</sub> y CO), y benceno se muestrean trimestralmente	Primer trimestre 2012 al Cuarto trimestre del 2018
La Quinua (CALQ) <sup>4</sup>	Ubicado al lado de la estructura de control de sedimentos denominado Serpentin 1 de La Quinua.	770907	9228139	3,600		
Maqui Maqui (CAMQM2)	Ubicada en dirección este de las pilas de lixiviación Maqui Maqui, a Barlovento de los Componentes del SYE.	780507	9228923	4,112		
Quishuar (CAQC) <sup>2</sup>	Ubicada al sureste del tajo la Quinua, a sotavento de todos los componentes del SYE (margen izquierdo de quebrada Encajón)	772809	9223558	3,564		
Quishuar Corral (CAQHSR) <sup>3</sup>	Ubicado en el reservorio Quishuar de La Quinua. En dirección sur este del tajo La Quinua.	772526	9224629	3,243		
Granja Porcón (LCAGP)	Ubicada al sur oeste del tajo oeste de Cerro Negro	761106	9222658	3,277	Partículas Menores a 10 y 2.5 micras (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> ), Gases (SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , Hg, O <sub>3</sub> y CO), metales (Pb y As) y benceno se muestrean trimestralmente	Primer trimestre 2013 al Cuarto trimestre del 2018
Línea Base MEIA Yanacocha (Stantec, 2019)						
GRPO-A01	Ubicado en la Granja Porcón	761106	9222650	3,253	Partículas Menores a 10 y 2.5 micras (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> ) y Gases (SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NO <sub>2</sub> , Hg, O <sub>3</sub> y CO), metales (Pb y As) y benceno	28/09/2017
SHIL-A02	Ubicado en el sector La Pajuela	770976	9229219	3,627		16/09/2017
APAL-A03	Ubicado en el sector La Quinua	772730	9232102	3,717		29/09/2017
CUSH-A04	Ubicado en el caserío Cushurubamba	778346	9233830	3,882		18/09/2017
PBCO-A05	Ubicado en el caserío Pabellón de Combayo	782869	9226824	3,772		03/10/2017
PRCO-A06	Ubicado en el caserío Porvenir de Combayo	782864	9224648	3,617		25/09/2017
BELL-A07	Ubicado en el caserío Bellavista alta	783981	9223586	3,562		27/10/2017
QCOR-A09	Ubicado en el caserío Quishuar Corral	771858	9223091	3,458		26/09/2017
TUAL-A11	Ubicado en el caserío Tual	770030	9218322	3,450		04/10/2017
CARH-A12	Ubicado en el caserío Carhuaquero	777336	9219430	3,500		19/09/2017
TREST-A13	Ubicado en el caserío Tres Tingos	779586	9222689	3,637		22/09/2017



Código	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Parámetros	Periodo de Registro
		Este	Norte			
Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control - MYSRL <sup>1</sup>						
PRCA-A14	Ubicado en el caserío Porcón Alto	765477	9217461	3,510		20/09/2017
<b>Nota:</b> <sup>1</sup> Programa de monitoreo vigente hasta antes de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (marzo 2019). <sup>2</sup> La estación CAQC reemplaza a la estación CAQHRS, la cual ha sido reubicado según la RD N° 361-2016-MEM-DGAAM. <sup>3</sup> Se ha continuado con el monitoreo en la estación CAQHRS ya que por temas sociales no ha sido posible realizar el monitoreo en la estación reubicada (CAQC). <sup>4</sup> El periodo de registro en esta estación se presenta hasta el tercer semestre del 2018 ya que la estación CALQ dejó de funcionar el 27/09/2018 a causa de la sustracción de cables de cobre por personas no identificadas.						

### Metodología

Para el análisis y presentación de la información recabada en las estaciones de muestreo de seguimiento y control, se ha actualizado la base de datos generada en Excel considerando la información consignada en los informes de monitoreo trimestrales cursados a la autoridad competente durante el 2018 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.5, Cargos de Informes de Monitoreo*).

Todos los datos reportados han sido consolidados en los formatos correspondientes, registrando la fecha y hora de monitoreo. En ese sentido, es importante resaltar que las mediciones de los parámetros PM<sub>10</sub>, metales (Pb, As) se muestrean cada 6 días en las estaciones Km24, La Quinua, Maqui Maqui, Quishuar Corral y para los parámetros PM<sub>2.5</sub>, gases (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, Hg, O<sub>3</sub> y CO) y benceno se muestrean trimestralmente en todas las estaciones. Esta información se sustenta en el ítem 8 del Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de Datos aprobado según R.D. N° 1404-2005/DIGESA/SA, la cual menciona textualmente que "...para establecer valores medios anuales se recomienda muestreos individuales con una frecuencia de 1 a 2 veces por semana, dependiendo de las concentraciones y variando el día de la semana (ejemplo: tomar muestreos cada seis días), de manera que se tomen muestras de todos los días de la semana, de acuerdo a los objetivos del programa. Se recomienda que para los periodos de muestreo que midan concentraciones promedio de 24 horas, se realice el monitoreo anual para determinar las variaciones estacionales...".

Para los análisis estadísticos realizados y la elaboración de gráficos, los datos con concentraciones por debajo del correspondiente límite de detección (LD), se han convertido a un valor entero igual a la mitad del valor del límite de detección, considerando las recomendaciones de la Guía de manejo de datos de concentraciones químicas cercanas a los límites de detección en evaluaciones de riesgos (USEPA, 1991). La presentación de los datos se ha hecho usando gráficos de dispersión y barras, para el caso de los parámetros monitoreados con mayor frecuencia (cada 6 días), se han trabajado gráficos de dispersión para cada estación, mientras que para los parámetros monitoreadas trimestralmente se ha considerado un solo gráfico considerando todas las estaciones del programa de Monitoreo de seguimiento y control de Yanacocha. Los gráficos de barras se han usado para presentar los resultados del monitoreo de línea base.

### Lineamientos sobre Calidad de Aire

Para la evaluación de la calidad de aire, se ha tenido como referencia los Estándares de Calidad de Aire (ECA) establecidos por el D.S. N° 003-2008-MINAM y el D.S. N° 003-2017-MINAM "Aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aire y establecen Disposiciones Complementarias", éste último es aplicable a partir del 8 de junio del 2017 y para el parámetro Arsénico (As) de 6 µg/m<sup>3</sup> (concentración media aritmética diaria), los valores fueron comparados con lo establecido en la R.M. N° 315-96-EM/VMM "Niveles Máximos Permisibles de Emisiones de Gases y Partículas para las Actividades Minero-Metalúrgicas", ya que la legislación nacional no cuenta con el estándar para este parámetro. Asimismo, en relación con el parámetro PM<sub>10</sub>, se consideró la aplicación del D.S. N° 074-2001 para la evaluación de información correspondiente al periodo anterior a junio del 2017, debido a que este parámetro no está incluido en el D.S. N° 003-2008-MINAM.

La Tabla 3.2.5.1-2, *Estándares de Calidad de Aire*, presenta los lineamientos exigibles de calidad de aire considerados para el análisis de los resultados del muestreo.

Tabla 3.2.5.1-2 Estándares de Calidad de Aire

Parámetro		Periodo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
		1 hora	8 horas	24-horas	Promedio Mensual	Promedio Anual
Material Particulado	PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>			100 <sup>5</sup>		50 <sup>7</sup>
	PM <sub>2.5</sub> <sup>1</sup>			50 <sup>5</sup>		25 <sup>7</sup>
Metales en PM	Pb en PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>				1.5 <sup>4</sup>	0.5 <sup>8</sup>
	As en PM <sub>10</sub> <sup>2</sup>			6 <sup>7</sup>		
Gases	SO <sub>2</sub> <sup>1</sup>			250 <sup>5</sup>		
	CO <sup>1</sup>	30,000 <sup>3</sup>	10,000 <sup>7</sup>			
	NO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	200 <sup>6</sup>				100 <sup>7</sup>
	O <sub>3</sub> <sup>1</sup>		100 <sup>6</sup>			
	H <sub>2</sub> S <sup>1</sup>			150 <sup>7</sup>		
	Hg <sup>1</sup>			2 <sup>9</sup>		
	Benceno <sup>1</sup>					2 <sup>7</sup>
<b>Nota:</b> <sup>1</sup> Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM (2017). <sup>2</sup> R.M. N° 315-96-EM/VMM. <sup>3</sup> No debe exceder más de 1 vez por año. <sup>4</sup> No debe exceder más de 4 veces al año. <sup>5</sup> No debe exceder más de 7 veces al año. <sup>6</sup> No debe exceder más de 24 veces por año. <sup>7</sup> Media aritmética. <sup>8</sup> Promedio aritmético de los valores mensuales. <sup>9</sup> No debe exceder.						

Cabe resaltar que el parámetro Mercurio Gaseoso (Hg) ha sido monitoreado y reportado desde el Tercer Trimestre del 2017 considerando el D.S. N° 003-2017-MINAM, el cual es aplicable a partir del 8 de junio del 2017.

### **Evaluación de Resultados**

Los resultados de las estaciones de muestreo de calidad de aire se presentan gráficamente para todos los registros provenientes de las estaciones del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control (2012-2018), y las disponibles de la línea base ambiental de la I MEIA Yanacocha (Set-Oct 2017). Estos resultados son comparados con los estándares descritos en la Tabla 3.2.5.1-2, *Estándares de Calidad de Aire*.

Cabe indicar que los informes emitidos por el laboratorio SGS correspondiente al muestreo realizado en las estaciones de línea base de la I MEIA Yanacocha, entre Setiembre y Octubre de 2017, se presentan en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.1, Informe de Monitoreo de Calidad de Aire, Ruido y Vibraciones*; mientras que los informes de monitoreo correspondientes al muestreo de las estaciones del programa de Monitoreo de Seguimiento y Control, correspondientes al periodo 2012 – 2018, ya han sido presentados a la autoridad respectiva de acuerdo a los plazos establecidos en el Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control aprobado para MYSRL, y los cargos correspondientes se muestran en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.5, Cargos de Informes de Monitoreo*.

La evaluación de los resultados de monitoreo se realizará por cada uno de los parámetro citados en la Tabla 3.2.5.1-2, *Estándares de Calidad de Aire*, describiendo en primera instancia para cada uno de ellos, los resultados obtenidos en las estaciones provenientes del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control, que cuenta con registros para el periodo 2012-2018, para finalmente complementar la evaluación con la descripción de los resultados obtenidos en las estaciones de línea base ambiental de la I MEIA Yanacocha (Set-Oct 2017).

#### **Material Particulado**

##### **• PM<sub>10</sub>**

La evaluación de material particulado PM<sub>10</sub> considera lo establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último aplicable a partir del 8 de junio del 2017, en base a ello, se muestra dos escenarios, los cuales se describen a continuación:

- El primer escenario, donde el ECA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tiene una vigencia hasta el 7 de junio del 2017
- El segundo escenario, donde el ECA es vigente desde el 8 de junio de 2017 es de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  obtenidas en la estación La Quinua, durante el periodo 2012 - 2018 se detallan a continuación:

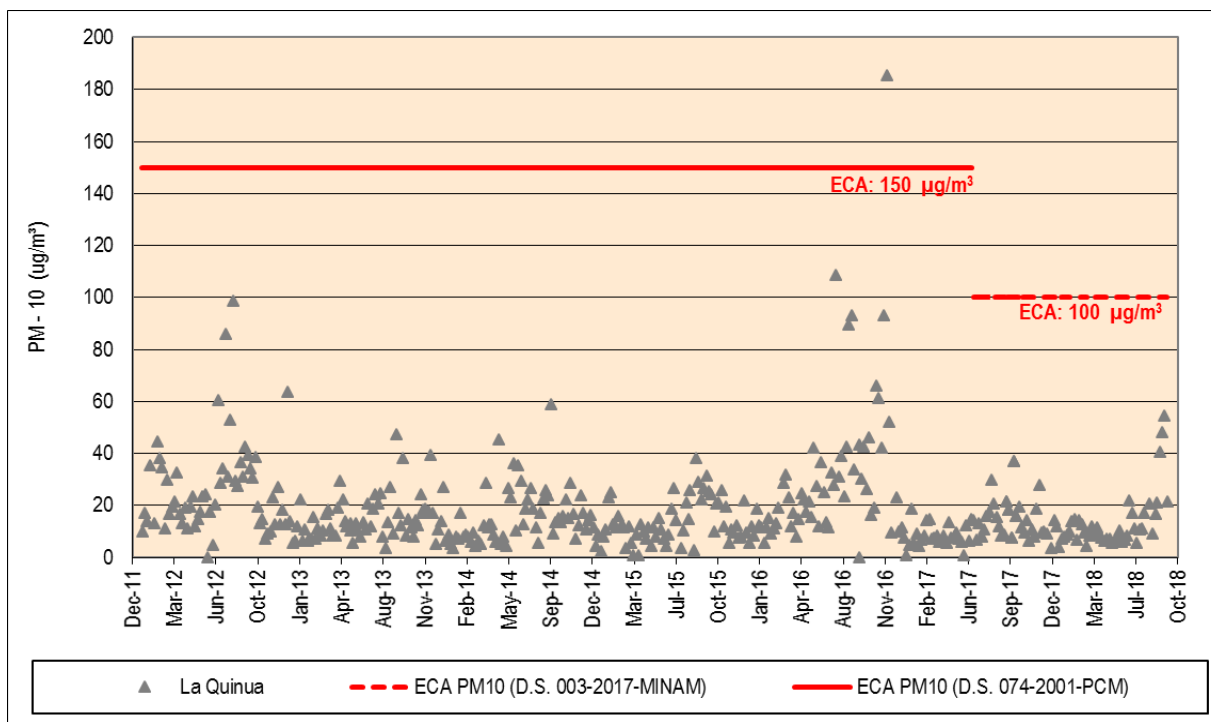
En el primer escenario, donde el ECA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tiene una vigencia hasta el 7 de junio del 2017, los registros detectables fluctuaron entre  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (agosto 2015) y  $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (noviembre 2016), observándose un único excedente, que supera en 20% al lineamiento establecido por el ECA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Este resultado fue puntual y se asocia con las condiciones de generación de polvo que fueron agudizadas por condiciones de sequía inusual en la región de Cajamarca en el año de 2016, estas condiciones fueron reflejadas en todas las estaciones cercanas a las operaciones mineras. Sin embargo, es importante señalar que esto no se traduce como condiciones de excedencia del estándar, ya que no supera más de siete veces al año contempladas en el ECA de  $\text{PM}_{10}$  en 24 horas.

En el segundo escenario, donde el ECA vigente desde el 8 de junio de 2017 es de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , los valores registrados a partir de ese periodo variaron entre  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (junio 2017) y  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (setiembre 2017), encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido por el ECA.

El 99.76% de los valores reportados en esta estación, para el periodo 2012 - 2018, cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental. Los resultados de  $\text{PM}_{10}$  se presentan en el Gráfico 3.2.5.1-1, *Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación La Quinua*.

**Gráfico 3.2.5.1-1 Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación La Quinua**



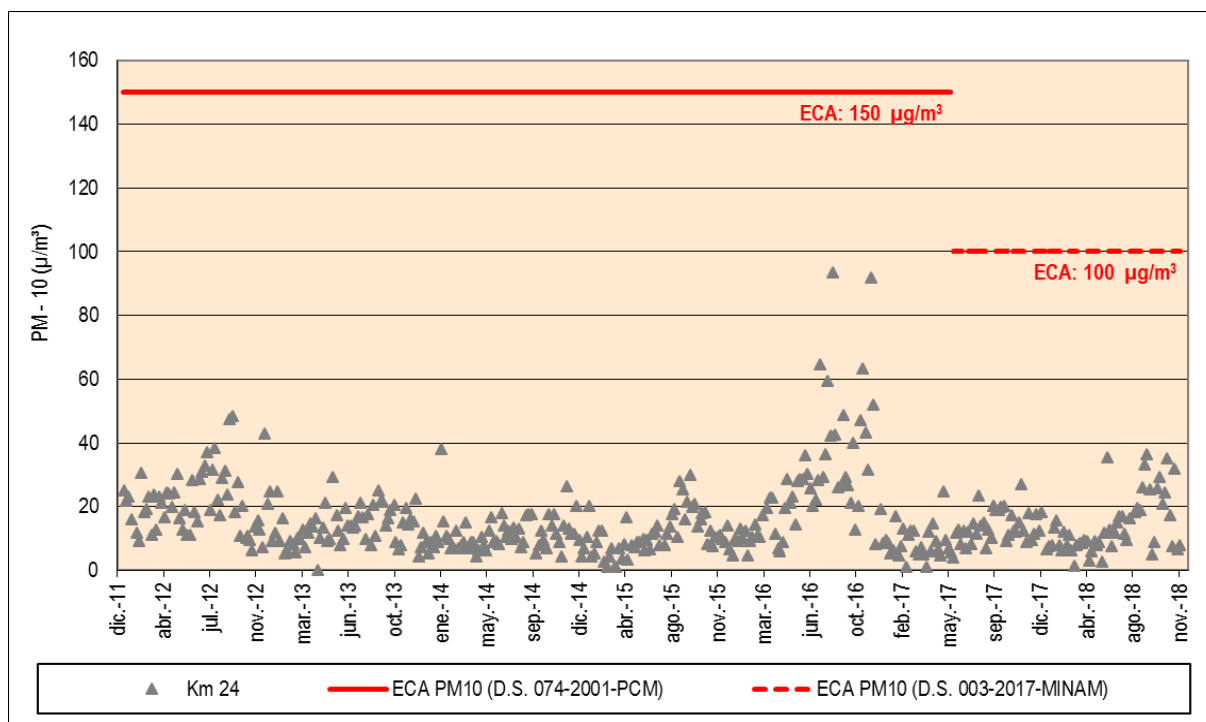
Las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  obtenidas en la estación Km24, durante el periodo 2012 - 2018 se detallan a continuación:

En el primer escenario, considerando el D.S. N° 074-2001-PCM, donde el ECA de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  está vigente hasta el 7 de junio del 2017, los registros detectables fluctuaron entre  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (febrero 2015) y  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (agosto 2016), encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido.

En el segundo escenario, considerando el D.S. N° 003-2017-MINAM, donde el ECA ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es vigente a partir del 8 de junio de 2017, los valores registrados variaron entre  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (junio 2017) y  $23.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (agosto 2017), encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido por la norma.

El 100% de los valores reportados en esta estación, para el periodo 2012 - 2018, cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental. Los resultados de  $\text{PM}_{10}$  se presentan en el Gráfico 3.2.5.1-2, *Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación Km24*.

**Gráfico 3.2.5.1-2 Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación Km24**

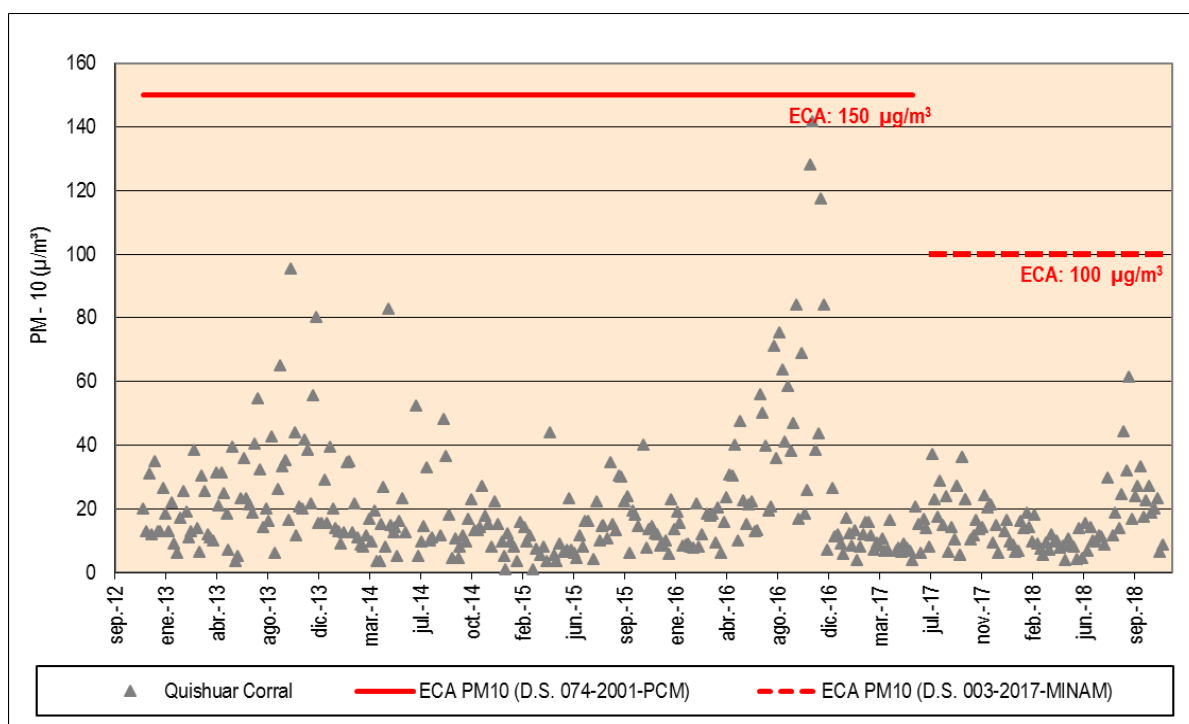


Las concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  obtenidas en la estación Quishuar Corral (CAQHSR), durante el periodo 2012 - 2018 se detallan a continuación:

Cabe indicar que la estación CAQHSR fue reubicada y reemplazada por la estación CAQHSR, aprobado mediante la R.D. N° 361-2016-MEM-DGAAM; sin embargo, debido a algunos inconvenientes con los propietarios, reportados a la fecha, no se registra aún información en esta estación, por lo que se continúa realizando mediciones en la estación anterior CAQHSR. Esto ya ha sido reportado en los informes de monitoreo presentados a la autoridad, ver cargos de entrega adjuntos en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.5, Cargos de Informes de Monitoreo*. Igualmente, esta situación ya ha sido regularizada en el Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de la I MEIA Yanacocha aprobado con la R.D. 00049-2019-SENACE-PE/DEAR.

Del Gráfico 3.2.5.1-3, *Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación Quishuar Corral*, se tiene que el primer escenario, considerando el D.S. N° 074-2001-PCM, donde el ECA ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tiene vigencia hasta el 7 de junio del 2017, los registros detectables fluctuaron entre los  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  reportados en varias fechas y  $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor correspondiente a noviembre de 2016, encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido por norma.

En el segundo escenario, considerando el D.S. N° 003-2017-MINAM, donde el ECA ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) entra en vigencia desde el 8 de junio de 2017, los valores registrados a partir de ese periodo varían entre  $4.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mayo 2018) y  $61.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (setiembre 2018). El 100% de los valores reportados en esta estación, para el periodo 2012 - 2018, cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental. Los resultados de  $\text{PM}_{10}$  se presentan en el Gráfico 3.2.5.1-3, *Concentración de  $\text{PM}_{10}$  en la Estación Quishuar Corral*.

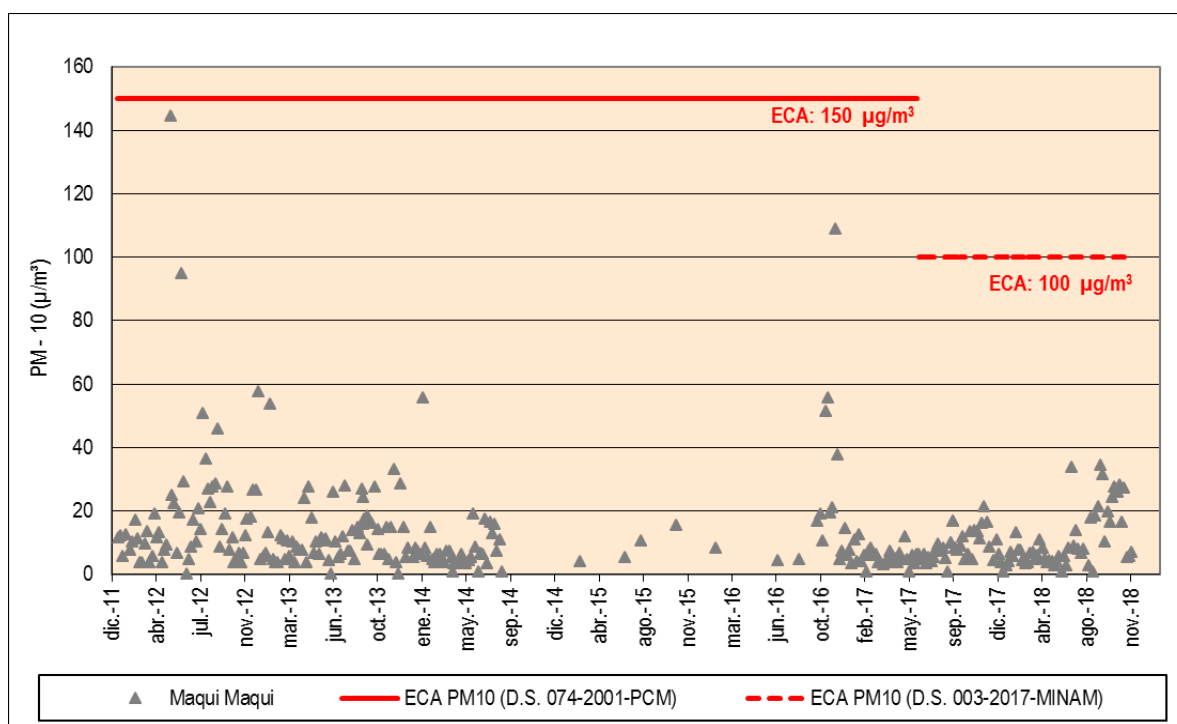
**Gráfico 3.2.5.1-3 Concentración de PM<sub>10</sub> en la Estación Quishuar Corral**

Las concentraciones de PM<sub>10</sub> obtenidas en la estación Maqui Maqui, durante el periodo 2012 - 2018 se describen a continuación:

En el primer escenario, donde el ECA (150 µg/m³) tiene una vigencia hasta el 7 de junio del 2017, los registros presentaron concentraciones que fluctuaron entre 3 µg/m³ (diciembre 2016 y marzo 2017) y 145 µg/m³ (mayo 2012), encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido por norma. Para el segundo escenario, donde el ECA de 100 µg/m³ entra en vigencia desde el 8 de junio de 2017, los valores registrados a partir de ese periodo fluctuaron entre detectables y no detectables, de estos últimos los registros fluctuaron entre 2.96 µg/m³ (agosto 2018) y 34.42 µg/m³ (setiembre 2018), encontrándose en todos los casos por debajo del estándar establecido.

El 100% de los valores reportados en esta estación, para el periodo 2012 - 2018, cumplen con estándar de calidad de aire correspondiente,

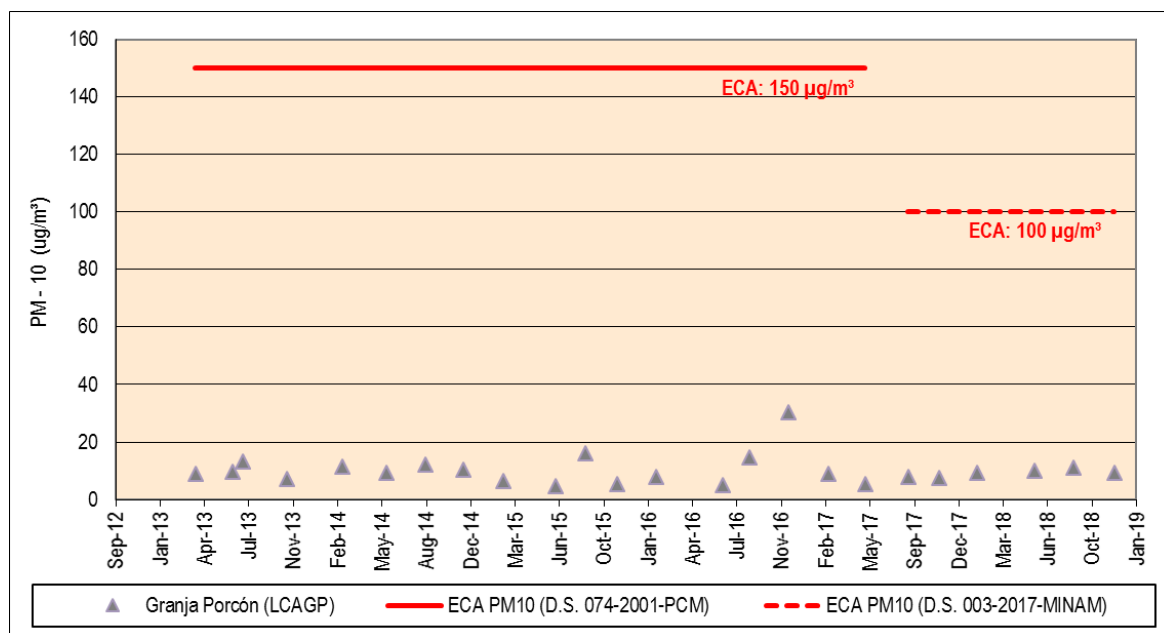
Cabe indicar que durante el cuarto trimestre del 2014 al tercer trimestre del 2016 no se realizó el muestreo cada 6 días debido a que la estación estaba en proceso de reubicación, sin embargo, se realizó el muestreo trimestral, como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-4, *Concentración de PM<sub>10</sub> en la Estación Maqui Maqui*.

**Gráfico 3.2.5.1-4 Concentración de PM<sub>10</sub> en la Estación Maqui Maqui**

Las concentraciones de PM<sub>10</sub> obtenidas en la estación Granja Porcón, durante el periodo 2013 - 2018 se detallan a continuación:

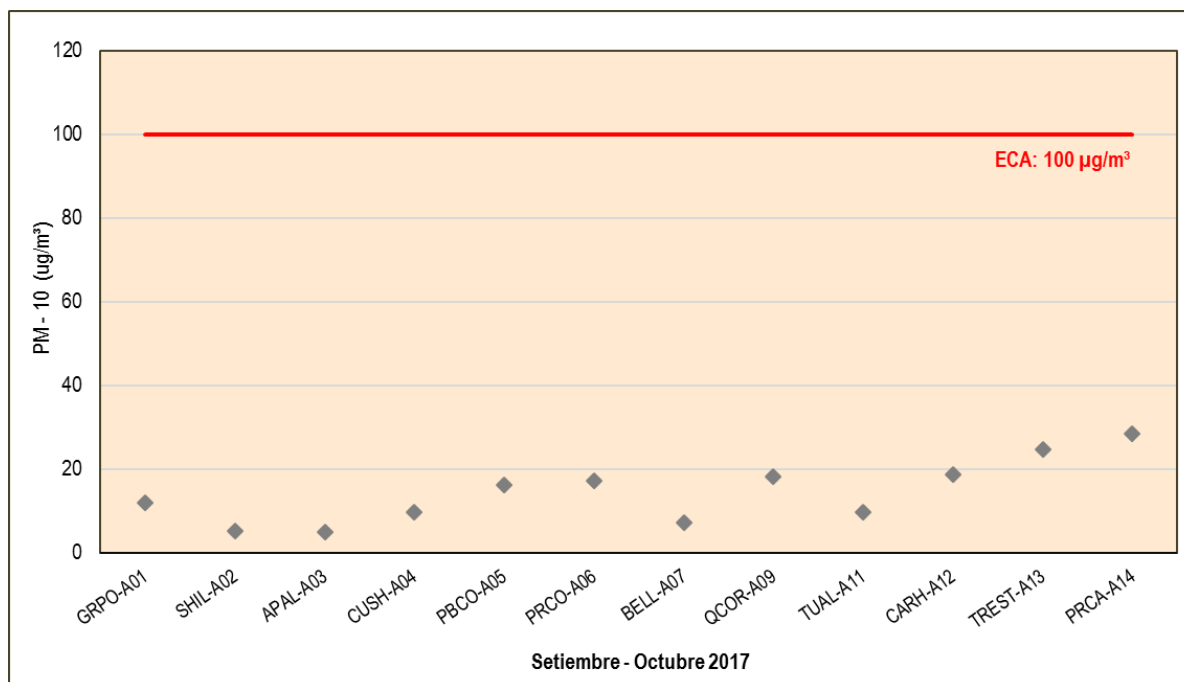
Para el primer escenario, donde el ECA vigente hasta el 7 de junio del 2017 es de 150 µg/m<sup>3</sup>, los registros presentaron concentraciones que fluctuaron entre 4.5 µg/m<sup>3</sup> (junio 2015) y 30.4 µg/m<sup>3</sup> (noviembre 2016), encontrándose por debajo del estándar establecido por la norma aplicable. En el segundo escenario, donde el nuevo ECA de 100 µg/m<sup>3</sup> entra en vigencia a partir del 8 de junio de 2017, se registraron concentraciones menores a los 11.2 µg/m<sup>3</sup>, encontrándose en todos los casos por debajo del ECA establecido para este periodo.

El 100% de los valores reportados en esta estación, para el periodo 2013-2018, cumplen con el Estándar de Calidad Ambiental. Los resultados de PM<sub>10</sub> se presentan en el Gráfico 3.2.5.1-5, *Concentración de PM<sub>10</sub> en la Estación Granja Porcón*.

**Gráfico 3.2.5.1-5 Concentración de PM<sub>10</sub> en la Estación Granja Porcón**

Y respecto a las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en las estaciones de línea base proveniente de la I MEIA Yanacocha, registradas entre setiembre y octubre del 2017, presentan valores detectables que fluctúan entre los 4.9 µg/m³ y 28.5 µg/m³, registrados en las estaciones APAL-A03 y PRCA-A14, respectivamente, observándose que en ningún caso se supera el lineamiento establecido por el ECA (100 µg/m³).

El Gráfico 3.2.5.1-6, *Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> - Estaciones de Línea Base*, muestra los resultados obtenidos en todas las estaciones de línea base consideradas.

**Gráfico 3.2.5.1-6 Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> - Estaciones de Línea Base**



- **PM<sub>2.5</sub>**

La evaluación de este parámetro se realiza en cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, en base a lo cual se describen dos escenarios para todas las estaciones del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL.

Los resultados del monitoreo de PM<sub>2.5</sub> se describen a continuación:

El primer escenario, en cumplimiento al D.S. N° 003-2008-MINAM donde el ECA (50 µg/m³) tenía una vigencia de 4 años (1 de enero de 2010 al 1 de enero de 2014), en base a ello los registros presentaron concentraciones detectables que fluctuaron entre 3.6 µg/m³ (mayo 2013) y 51.4 g/m³ (febrero 2013) registradas en las estaciones Maqui Maqui y Quishuar Corral respectivamente, observándose un único excedente, que supera en 2.8% al lineamiento establecido por el ECA (50 µg/m³).

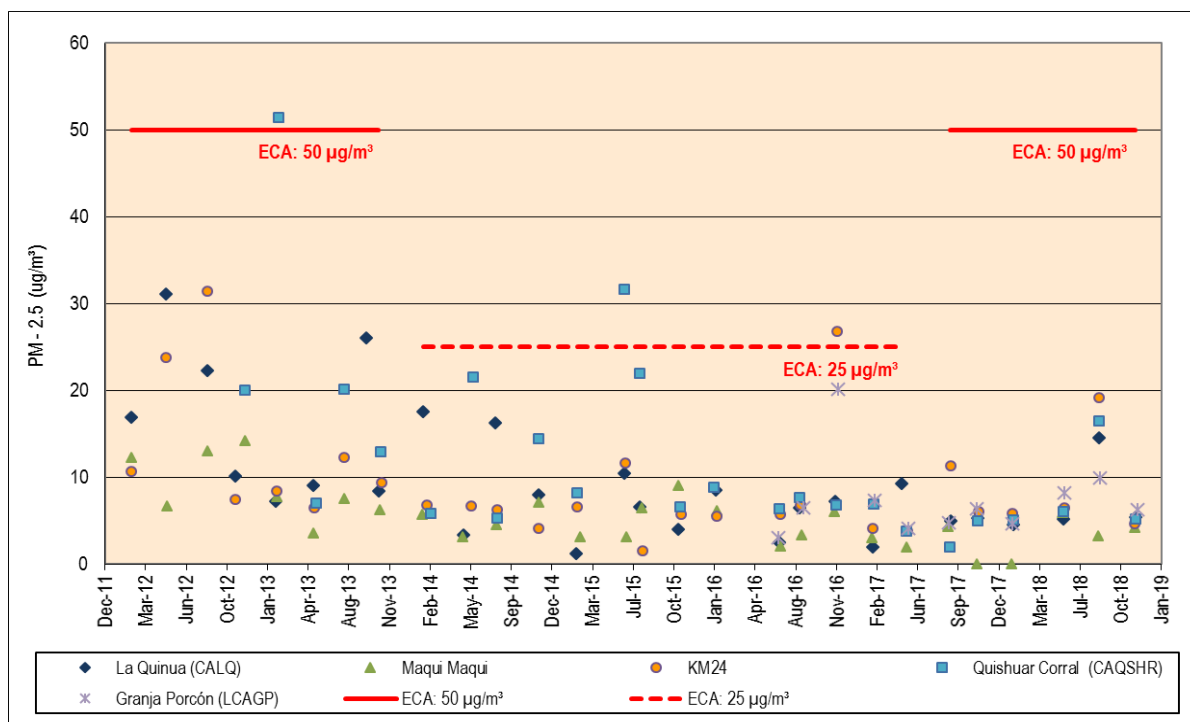
El segundo escenario, en cumplimiento al D.S. N° 003-2008-MINAM donde el ECA (25 µg/m³) tenía una vigencia de 4 años (2 de enero de 2014 al 7 de junio de 2017), en relación a ello, los valores registrados a partir de ese periodo, variaron entre 1.2 µg/m³ (febrero 2015) y 31.6 µg/m³ (junio 2015), registradas en las estaciones La Quinoa y Quishuar Corral respectivamente, observándose dos excedencias, que supera el estándar establecido por el ECA (25 µg/m³).

En el caso de la estación Quishuar Corral (CAQHRSR) registró una concentración de 31.6 µg/m³ (junio 2015), este resultado estaría asociado a las condiciones meteorológicas atípicas (humedad relativa baja <40%, temperatura máxima diaria de 17 °C y velocidades de viento mayores a 34 Km/h), que favorecieron la mayor dispersión de este tipo de material particulado y en la estación Km24 registró una concentración de 26.8 µg/m³ (noviembre 2016) este resultado estaría asociado con la alta incidencia en quema de pastos realizada por las comunidades como práctica de renovación de pastos lo cual se agudizó con las condiciones de sequía inusual reportados durante el año 2016 en la región de Cajamarca.

Sin embargo, es importante señalar que esto no se traduce como condición de excedencia del estándar, ya que los registros muestran que no se está excediendo el estándar de PM<sub>2.5</sub> en 24 horas más de siete veces al año, condición establecida en la normatividad aplicable.

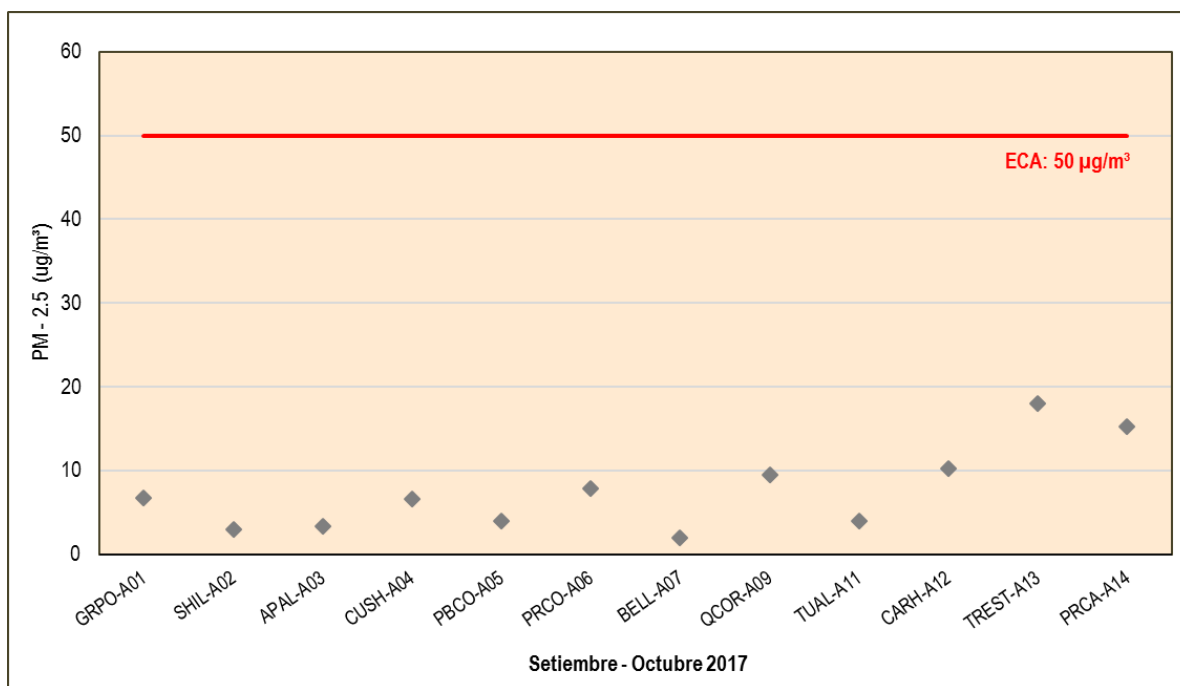
El tercer escenario, en cumplimiento al D.S. N° 003-2017-MINAM donde el ECA de 100 µg/m³ entra en vigencia desde el 8 de junio de 2017, todos los valores registrados en las estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del estándar, el máximo valor ha sido registrado en la estación Km24 y alcanza los 19.2 µg/m³ (agosto 2018).

El Gráfico 3.2.5.1-7, *Concentración de PM<sub>2.5</sub>*, muestra los resultados obtenidos para el periodo de evaluación correspondiente.

Gráfico 3.2.5.1-7 Concentración de PM<sub>2.5</sub>

Para el caso de los resultados obtenidos en el monitoreo de las estaciones provenientes de línea base de la I MEIA Yanacocha realizado entre los meses de setiembre y octubre del 2017, la evaluación de PM<sub>2.5</sub> considera lo establecido en el D.S. N° 003-2017-MINAM.

Las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, en las estaciones de línea base, registran valores detectables y no detectables que fluctuaron entre <2 µg/m³ y 18 µg/m³, registrados en las estaciones CLCR-A07 y TREST-A13, respectivamente; en ningún caso se supera el ECA para plomo (50 µg/m³ en 24 horas), establecido por la normatividad vigente. El Gráfico 3.2.5.1-8, *Concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> - Estaciones de Línea Base*, muestra los resultados obtenidos para el periodo de evaluación correspondiente.

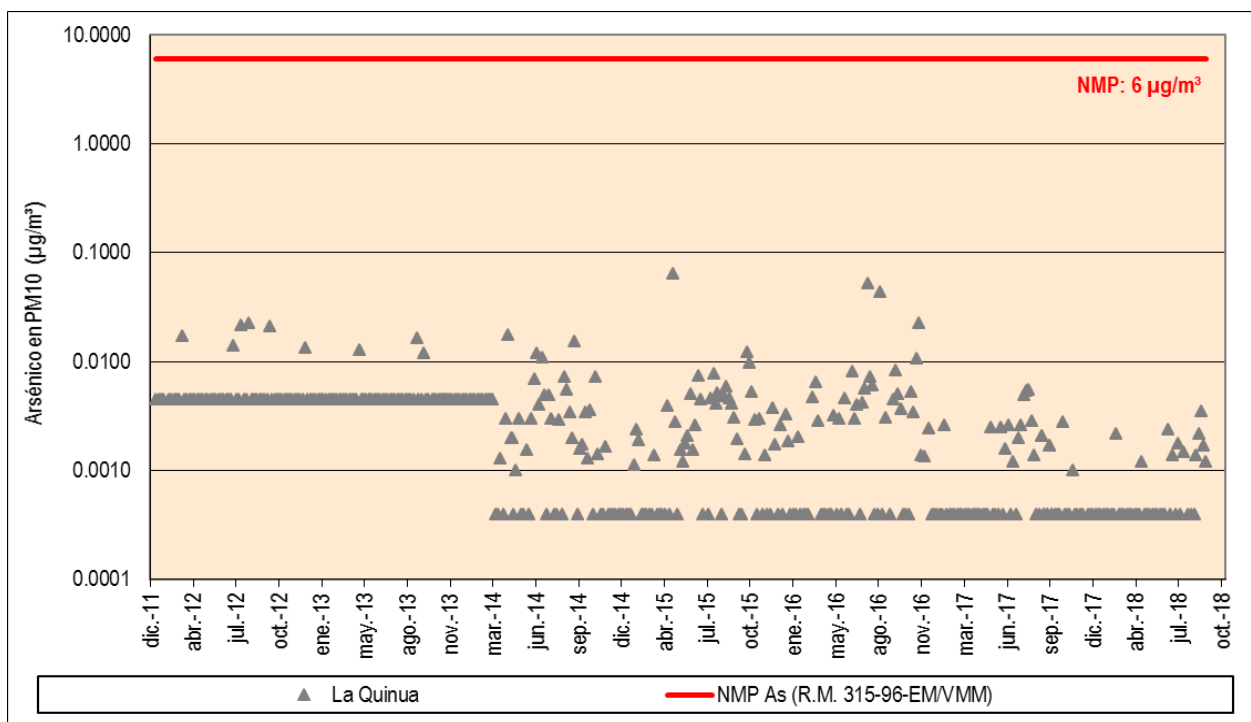
**Gráfico 3.2.5.1-8 Concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> – Estaciones de Línea Base**Metales en PM<sub>10</sub>

- Arsénico (As)**

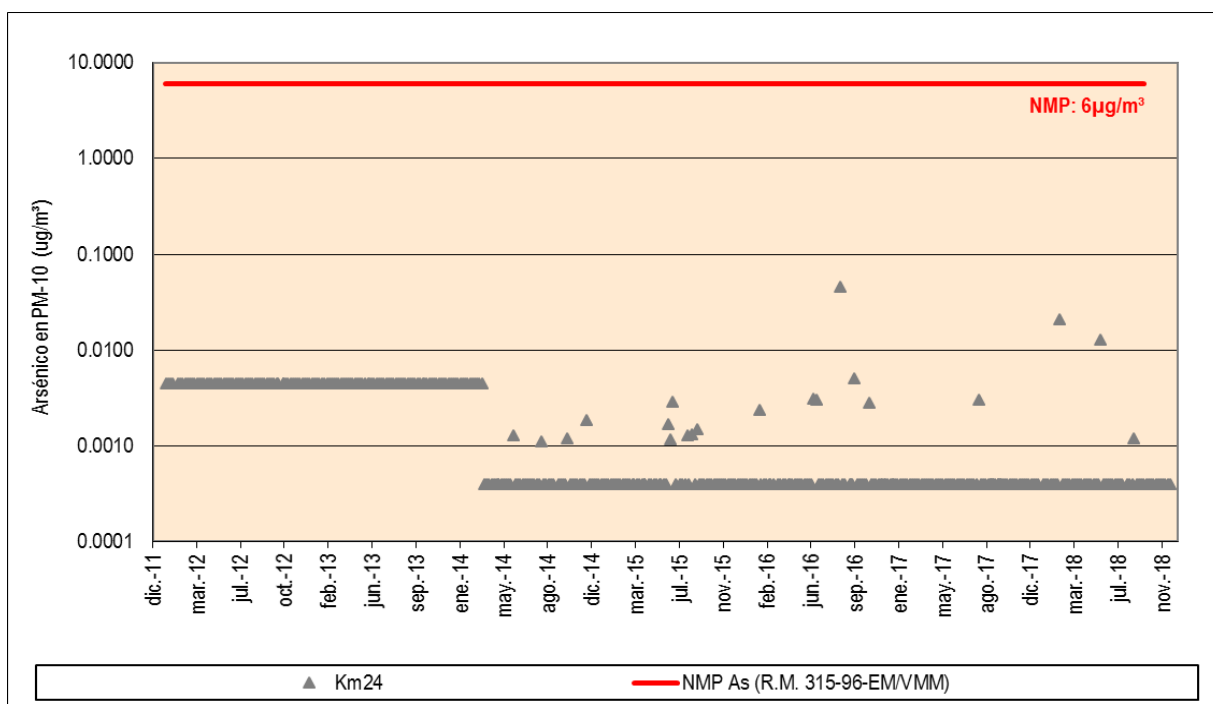
En primera instancia se presentan los resultados de muestreo de arsénico en material particulado PM<sub>10</sub>, en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón.

Las concentraciones de arsénico en material particulado PM<sub>10</sub> obtenida en la estación La Quinua durante el periodo 2012 – 2018, fluctúan entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 32.85% del total de registros fueron detectables con concentraciones mínimas comprendidas entre 0.001 µg/m³ (abril 2014) y 0.064 µg/m³ (abril 2015). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores <0.009 µg/m³ (enero 2012 a marzo 2014) y <0.0008 µg/m³ (marzo 2014 a agosto 2018), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.1-9, Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación La Quinua.

Es importante señalar que no se cuenta con un Estándar de Calidad Ambiental a nivel nacional para este parámetro; sin embargo, se emplea el estándar (Nivel Máximo Permisible-NMP) para concentraciones de arsénico presentado en el Anexo 3 de la R.M. N° 315-961-EM/VMM. En ese sentido, todas las concentraciones de arsénico en promedio en 24 horas; se encontraron muy por debajo del estándar de comparación (6 µg/m³).

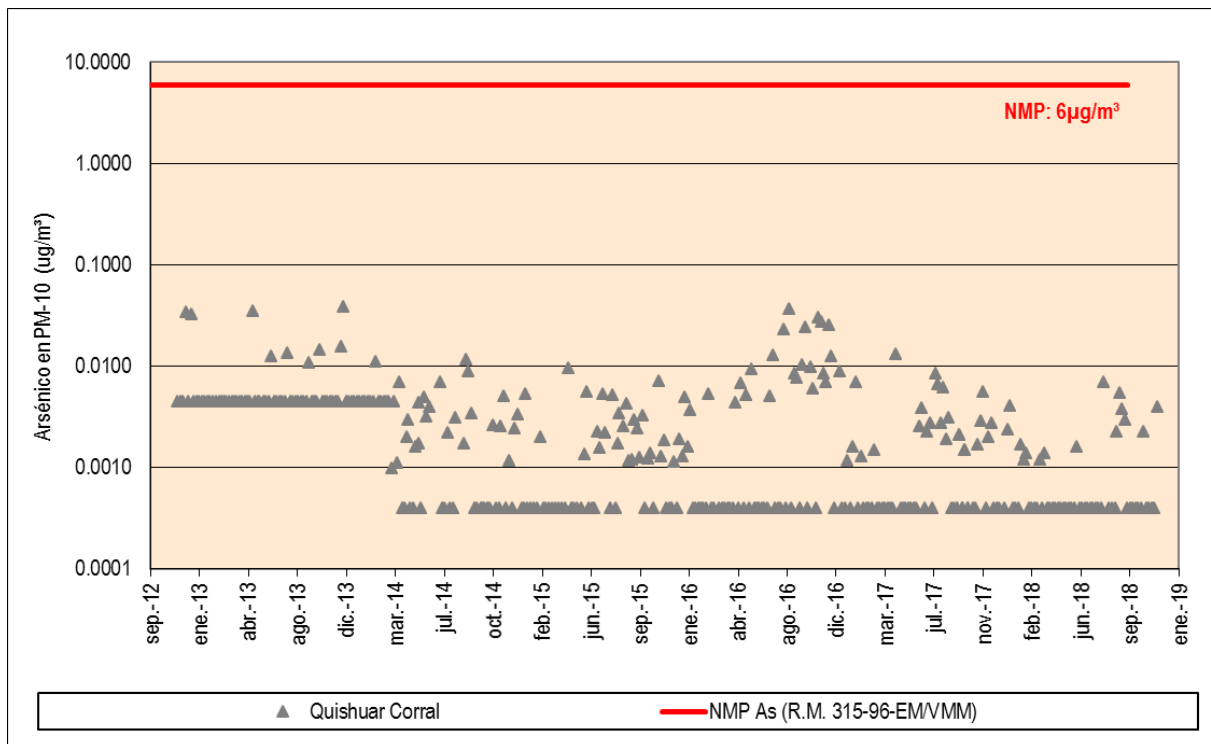
**Gráfico 3.2.5.1-9 Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación La Quinua**

Las concentraciones de arsénico en material particulado PM<sub>10</sub> obtenida en la estación Km24 durante el periodo 2012 – 2018, fluctúan entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 4.74% del total de registros fueron detectables con concentraciones mínimas comprendidas entre 0.0011 µg/m<sup>3</sup> (agosto 2014) y 0.0454 µg/m<sup>3</sup> (agosto 2016). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores <0.009 µg/m<sup>3</sup> (enero 2012 a marzo 2014) y <0.0008 µg/m<sup>3</sup> (marzo 2014 a noviembre 2018), tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-10, Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación Km24.

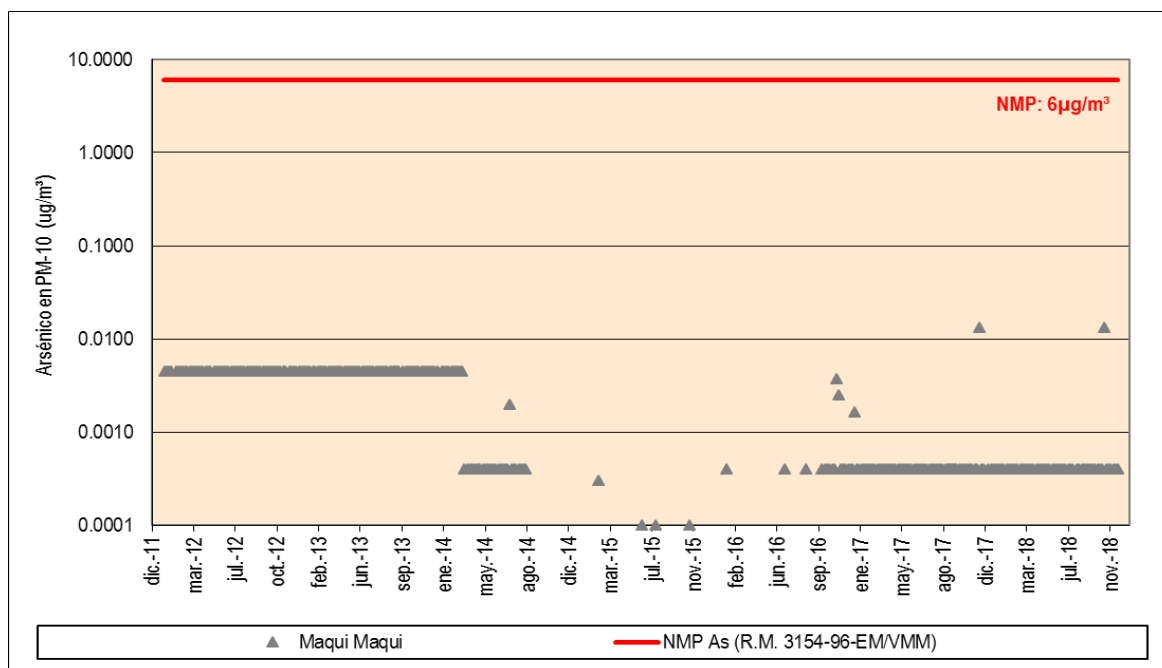
**Gráfico 3.2.5.1-10 Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación Km24**

Las concentraciones de arsénico en material particulado  $PM_{10}$  obtenida en la estación Quishuar Corral (CAQHRSR) durante el periodo 2012 - 2018, fluctúan entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 35.83% del total de registros fueron detectables con bajas concentraciones comprendidas entre  $0.0010 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (marzo 2014) y  $0.039 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (noviembre 2013). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores  $<0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el periodo enero 2012 - marzo 2014) y  $<0.0008 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre abril 2014 y noviembre 2018), tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-11, *Concentración de Arsénico en  $PM_{10}$  en la Estación Quishuar Corral*.

**Gráfico 3.2.5.1-11 Concentración de Arsénico en  $PM_{10}$  en la Estación Quishuar Corral**

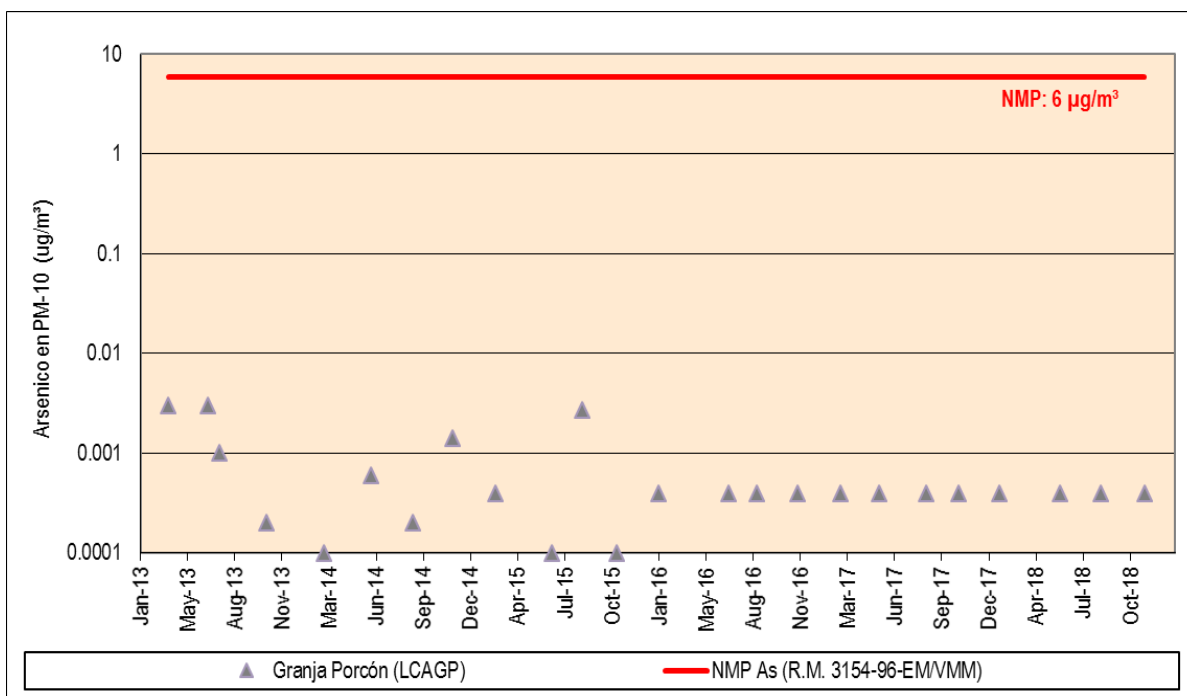


Las concentraciones de arsénico en material particulado  $PM_{10}$  obtenida en la estación Maqui Maqui, durante el periodo 2012 - 2018 presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 2.32% del total de registros fueron detectables con concentraciones mínimas comprendidas entre  $0.0003 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (febrero 2015) y  $0.0132 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (noviembre 2017 y octubre 2018). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores  $<0.009 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre enero 2012 y marzo 2014, y  $<0.0008 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre marzo 2014 y noviembre 2018, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-12, *Concentración de Arsénico en  $PM_{10}$  en la Estación Maqui Maqui*.

**Gráfico 3.2.5.1-12 Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación Maqui Maqui**

Las concentraciones de arsénico en material particulado PM<sub>10</sub> obtenida en la estación Granja Porcón, durante el periodo 2012 - 2018 presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 29.17% del total de registros fueron detectables con concentraciones comprendidas entre 0.0002 µg/m³ (octubre 2013 y agosto 2014) y 0.0027 µg/m³ (agosto 2015).

Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores <0.006 µg/m³ (marzo a junio 2013), <0.0002 µg/m³ (febrero 2014 a noviembre 2015) y <0.0008 µg/m³ (enero 2016 a noviembre 2018), tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-13, Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación Granja Porcón.

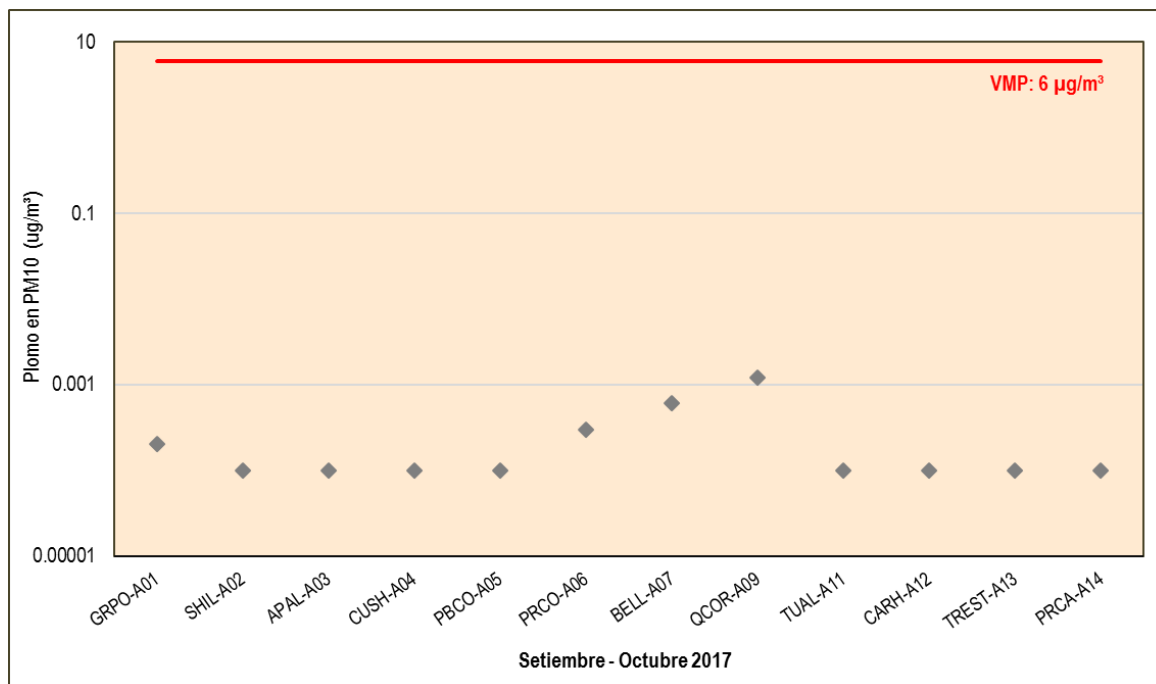
**Gráfico 3.2.5.1-13 Concentración de Arsénico en PM<sub>10</sub> en la Estación Granja Porcón**

Considerando lo descrito, no se registran excedencias de arsénico en material particulado  $PM_{10}$  en ninguna de las estaciones previamente descritas, considerando lo establecido por el estándar referencial empleado para su evaluación ( $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Finalmente, se presenta la evaluación de los resultados de arsénico en material particulado  $PM_{10}$  obtenidos en las estaciones de monitoreo de línea base, considerando de manera referencial lo establecido en la R.M. N° 315-961-EM/VMM, como se hizo en las estaciones ya descritas.

Las concentraciones de arsénico en material particulado  $PM_{10}$  obtenidas en las estaciones de línea base, fluctuaron entre valores no detectables por debajo del LD y  $0.0012 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo la estación QCOR-A09 la que registra la máxima concentración. En ese sentido, todas las concentraciones de arsénico en promedio en 24 horas se encuentran muy por debajo del estándar de comparación ( $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) usado como referencia (ver Gráfico 3.2.5.1-14, *Concentración de Arsénico en  $PM_{10}$  - Estaciones de Línea Base*).

**Gráfico 3.2.5.1-14 Concentración de Arsénico en  $PM_{10}$  – Estaciones de Línea Base**

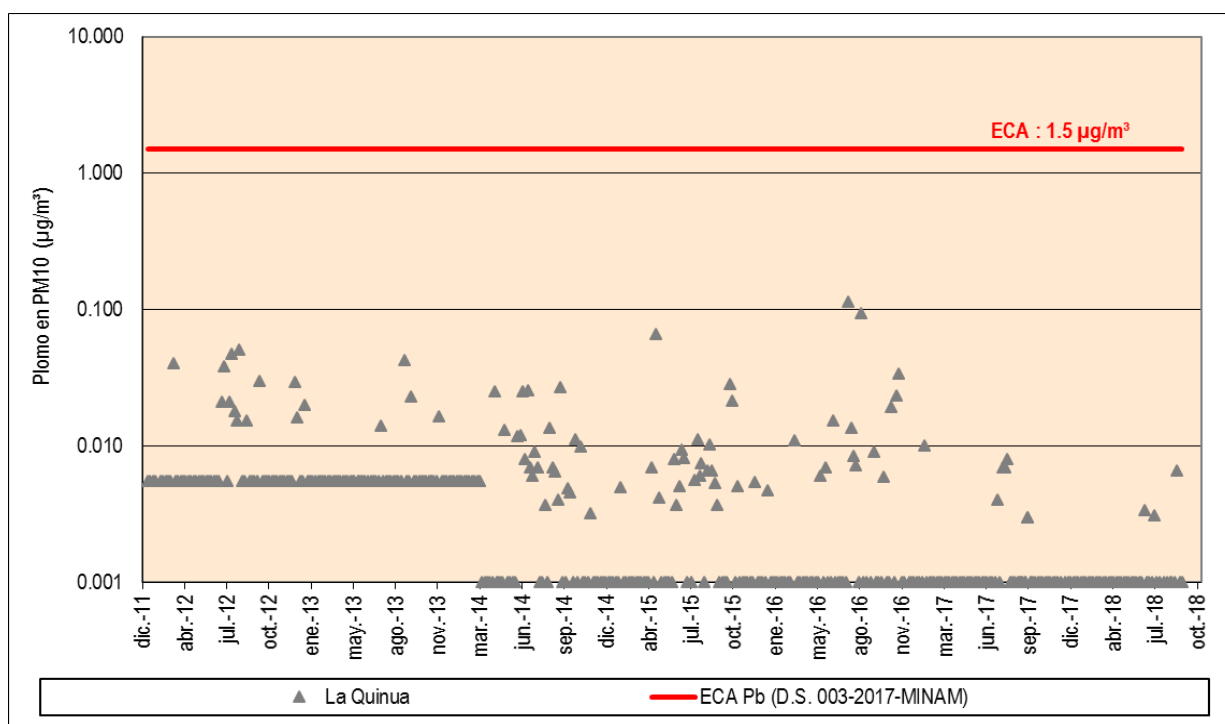


- **Plomo (Pb)**

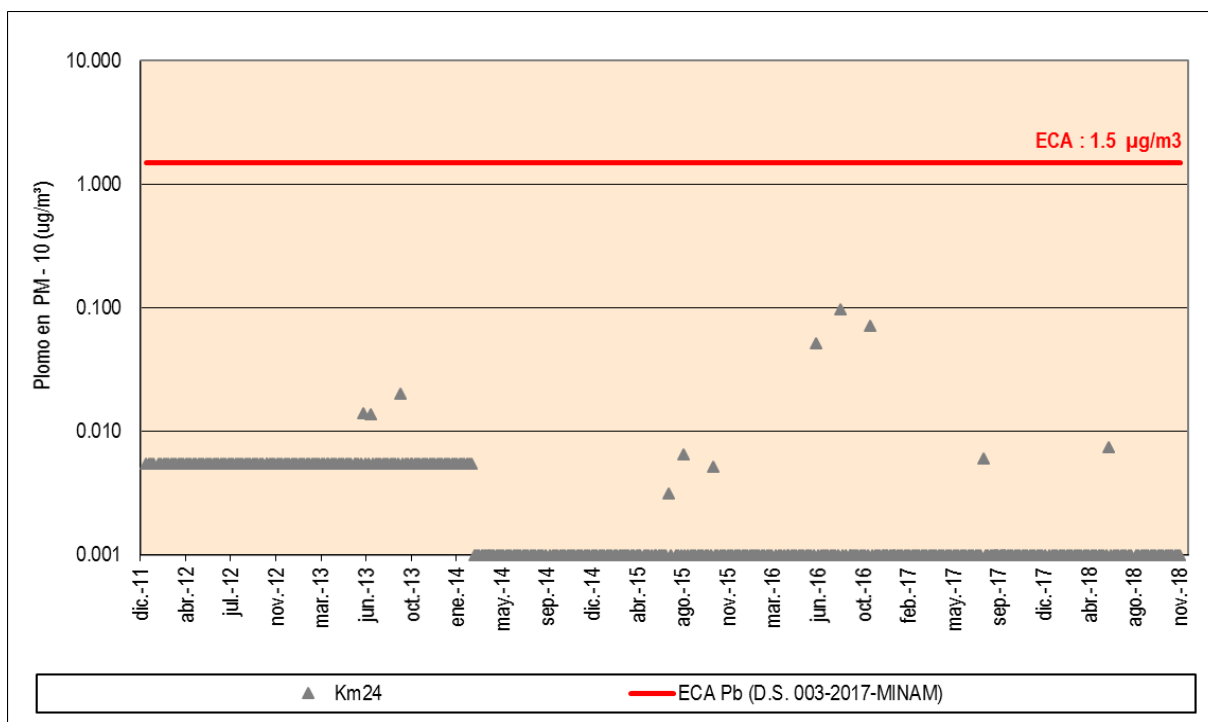
La evaluación de este parámetro se realiza en cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último aplicable a partir del 8 de junio del 2017. Cabe indicar que el ECA establecido para el plomo se ha mantenido en  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para todo el periodo de evaluación considerado (2012-2018). Seguidamente se desarrolla la evaluación de los resultados obtenidos en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón.

Las concentraciones de plomo en material particulado  $PM_{10}$  obtenidas en la estación La Quinua durante el periodo 2012 – 2018, presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 20.92% del total de registros fueron detectables con concentraciones que fluctuaron entre  $0.003 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (setiembre 2017) y  $0.113 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (julio 2016). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores  $<0.011 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enero 2012 a marzo 2014) y  $<0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (marzo 2014 a setiembre 2018), tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-15, *Concentración de Plomo en  $PM_{10}$  en la Estación La Quinua*.

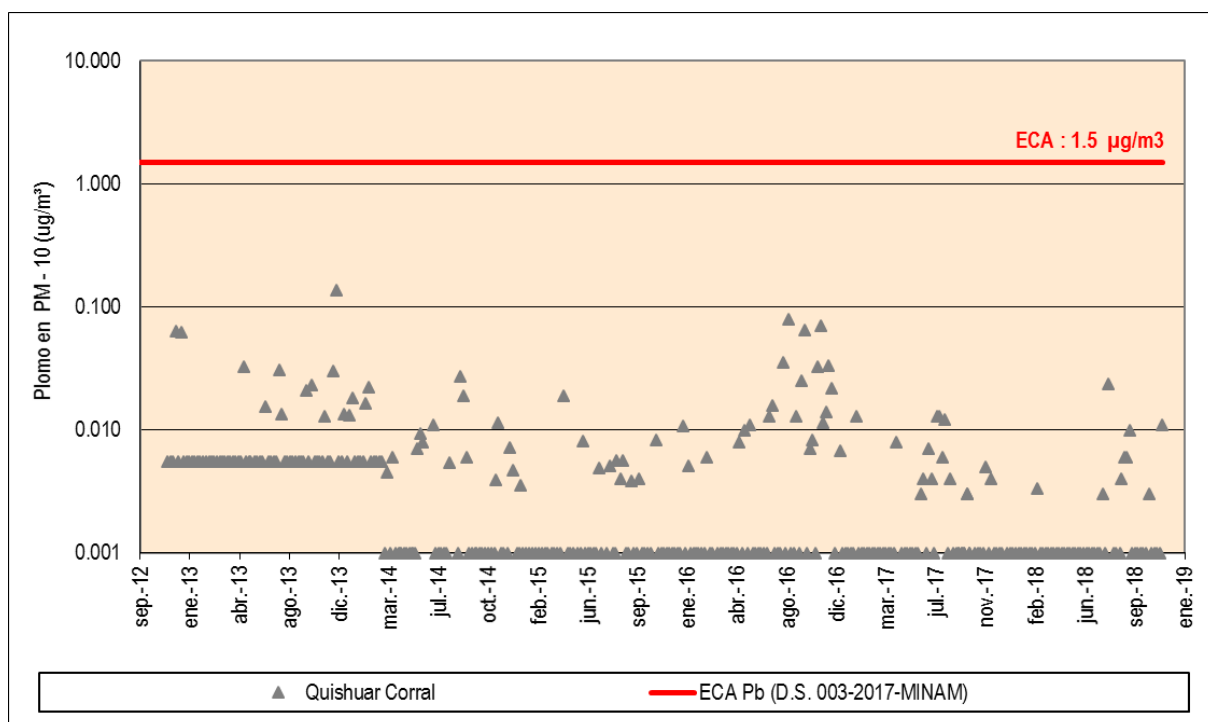


**Gráfico 3.2.5.1-15 Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación La Quinua**

Las concentraciones de plomo en material particulado PM<sub>10</sub> obtenida en la estación Km24 durante el periodo 2012-2018, presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 2.61% del total de registros fueron detectables con concentraciones que fluctuaron entre 0.0031 µg/m³ (junio 2015) y 0.0978 µg/m³ (agosto 2016). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores <0.011 µg/m³ (enero 2012 a marzo 2014) y <0.002 µg/m³ (marzo 2014 a noviembre 2018), tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-16, Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación Km24.

**Gráfico 3.2.5.1-16 Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación Km24**

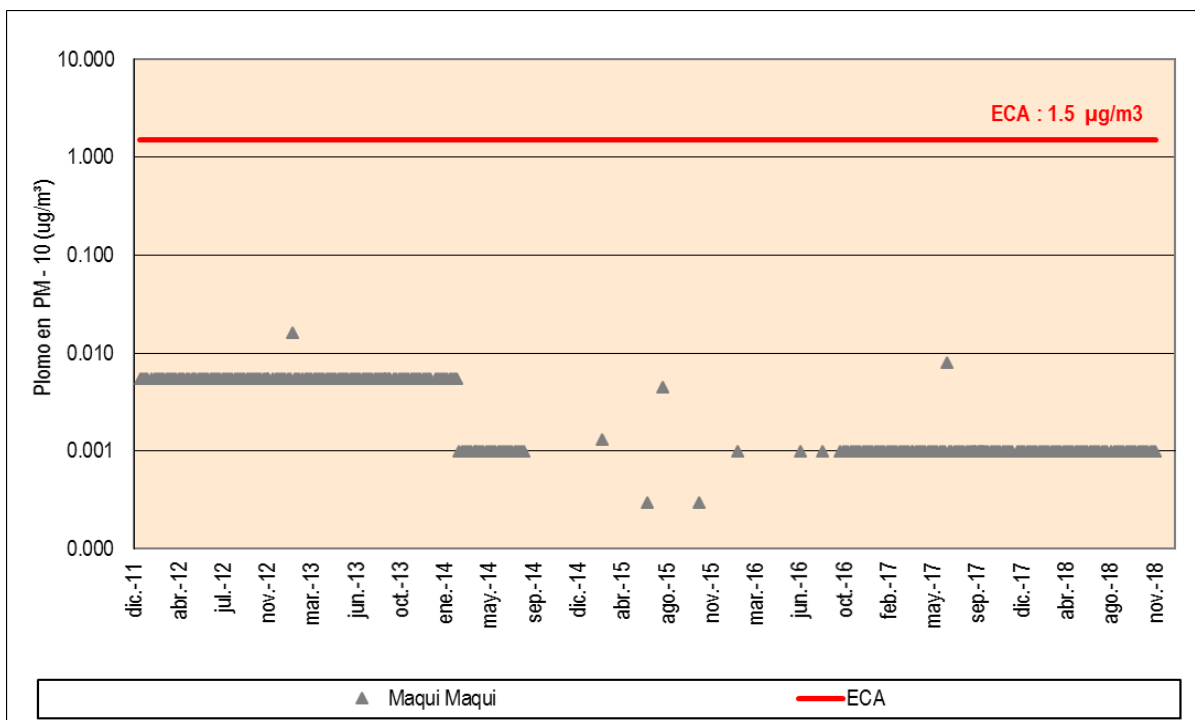
Las concentraciones de plomo en material particulado PM<sub>10</sub> obtenidas en la estación Quishuar Corral (CAQHSR) durante el periodo 2012 – 2018, presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 24.17% del total de registros fueron detectables con concentraciones que fluctuaron entre 0.0030 µg/m³ (junio 2017) y 0.136 µg/m³ (noviembre 2013). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores <0.011 µg/m³ (enero 2012 a marzo 2014) y <0.002 µg/m³ (marzo 2014 a noviembre 2018), tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-17, Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación Quishuar Corral.

**Gráfico 3.2.5.1-17 Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación Quishuar Corral**

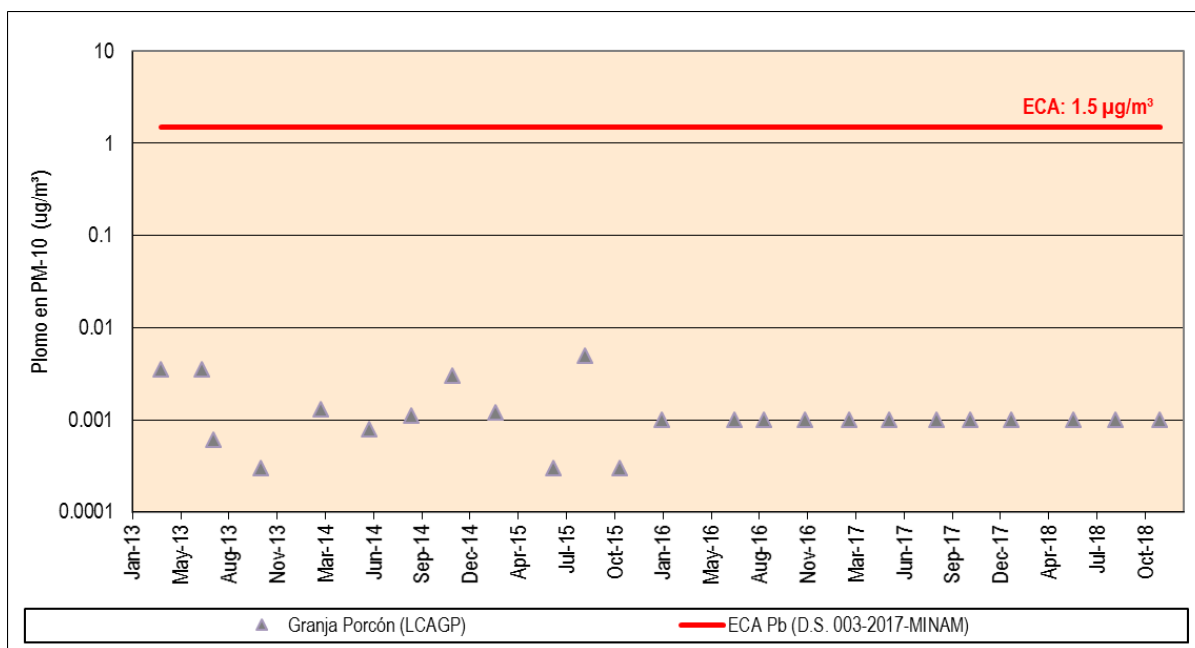
Las concentraciones de plomo en material particulado  $PM_{10}$  obtenidas en la estación Maqui Maqui, durante el periodo 2012 – 2018, presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 1.32% del total de registros fueron detectables con concentraciones comprendidas entre  $0.0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (febrero 2015) y  $0.016 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enero 2013) respectivamente.

Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores  $<0.011 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enero 2012 a marzo 2014),  $<0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (marzo 2014 a agosto 2014 y enero 2016 a noviembre 2018) y  $<0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (junio a octubre 2015), tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-18, *Concentración de Plomo en  $PM_{10}$  en la Estación Maqui Maqui*.

**Gráfico 3.2.5.1-18 Concentración de Plomo en  $PM_{10}$  en la Estación Maqui Maqui**

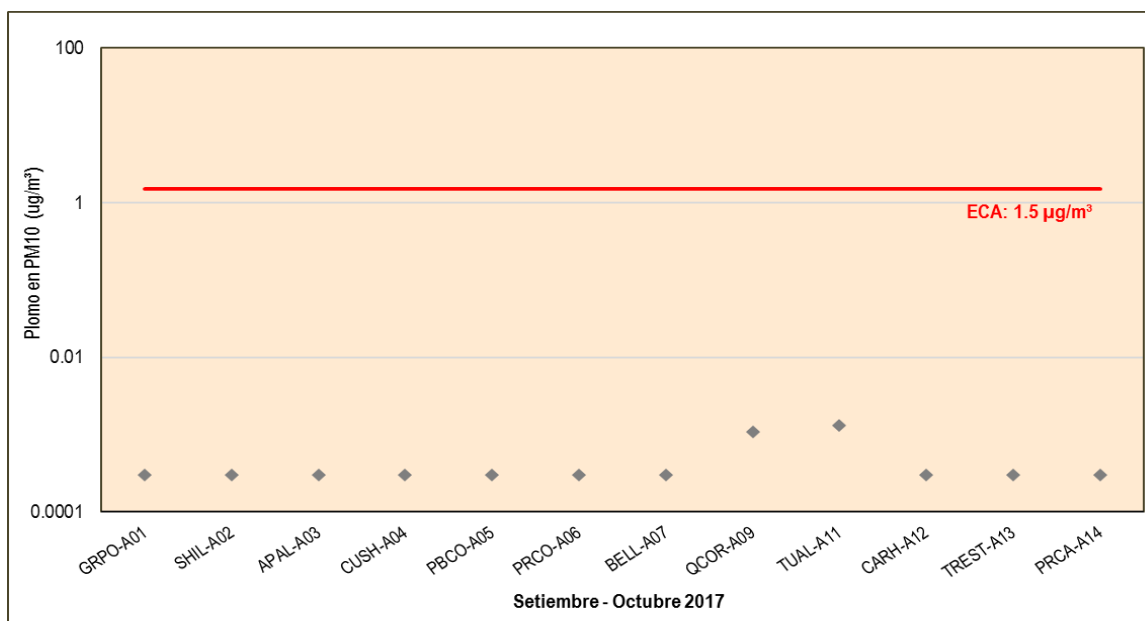


Las concentraciones de plomo en material particulado  $PM_{10}$  obtenidas en la estación Granja Porcón durante el periodo 2013 – 2018, presentaron concentraciones que fluctuaron entre detectables y no detectables, registrándose que aproximadamente un 29.17% del total de registros fueron detectables con concentraciones comprendidas entre  $0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (julio 2013) y  $0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (agosto 2015). Asimismo, los valores no detectables se presentaron por debajo del LD, reportándose valores  $<0.007 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (marzo a junio 2013),  $<0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (octubre 2013 a noviembre 2015) y  $<0.0020 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enero 2016 a noviembre 2018), tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-19, *Concentración de Plomo en  $PM_{10}$  en la Estación Granja Porcón*.

**Gráfico 3.2.5.1-19 Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> en la Estación Granja Porcón**

Las concentraciones registradas para el plomo en material particulado PM<sub>10</sub>, en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón, cumplen con el ECA aplicable (1.5 µg/m³ en promedio mensual).

Finalmente, se presenta la evaluación de plomo en material particulado PM<sub>10</sub> en las estaciones de línea base, que considera el cumplimiento del D.S. N° 003-2017-MINAM. Así, los resultados muestran concentraciones que fluctúan entre valores no detectables por debajo del LD y 0.0013 µg/m³, máximo valor registrado en la estación TUAL-A11, observándose que en ningún caso se supera el estándar establecido (1.5 µg/m³ en promedio mensual) por la normatividad vigente, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-20, Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> - Estaciones de Línea Base.

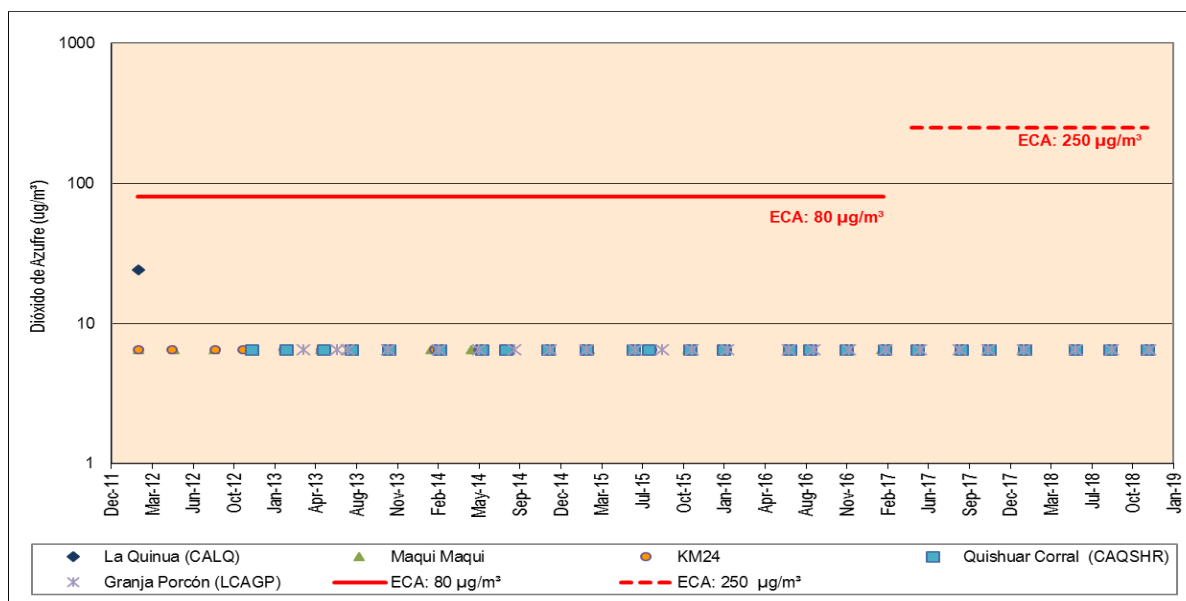
**Gráfico 3.2.5.1-20 Concentración de Plomo en PM<sub>10</sub> - Estaciones de Línea Base**

### Gases

#### • Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

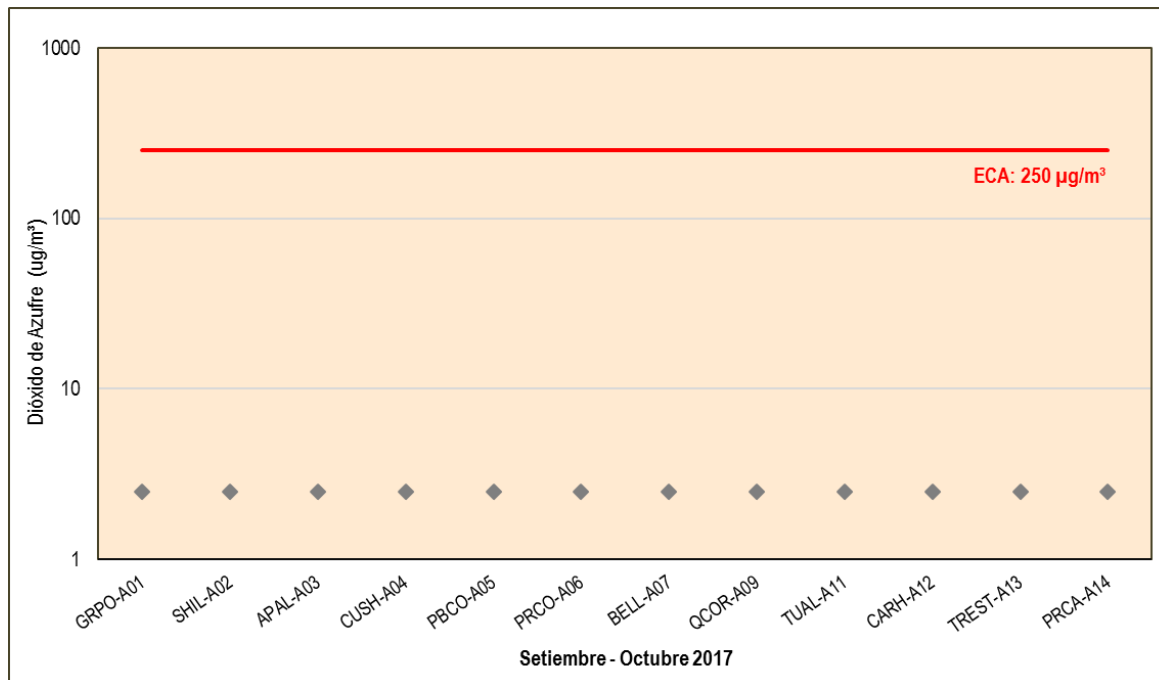
Para la evaluación del dióxido de azufre en las estaciones de La Quinua, Maqui Maqui, Km24 y Quishuar Corral se considera el cumplimiento de lo establecido en el D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último aplicable a partir del 8 de junio del 2017, en base a ello se describen dos escenarios:

En el primer escenario, considerando el ECA (80 µg/m<sup>3</sup>) vigente hasta el 7 de junio del 2017, los registros muestran valores no detectables <13 µg/m<sup>3</sup>, a excepción de un único valor registrado para la estación La Quinua, en febrero del 2012 (24 µg/m<sup>3</sup>). En el segundo escenario, donde el ECA de 250 µg/m<sup>3</sup> entra en vigencia desde el 8 de junio de 2017, se han registrado valores no detectables <13 µg/m<sup>3</sup>, notándose una marcada tendencia lineal de las concentraciones de dióxido de azufre a lo largo de todo el periodo de tiempo considerado para la evaluación (2012-2018) y en todas las estaciones, cumpliendo en todos los casos con los estándares aplicables, tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.1-21, *Concentración de Dióxido de Azufre*.

**Gráfico 3.2.5.1-21 Concentración de Dióxido de Azufre**

Similar tendencia se observa en los resultados obtenidos en las estaciones de línea base que presentan concentraciones no detectables por debajo del LD  $<5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en todos los casos, sin superar el ECA ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas) establecido por norma, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-22, *Concentración de Dióxido de Azufre - Estaciones de Línea Base*.

**Gráfico 3.2.5.1-22 Concentración de Dióxido de Azufre - Estaciones de Línea Base**

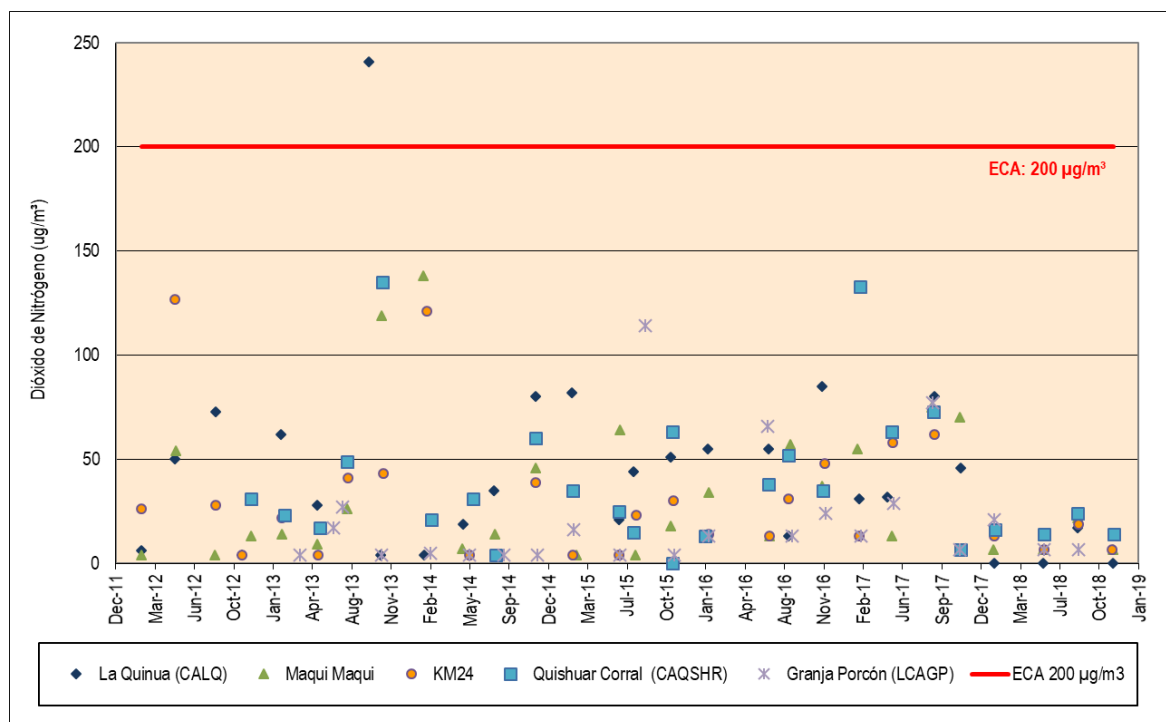


- **Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )**

La evaluación de este parámetro considera el cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último es aplicable a partir del 8 de junio del 2017, en base a esto, se muestra que el ECA se mantiene en  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguidamente se describen los resultados del periodo 2012 - 2018 para las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón.

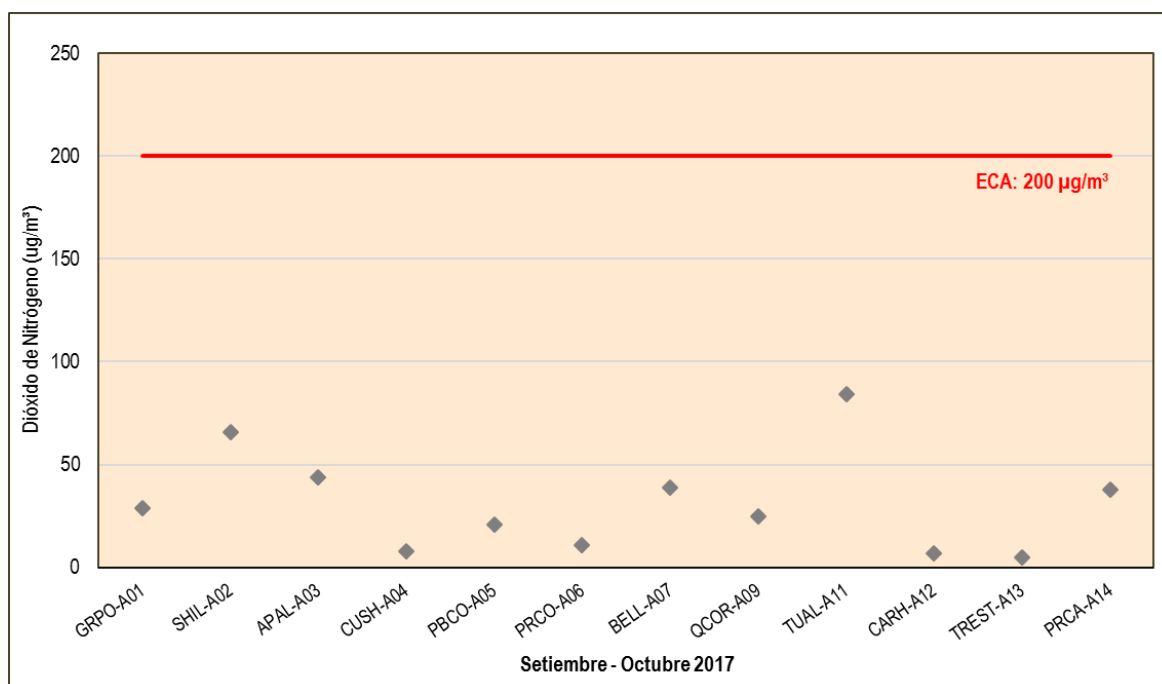
Las concentraciones de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) fluctuaron entre  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en la mayoría de las estaciones) y  $241 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (en la estación La Quinua), siendo este último el único registro que excede lo establecido por la normatividad aplicable, superando en 20.5% al ECA ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Este único valor registrado en setiembre de 2013 se asocia a las actividades de tránsito de vehículos propios de la zona, es importante mencionar que esto no se traduce como condición de excedencia del estándar, ya que no se está superando más de 24 veces al año el valor de ECA establecido para este parámetro ( $\text{NO}_2$ ).

El Gráfico 3.2.5.1-23, *Concentración de Dióxido de Nitrógeno*, muestra los resultados obtenidos para el periodo de evaluación correspondiente.

**Gráfico 3.2.5.1-23 Concentración de Dióxido de Nitrógeno**

Asimismo, los resultados obtenidos de  $\text{NO}_2$  en las estaciones de línea base presentaron concentraciones detectables que fluctúan entre los  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valores registrados en las estaciones TREST-A13 y TUAL-A11, respectivamente. En ese sentido, se observa que las concentraciones de  $\text{NO}_2$  se encuentran dentro del rango de fluctuación definida para las estaciones evaluadas previamente, cumpliendo en todos los casos con el ECA ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1 hora) establecido por la normatividad aplicable (D.S. N° 003-2017-MINAM).

El Gráfico 3.2.5.1-24, *Concentración de Dióxido de Nitrógeno - Estaciones de Línea Base*, muestra los resultados obtenidos para el periodo de evaluación correspondiente.

**Gráfico 3.2.5.1-24 Concentración de Dióxido de Nitrógeno - Estaciones de Línea Base**



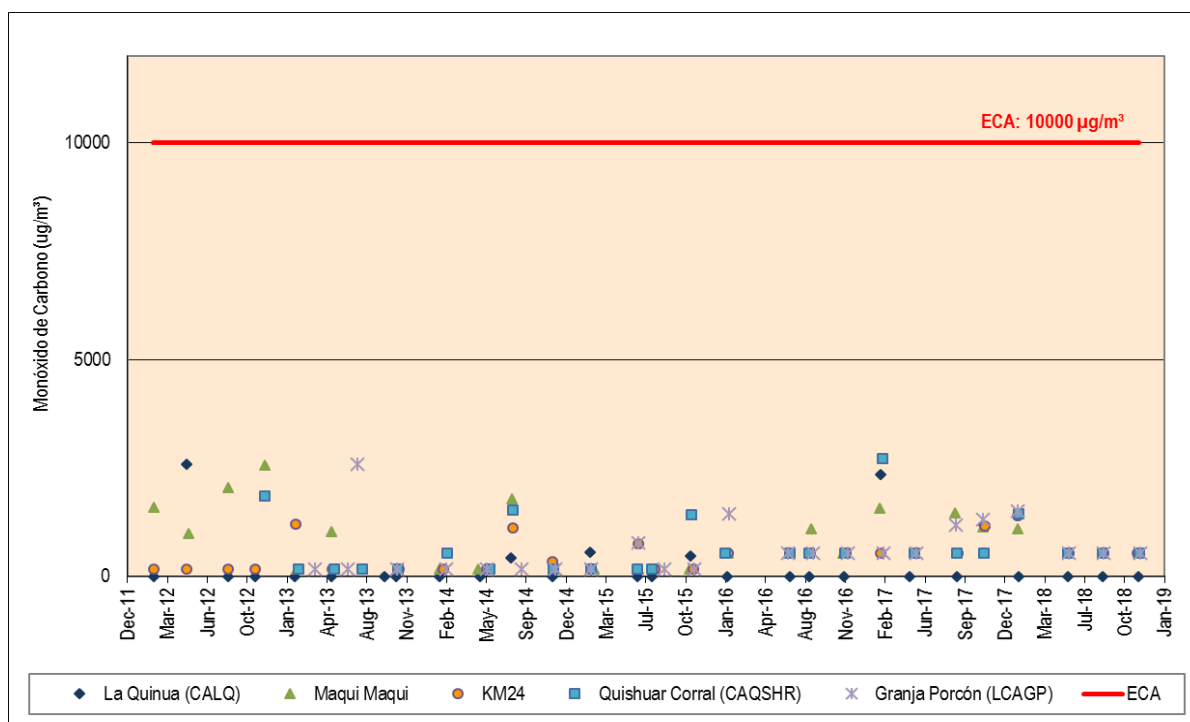
### • Monóxido de Carbono (CO)

La evaluación del monóxido de carbono (CO) se realiza en cumplimiento de lo establecido en el D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último es aplicable a partir del 8 de junio del 2017. Cabe indicar que las normas mencionadas han mantenido en 10,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el ECA establecido para el CO.

Los resultados obtenidos en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón, para el periodo 2012 - 2018 presentan concentraciones de CO que fluctúan entre valores no detectables y 2,724  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (febrero 2017), valor máximo registrado en la estación Quishuar Corral.

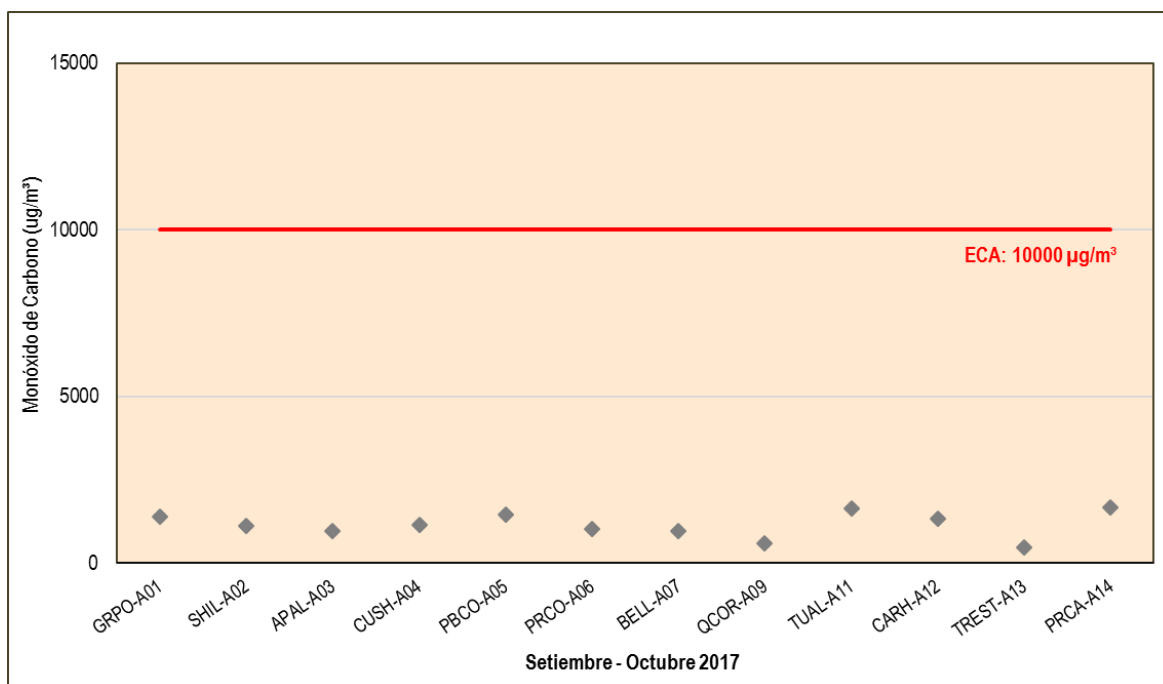
Todas las concentraciones de CO registradas se encuentran por debajo de los ECA aplicable para concentraciones promedio en 8 horas (10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El Gráfico 3.2.5.1-25, *Concentración de Monóxido de Carbono*, muestra la distribución gráfica de los resultados obtenidos durante el periodo de evaluación.

**Gráfico 3.2.5.1-25 Concentración de Monóxido de Carbono**



Asimismo, las concentraciones de CO registradas en las estaciones de línea base presentan valores detectables que fluctúan entre los 474  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 1,666  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , registradas en las estaciones TREST-A13 y PRCA-A14, respectivamente. Este rango de fluctuaciones se encuentra claramente comprendido dentro del intervalo establecido por las estaciones evaluadas previamente, sin superar en ningún caso el ECA (10,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 8 horas) establecido por la normatividad aplicable (D.S. N° 003-2017-MINAM).

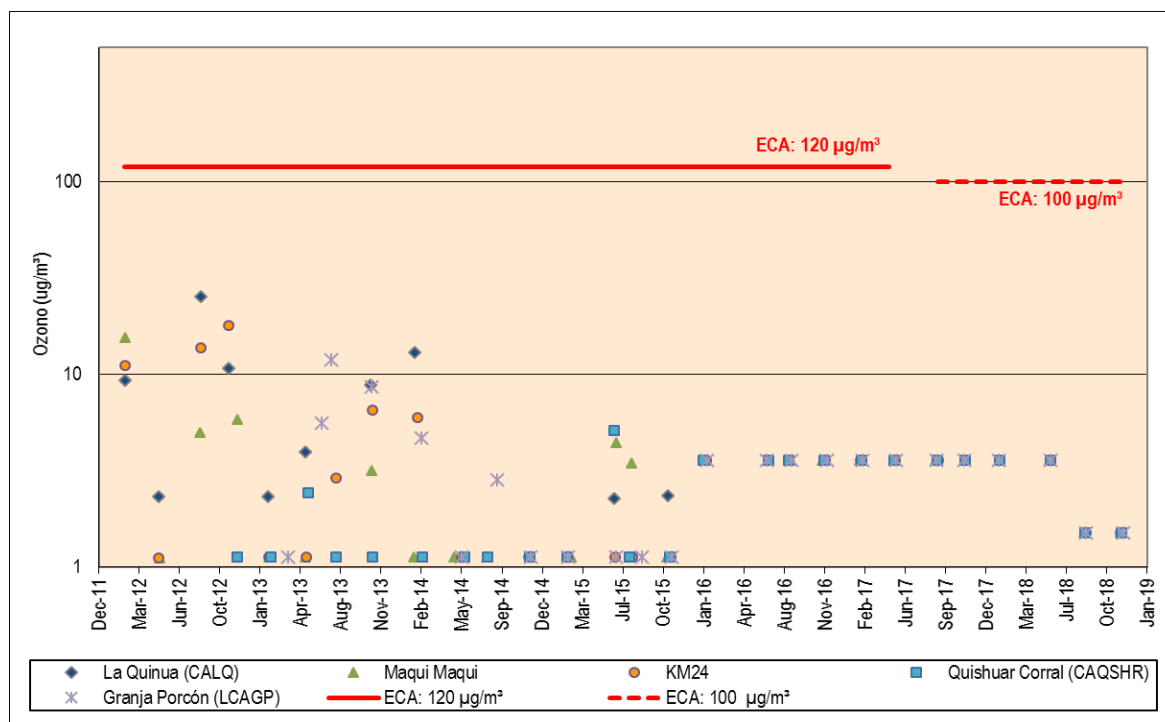
El Gráfico 3.2.5.1-26, *Concentración de Monóxido de Carbono - Estaciones de Línea Base*, muestra los resultados obtenidos para el periodo de evaluación correspondiente.

**Gráfico 3.2.5.1-26 Concentración de Monóxido de Carbono - Estaciones de Línea Base**

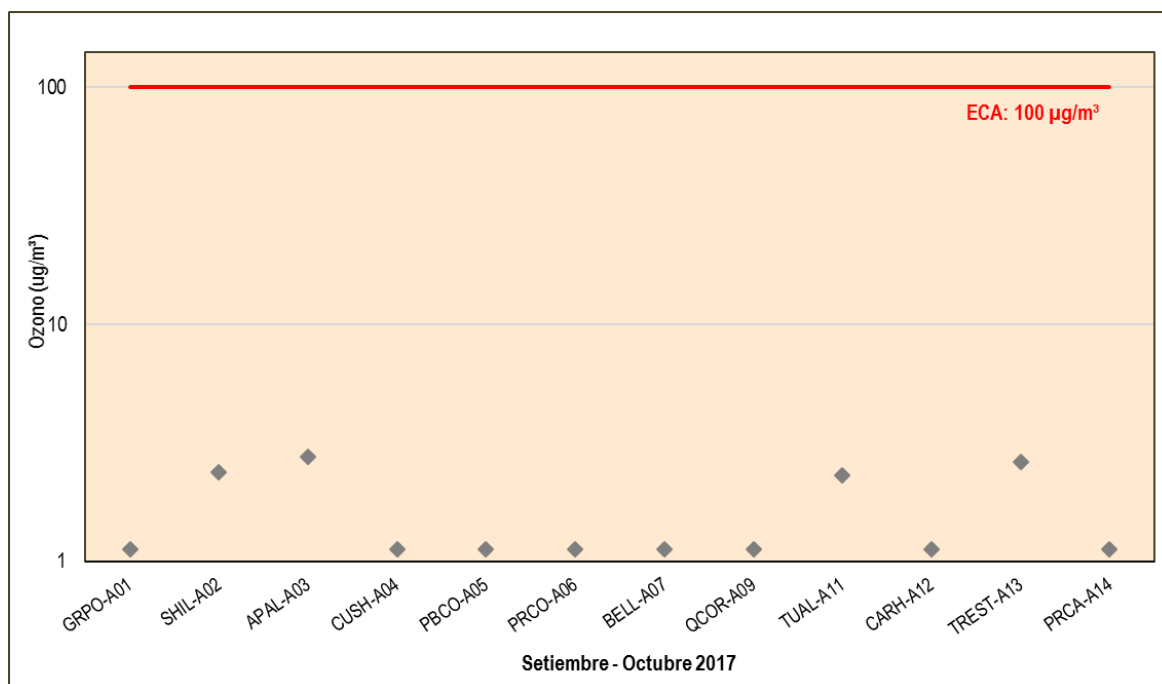
- **Ozono (O<sub>3</sub>)**

La evaluación de este parámetro considera el cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último es aplicable a partir del 8 de junio del 2017, en base a ello, se describen dos escenarios considerando las estaciones del programa de monitoreo de MYSRL:

En el primer escenario, considerando el ECA de 120 µg/m³ establecido para el ozono (O<sub>3</sub>) y vigente hasta el 7 de junio del 2017, se registran concentraciones con valores detectables y no detectables. Aproximadamente un 26% del total de registros fueron detectables, con concentraciones que fluctúan entre los 2.26 µg/m³ (junio 2015) y 25.28 µg/m³ (agosto 2012), siendo la estación La Quinua quien registra el mayor valor de concentración de O<sub>3</sub>, nótese además que la mayor dispersión de valores en casi la totalidad de estaciones evaluadas (La Quinua, Maqui Maqui, Km24 y Granja Porcón) se registra en el periodo 2012-2014, con excepción de la estación Quishuar Corral que mantiene una tendencia casi lineal en este mismo periodo y en adelante. A partir del 2016, las concentraciones de O<sub>3</sub> en todas las estaciones presentan una tendencia lineal en su comportamiento, con los valores por debajo del LD; así se tiene que para el periodo comprendido entre setiembre de 2013 y julio de 2015 el valor del LD es <2.25 µg/m³, mientras que de enero de 2016 a agosto de 2017 el valor del LD es <7.15 µg/m y para el periodo posterior se tiene un LD <3.0 µg/m³. En este último periodo descrito entra en vigencia a partir del 8 de junio del 2017 el nuevo ECA de O<sub>3</sub> (100 µg/m³); en este nuevo escenario y considerando lo descrito líneas arriba, todos los registros cumplen con lo establecido por el nuevo ECA aplicable, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-27, Concentración de Ozono.

**Gráfico 3.2.5.1-27 Concentración de Ozono**

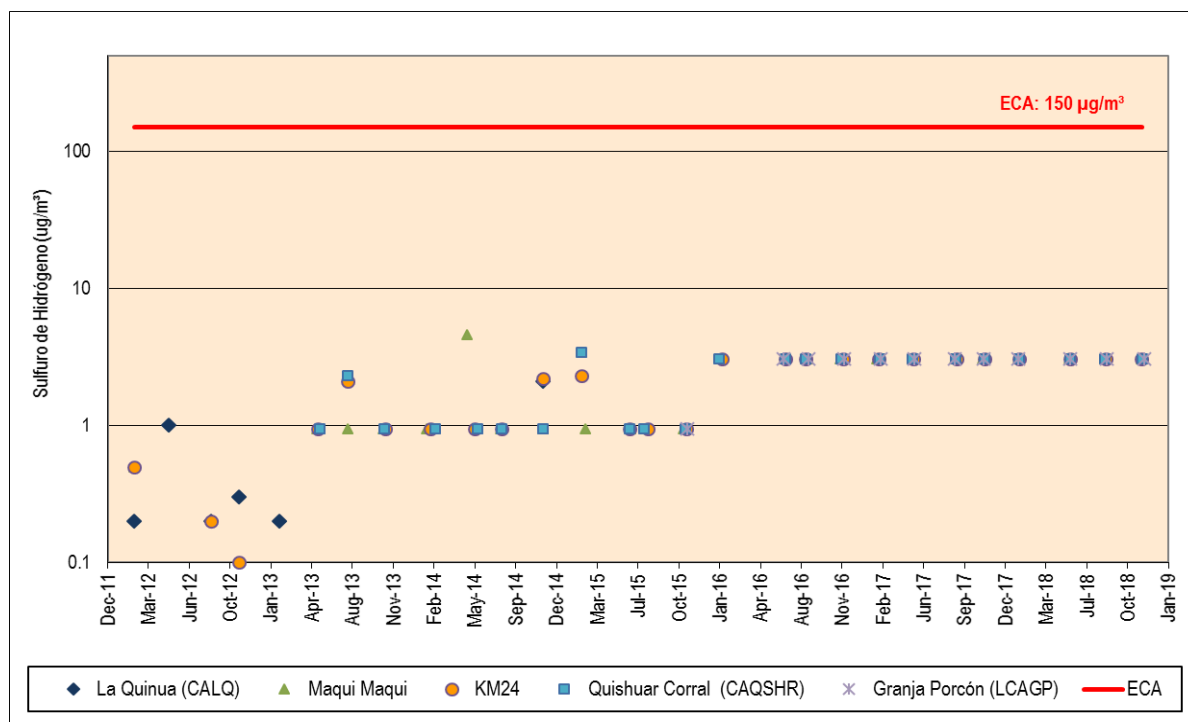
Asimismo, el 88% de las estaciones de línea base registran concentraciones con valores por debajo del LD, lo que muestra la tendencia que se ha observado en la evaluación de las estaciones descritas previamente para este periodo (a partir del 2016). Por otro lado, de los valores detectables, la máxima concentración alcanza los  $2.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y corresponde a la estación APAL-A03, concluyendo que en ningún caso se supera el lineamiento establecido por el ECA vigente ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 8 horas), tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-28, Concentración de Ozono - Estaciones de Línea Base.

**Gráfico 3.2.5.1-28 Concentración de Ozono - Estaciones de Línea Base**

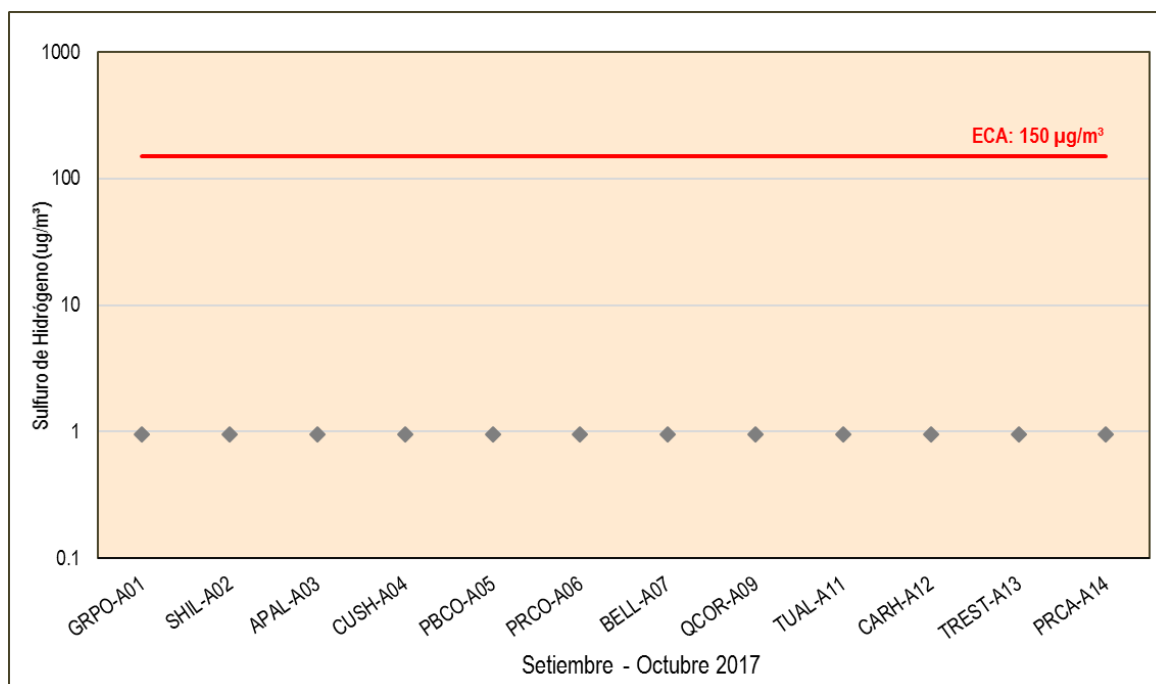
- Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ )**

La evaluación considera el cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, éste último es aplicable a partir del 8 de junio del 2017, hecha la revisión de ambas normas, se debe precisar que el ECA para el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ),  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , no ha sufrido ajustes en todo el periodo de evaluación (2012-2018).

Las concentraciones de  $H_2S$  registradas en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón, presentan una marcada tendencia lineal a partir del segundo trimestre del 2013, con concentraciones por debajo del LD, que muestra una marcada variación en dos periodos. La máxima concentración de  $H_2S$  registrada en estas estaciones alcanza los  $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mayo 2014) y corresponde a la estación Maqui Maqui. De lo descrito se infiere que en ningún caso se supera el ECA para  $H_2S$  ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), aplicable para concentraciones promedio en 24 horas, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-29, *Concentración de Sulfuro de Hidrógeno*.

**Gráfico 3.2.5.1-29 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno**

Asimismo, se observa que las concentraciones de  $\text{H}_2\text{S}$  registradas en las estaciones de línea base entre los meses de setiembre-octubre del 2017, siguen la tendencia mostrada por las estaciones evaluadas en el párrafo anterior, en vista que la totalidad de los registros presentaron valores de concentración por debajo del límite de detección, cumpliendo en todos los casos con el ECA establecido para el  $\text{H}_2\text{S}$  ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas), tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-30, Concentración de Sulfuro de Hidrógeno - Estaciones de Línea Base.

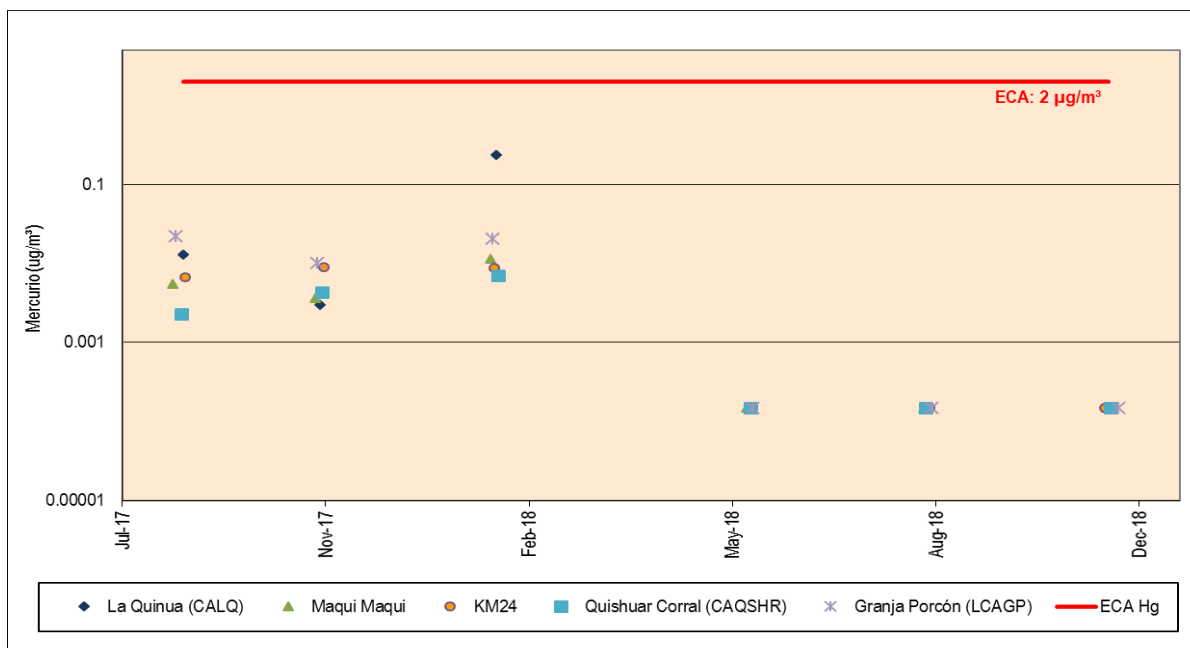
**Gráfico 3.2.5.1-30 Concentración de Sulfuro de Hidrógeno - Estaciones de Línea Base**

- **Mercurio Gaseoso Total (Hg)**

La evaluación del mercurio gaseoso total (Hg) considera el cumplimiento de D.S. N° 003-2017-MINAM, en el que se establece el ECA ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vigente a partir del 8 de junio de 2017.

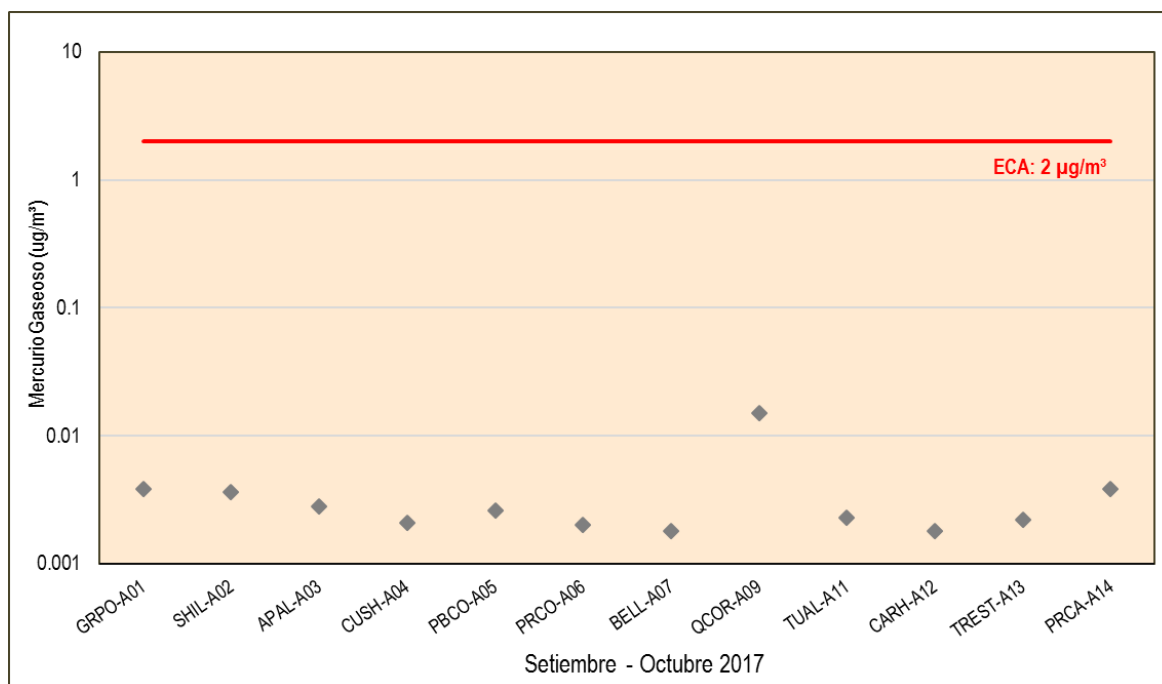
Los resultados obtenidos en las estaciones La Quinua, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón presentaron concentraciones que fluctuaron entre  $0.022 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (agosto 2017) y  $0.236 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (enero 2018), en las estaciones Quishuar Corral y La Quinua, respectivamente, observándose que las concentraciones de Hg no superan el ECA ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aplicable para concentraciones promedio en 24 horas, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-31, *Concentración de Mercurio Gaseoso Total*.

**Gráfico 3.2.5.1-31 Concentración de Mercurio Gaseoso Total**



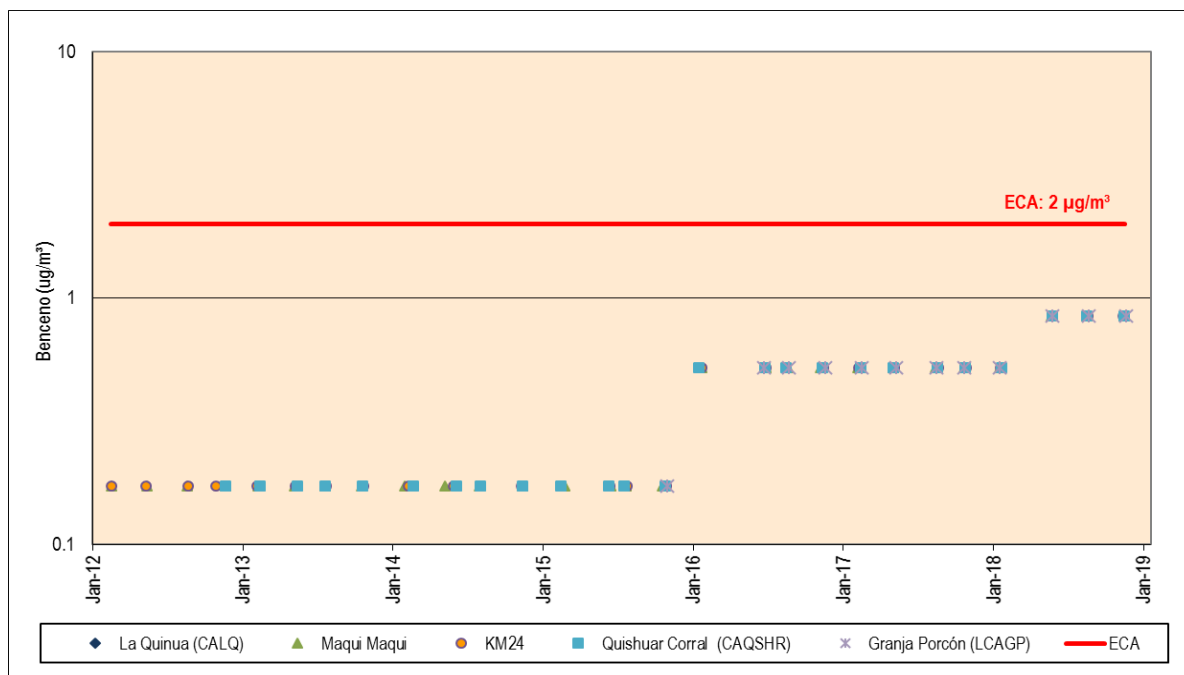
Asimismo, las concentraciones de Hg obtenidas en las estaciones de línea base entre los meses de setiembre y octubre de 2017, presentan concentraciones detectables que fluctúan entre  $0.0018 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $0.0149 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registradas en las estaciones CLCR-A07 y QCOR-A09, respectivamente. En ningún caso se supera el ECA establecido para Hg ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 24 horas).

El Gráfico 3.2.5.1-32, *Concentración de Mercurio Gaseoso Total - Estaciones de Línea Base*, muestra los resultados obtenidos en todas las estaciones de línea base consideradas para esta evaluación.

**Gráfico 3.2.5.1-32 Concentración de Mercurio Gaseoso Total - Estaciones de Línea Base**

- Benceno**

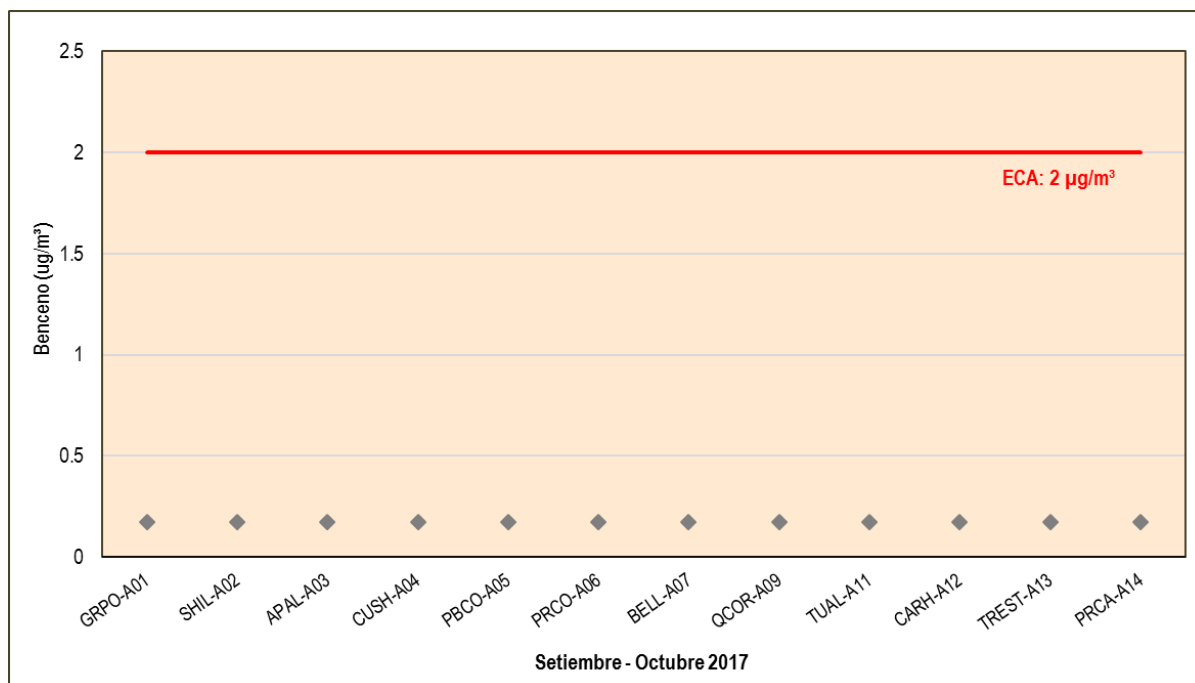
La evaluación del benceno considerado el cumplimiento del D.S. N° 003-2008-MINAM y D.S. N° 003-2017-MINAM, en ambas normas el ECA se mantiene en  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones de benceno registradas en las estaciones La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón, para el periodo 2012 - 2018, presentan concentraciones con valores por debajo del límite de detección en todos los casos, en ese sentido, no se supera el lineamiento establecido por el ECA ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aplicable para concentraciones promedio anual, tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.1-33, *Concentración de Benceno*.

**Gráfico 3.2.5.1-33 Concentración de Benceno**



Situación similar a la descrita para las estaciones evaluadas en el párrafo anterior, presentan los resultados obtenidos en las estaciones de línea base de la I MEIA, que muestran registros con concentraciones que se encuentran por debajo del límite de detección, cumpliendo con el ECA para benceno ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), aplicable para concentraciones promedio anual, tal como se aprecia en el Gráfico 3.2.5.1-34, *Concentración de Benceno - Estaciones de Línea Base*.

**Gráfico 3.2.5.1-34 Concentración de Benceno - Estaciones de Línea Base**



### Conclusiones

De la evaluación de los resultados obtenidos en las estaciones de monitoreo de calidad de aire que forman parte del Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de MYSRL (La Quinua, Km24, Maqui Maqui, Quishuar Corral y Granja Porcón), y en las 12 estaciones de línea base de la I MEIA Yanacocha, se concluye que:

- En las estaciones que forman parte del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL, se han registrado valores puntuales por encima del valor estándar para los parámetros de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), material particulado  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ . Las excedencias del  $\text{NO}_2$  y  $\text{PM}_{10}$  corresponden a un único valor en cada caso, durante todo el periodo de evaluación comprendido entre el 2012 y 2018; si bien ambas excedencias han sido registradas en la estación La Quinua, no se ha podido establecer una relación entre ellas toda vez que fueron registradas en años diferentes, 2013 y 2016, respectivamente. En cuanto a la excedencia del  $\text{PM}_{2.5}$ , se registraron tres valores, dos en la estación de monitoreo Quishuar Corral y una la estación Km24, todas en años diferentes (2013, 2015 y 2016), en ese sentido, no se ha establecido la excedencia de este parámetro dentro del área de estudio ya que el criterio definido por norma para su evaluación dispone que no se deberá superar el estándar de  $\text{PM}_{2.5}$  en 24 horas más de siete veces al año. Cabe indicar que la excedencia de  $\text{NO}_2$  se asocia a las actividades de tránsito en la carretera cercana a la estación La Quinua. En tanto, las excedencias registradas para material particulado  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$ , son atribuibles a la alta incidencia de quema de pastos y a las condiciones de sequía inusual reportados en el 2016 en toda la Región Cajamarca.
- Todas las concentraciones de los parámetros evaluados en las estaciones de línea base que han sido registradas entre setiembre y octubre de 2017 cumplen con los ECA establecidos en la normatividad ambiental vigente.

### 3.2.5.2 Calidad de Suelo

Para la caracterización de las condiciones de la línea base de la calidad de suelo en el área del Proyecto de la II MEIA Yanacocha, se han considerado los resultados del Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) y del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de Calidad de Suelos, implementado por MYSRL a partir del año 2018.

Para el Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control se han considerado un total de 12 estaciones de muestreo: MSY-1, MSY-2, MYS-3, MSY-4, MSY-5, MSY-6, MSY-7, MSY-9, MSY-10, MSY-11, MSY-12 y MSY-13, distribuidos en toda el área de estudio del Proyecto, ubicadas en áreas donde potencialmente podría generarse el transporte de sustancias contaminantes. Cabe indicar que la estación MSY-8 no ha sido considerada para la elaboración de la presente línea base pues se encuentra ubicada en el sector China Linda, fuera del área de estudio del Proyecto. Es preciso indicar que el programa de monitoreo en mención fue aprobado como parte del Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) de la Unidad Minera Yanacocha – Fase de Identificación (Walsh Perú S.A.C., 2017), mediante R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM (ver Apéndice I, *Resolución de Aprobación del IISC*), con el objetivo de efectuar el control de calidad del suelo superficial en la Unidad Minera Yanacocha.

#### **Antecedentes**

##### **Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) – Fase de Identificación**

En el marco del D.S. N° 002-2014-MINAM, MYSRL elaboró el Informe de Identificación de Sitios Contaminados (IISC) – Fase Identificación (Walsh Perú S.A.C., 2017). Este informe tuvo como objetivo determinar la existencia de áreas dentro de la Unidad Minera Yanacocha en las que se superarán los ECA establecidos para suelos de uso industrial/extractivo o los niveles de fondo. Entendiendo que los niveles de fondo son las concentraciones en el suelo de los parámetros regulados que no fueron generados por la actividad y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena.

El IISC se desarrolló conforme a lo establecido en la Guía para Muestreo de Suelos (R.M. N° 085-2014-MINAM), aprobada en el marco del D.S. N° 002-2013-MINAM y las disposiciones complementarias para su aplicación (D.S. N° 002-2014-MINAM). Así, para el desarrollo de la caracterización de la calidad de suelo del área del Proyecto se han considerado los resultados obtenidos en 119 muestras de suelo tomadas en las áreas de potencial interés (API) que se encuentran distribuidas en cinco sectores de la Unidad Minera Yanacocha, establecidas en el IISC, considerando las áreas de trabajo que explotan el mineral a cielo abierto, las cuales son: Cerro Negro, La Quinua, Cerro Yanacocha, Maqui Maqui y Carachugo (incluyendo Chaquicocha).

En la Tabla 3.2.5.2-1, *Distribución de Muestras de Suelos por Sectores*, se presenta el número de muestras consideradas para la caracterización de la calidad de suelos del área del Proyecto. Las muestras evaluadas como parte del IISC han sido de dos tipos, 104 correspondientes a muestreos de identificación y 21 a muestreos de nivel fondo.

**Tabla 3.2.5.2-1 Distribución de Muestras de Suelos por Sectores**

Proyecto	Año de inicio de operaciones	Sector	Muestras de identificación	Muestras de fondo
Cerro Negro	2004	Cerro Negro	18	1
Yanacocha Oeste	2001	La Quinua	44	9
	1997	Cerro Yanacocha	13	2
Yanacocha Este	1994	Maqui Maqui	13	3
	1993	Carachugo	26	6
Total			104	21
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2017.				

**Áreas de Potencial Interés (API) de Muestreo**

Del IISC, se consideraron un total de 119 muestras compuestas, una por cada API, ubicadas dentro del área de estudio del Proyecto, la distribución de estos puntos se basó en el criterio del experto y en la posible distribución espacial del material peligroso (Walsh Perú S.A.C., 2017), además de otros criterios establecidos en la guía metodológica del MINAM.

Entendiendo que las API son consideradas áreas de muestreo, en la Tabla 3.2.5.2-2, *Áreas de Muestreo de Calidad de Suelos*, se presentan sus coordenadas referenciales de ubicación.

Tabla 3.2.5.2-2 Áreas de Muestreo de Calidad de Suelos

N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)	N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)	N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)
		Este	Norte				Este	Norte				Este	Norte	
Sector Cerro Negro					40	MIY - 40	772596	9224526	620.827	79	MIY - 67	779732	9228620	409.29
1	MIY - 02	765938	9224283	987.368	41	MIY - 120	772510	9227763	992.685	80	MIY - 70	779885	9227514	411.968
2	MIY - 03	766623	9224966	499.853	42	MIY - 121	772075	9227277	900.540	81	MIY - 71	779742	9227917	788.582
3	MIY - 04	767105	9224693	624.753	43	MIY - 122	771644	9226704	1481.870	82	MIY - 139	778576	9230163	924.142
4	MIY - 05	767781	9223452	951.494	44	MIY - 123	768895	9227717	966.019	83	MIY - 150	778545	9229795	654.993
5	MIY - 06	767211	9223096	735.212	45	MIY - 124	769146	9227644	945.357	84	MIY - 151	778396	9229365	905.941
6	MIY - 07	767284	9226351	935.765	46	MIY - 125	770459	9228025	865.299	85	MIY - 152	778632	9229480	840.389
7	MIY - 08	767802	9226574	648.137	47	MIY - 126	772179	9224065	948.800	86	MIY - 153	779166	9229149	707.511
8	MIY - 09	768149	9227138	917.780	48	MIY - 127	770230	9225120	648.175	87	MIY - 154	778984	9230787	527.948
9	MFY - 74	766548	9222822	1388.348	49	MIY - 128	769879	9224919	600.844	88	MFY - 80	779177	9228387	1549.834
Sector La Quinua					50	MIY - 130	772609	9224637	518.054	89	MFY - 81	779148	9228285	2170.566
10	MIY - 10	768304	9227533	672.401	51	MIY - 140	770962	9226480	587.051	90	MFY - 82	780047	9228175	1727.963
11	MIY - 11	768659	9227477	321.681	52	MIY - 142	770875	9225101	351.526	Sector Carachugo				
12	MIY - 12	769011	9227323	999.776	53	MIY - 143	770953	9226571	42.372	91	MIY - 48	775347	9230327	639.487
13	MIY - 13	769230	9227576	851.233	54	MFY - 75	768807	9224368	2312.853	92	MIY - 49	776114	9230018	733.64
14	MIY - 14	768887	9227172	779.409	55	MFY - 76	770163	9224964	2677.461	93	MIY - 50	776566	9229319	894.358
15	MIY - 15	768954	9227133	523.443	56	MFY - 77	769483	9227751	2442.914	94	MIY - 51	774985	9225394	830.422
16	MIY - 16	769153	9227150	665.677	57	MFY-155	769143	9227399	2312.853	95	MIY - 52	775350	9224153	970.404
17	MIY - 17	769454	9224342	756.069	58	MFY-156	769667	9227498	2677.461	96	MIY - 53	775205	9223865	851.34
18	MIY - 18	769872	9227817	972.593	59	MFY-157	770002	9227129	2442.914	97	MIY - 54	776092	9223953	496.952
19	MIY - 19	769902	9226753	998.760	Sector Cerro Yanacocha					98	MIY - 55	776024	9224069	677.651
20	MIY - 20	770009	9226702	834.539	60	MIY-114A	772437	9229133	133.195	99	MIY - 56	776255	9224633	915.162
21	MIY - 21	770114	9226693	636.158	61	MIY-114B	772478	9229227	26.575	100	MIY - 57	775561	9226059	370.544
22	MIY - 22	770071	9227007	988.507	62	MIY-114C	772340	9229279	861.470	101	MIY - 58	777449	9229449	641.839
23	MIY - 23	770344	9226750	529.885	63	MIY - 129	773399	9228368	960.419	102	MIY - 60	777879	9229006	401.019

N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)	N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)	N°	Áreas de muestreo	Coordenadas UTM		Área (m²)
		Este	Norte				Este	Norte				Este	Norte	
24	MIY - 24	770229	9224757	465.601	64	MIY - 133	774506	9228845	434.312	103	MIY - 64	778273	9228772	668.95
25	MIY - 25	770409	9225809	529.025	65	MIY - 137	775646	9228268	385.275	104	MIY - 68	778614	9227563	740.567
26	MIY - 26	770429	9225707	324.760	66	MIY - 41	772101	9229288	620.473	105	MIY - 69	779044	9227329	779.233
27	MIY - 27	770821	9226318	991.751	67	MIY - 42	772258	9229052	750.016	106	MIY - 72	778508	9226063	749.103
28	MIY - 28	770962	9226873	841.393	68	MIY - 43	772334	9229418	819.984	107	MIY - 73	778793	9225449	480.495
29	MIY - 29	770877	9227911	256.511	69	MIY - 44	772834	9230159	848.969	108	MIY - 131	778387	9226196	852.47
30	MIY - 30	770902	9227957	365.86	70	MIY - 45	772777	9228456	679.234	109	MIY - 134	776175	9227655	48.991
31	MIY - 31	770939	9228035	833.981	71	MIY - 46	773168	9228394	393.358	110	MIY - 135	778479	9226806	980.307
32	MIY - 32	771204	9227336	992.707	72	MIY - 47	774234	9230585	949.576	111	MIY - 138	776729	9225276	964.394
33	MIY - 33	771628	9227947	447.852	73	MFY - 78	772943	9229626	3277.934	112	MIY - 144	776314	9224828	776.979
34	MIY - 34	771777	9228449	545.988	74	MFY - 79	774222	9230179	2781.123	113	MIY - 145	776484	9225032	980.13
35	MIY - 35	771090	9224168	672.497	Sector Maqui					114	MIY - 147	777376	9229381	783.785
36	MIY - 36	771591	9223849	561.145	75	MIY - 59	778400	9230950	938.929	115	MIY - 148	777991	9229418	551.297
37	MIY - 37	771628	9223648	834.548	76	MIY - 61	778543	9230980	598.793	116	MIY - 149	779292	9226863	888.627
38	MIY - 38	771748	9223914	336.838	77	MIY - 63	778757	9230213	641.982	117	MFY -158	778734	9225418	2312.853
39	MIY - 39	771976	9223746	866.066	78	MIY - 66	779797	9231032	749.483	118	MFY -159	778521	9225859	2677.461
										119	MFY -160	778939	9225630	2442.914
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2017. <b>Nota:</b> MIY: Muestreo de identificación. MFY: Muestreo de fondo.														

Se debe indicar que conforme a lo señalado en la Guía para Muestreo de Suelos (MINAM, 2014) se han tomado adicionalmente un total de 13 muestras duplicadas distribuidas de forma diferenciada por sector, considerando que para superficies menores o iguales a 20 ha se debe considerar el duplicado del 10% del total de muestras con la finalidad asegurar el control de calidad. El detalle de las muestras duplicadas por sector se presenta en la Tabla 3.2.5.2-3, *Número de Muestras Duplicadas por Sector*.

**Tabla 3.2.5.2-3 Número de Muestras Duplicadas por Sector**

Código de muestra original	Muestra duplicada	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Sector Carachugo			
MIY – 134	MIY- 431	776175	9227655
Sector Cerro Yanacocha			
MIY – 137	MIY - 7310	775646	9228268
MFY – 79	MFY - 970	774222	9 230179
Sector La Quinua			
MIY – 10	MIY-1010	768304	9227533
MIY – 18	MIY-810	769872	9227817
MIY – 24	MIY- 420	770229	9224757
MIY – 27	MIY - 720	770821	9226318
MIY – 34	MIY-430	771777	9228449
MIY – 127	MIY - 721	770230	9225120
MFY – 75	MFY - 570	768807	9 224368
MIY – 38	MIY - 830	771748	9223914
MIY – 142	MIY - 2410	770875	9225101
MFY – 157	MFY - 751	770002	9 227129
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2017.			

En la Figura 3.2.5.2-1, *Áreas de Muestreo de identificación - Calidad de Suelo*, se presentan los puntos de ubicación referenciales de las API consideradas como las áreas de muestreo para la caracterización de la calidad de suelos del área del Proyecto.

#### **Evaluación de Resultados del Muestreo realizado como parte del IISC**

Los resultados del muestreo realizado como parte del IISC, se presentan por cada sector, su evaluación tiene como referencia los ECA establecidos para suelos de uso extractivos (D.S. N° 011-2017-MINAM).

##### Sector Cerro Negro

Las concentraciones de los parámetros evaluados en este sector se presentan en la Tabla 3.2.5.2-4, *Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Negro*.

En este sector, no se ha considerado la evaluación de parámetros orgánicos para la evaluación de la calidad de suelos.

En el caso de los parámetros inorgánicos evaluados en las 9 muestras, solo el As registra una excedencia del ECA establecido para suelos de uso extractivo (140 mg/kg), sin embargo, considerando los niveles de fondo establecidos para este parámetro (500-4,000 mg/kg), las concentraciones de As reportadas en todos los puntos cumplen con el estándar establecido.

Se debe precisar que las concentraciones reportadas para el cianuro libre, cromo hexavalente, Hg, Ba, Cd y Pb cumplen con los estándares ambientales correspondientes en todas las muestras analizadas.

Tabla 3.2.5.2-4 Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Negro

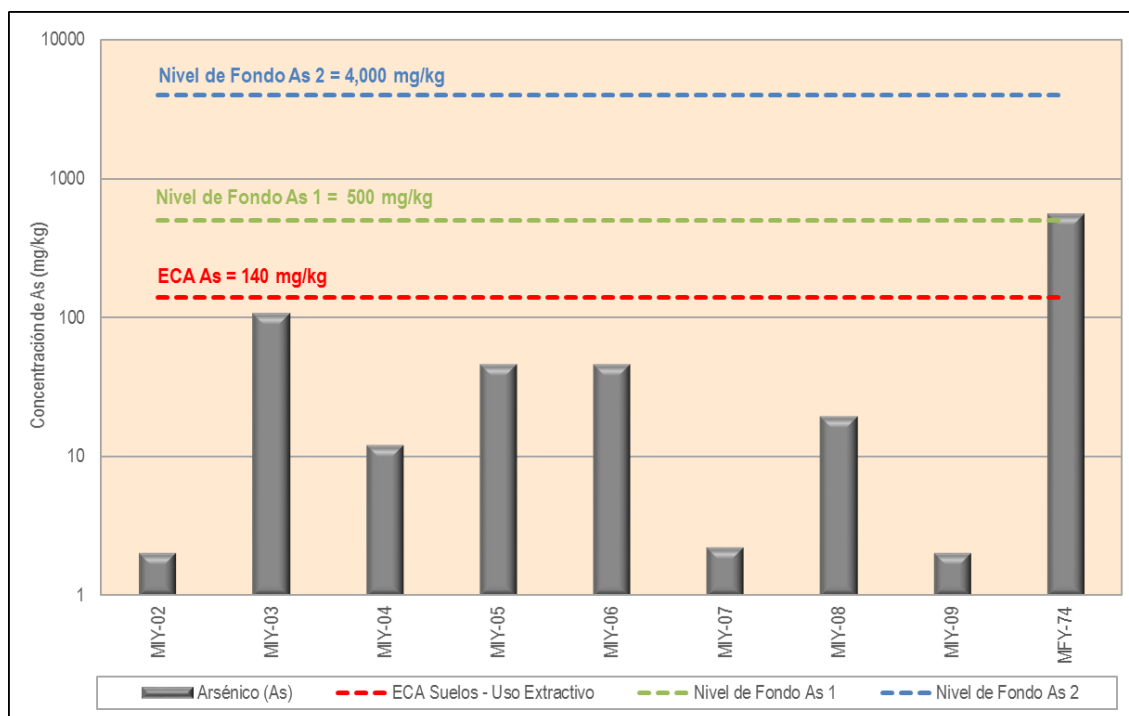
Código de muestra	Parámetro						
	Cianuro libre (CN <sup>-</sup> )	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MIY-02	< 0.5	< 0.2	0.16	< 2.0	14.1	< 0.5	2.4
MIY-03	< 0.5	< 0.2	1.98	106.3	109.3	< 0.5	51.4
MIY-04	< 0.5	< 0.2	0.27	11.9	183.6	< 0.5	16.2
MIY-05	< 0.5	< 0.2	0.23	45.5	98.8	1.2	< 2.0
MIY-06	< 0.5	< 0.2	0.25	45.5	36.1	< 0.5	12.6
MIY-07	< 0.5	< 0.2	0.14	2.2	76.5	< 0.5	9.9
MIY-08	< 0.5	< 0.2	0.26	19.3	112.8	< 0.5	8
MIY-09	< 0.5	< 0.2	0.17	< 2.0	69.2	< 0.5	7.8
MFY-74	< 0.2	< 0.2	0.77	557.3	203.2	4.0	700.6
<b>ECA Suelos – Uso Extractivo</b>	<b>8</b>	<b>1.4</b>	<b>24</b>	<b>(*)500-4,000</b>	<b>2,000</b>	<b>22</b>	<b>800</b>
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2016. <b>Nota:</b> (*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM.							

- Arsénico**

En el Gráfico 3.2.5.2-1, *Concentraciones de As – Sector Cerro Negro*, se presentan las concentraciones de As en todas las muestras evaluadas, gráficamente se puede apreciar la excedencia registrada en el punto de muestreo MFY-74, ubicado en la zona Rejo, con una concentración de 557.3 mg/kg, por encima de lo establecido por el ECA para suelos de uso extractivo (140 mg/kg),

Considerando que las muestras de nivel de fondo sirven para determinar las concentraciones de los químicos en suelos que no fueron generados por la actividad objeto de análisis y que se encuentran en el suelo de manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a las actividades del Proyecto, para la evaluación de la muestra (MFY-74) se consideran las concentraciones de nivel de fondo establecidas para el As en toda el área del Proyecto, las que se encuentran entre los 500 mg/Kg y 4,000 mg/kg, esto debido a la variabilidad de los resultados encontrados en los monitoreos históricos entre puntos cercanos, lo que sugiere que la concentración de As en el área del Proyecto es heterogénea y difusa por lo que es posible que existan concentraciones de hasta 4,000 mg/kg, (Walsh Perú S.A.C., 2017).



**Gráfico 3.2.5.2-1 Concentraciones de As – Sector Cerro Negro****Sector La Quinua**

Del total de las muestras evaluadas en este sector, solo para el caso de las muestras MIY-31 y MIY-140, ubicadas cuesta abajo del almacén de residuos peligrosos y en la planta Gold Mill, respectivamente, se consideró el monitoreo de todos los parámetros orgánicos (fracciones de hidrocarburos) y en ningún caso se registran excedencias del estándar ambiental correspondiente.

Las fracciones de hidrocarburos (F1, F2 y F3) se evaluaron en el 21 % de las muestras, todas ellas ubicadas en áreas cercanas a la cancha de volatilización, planta de Gold Mill, almacén de diésel, antiguas plataformas y zonas de cierre; y todos los resultados obtenidos se cumplieron con el ECA suelo aplicable. Las mayores concentraciones se registraron para la F3 (C28-C40) con valores de concentración que van desde los 26 mg/kg hasta los 277 mg/kg.

De los parámetros inorgánicos evaluados en todas las muestras, solo se ha registrado la excedencia del ECA para suelos de uso extractivo del As (140 mg/kg), en el 14.8% de las muestras, 9 muestras en total, de las cuales 7 corresponden a muestras de identificación (MIY-16, MIY-23, MIY-121, MIY-125, MIY-140, MIY-143, MIY-127 y su muestra duplicado MIY-721) y 1 muestra de nivel de fondo (MFY-155), cabe precisar que en ningún caso se han superado las concentraciones de nivel de fondo establecidas (500 – 4,000 mg/kg). Todos los demás parámetros (cianuro libre, cromo hexavalente, Hg, Ba, Cd y Pb) reportan concentraciones por debajo del estándar ambiental de suelo establecido.

Mayores detalles de lo descrito se presentan en la Tabla 3.2.5.2-5, *Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector La Quinua*.

Tabla 3.2.5.2-5 Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector La Quinua

Código de muestras	Parámetros																
	Fracción de Hidrocarburos			BTEX						PCB total	Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)	Benceno	Etilbenceno	m.p-xileno	o-xileno	Tolueno	Xilenos								
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg								
MIY-10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.24	20.3	64.3	< 0.5	40.9
MIY-1010	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.28	24.4	59.8	< 0.5	66.5
MIY-11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.03	110.3	147.1	< 0.5	126.9
MIY-12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.76	38.9	147.6	< 0.5	64.4
MIY-13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.55	43.4	120.4	< 0.5	72.6
MIY-14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.92	72.6	194.2	< 0.5	131.7
MIY-15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.97	39.2	159.8	< 0.5	67.8
MIY-16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.98	195.4	248.4	< 0.5	379.7
MIY-17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.06	13.6	81	< 0.5	8.8
MIY-18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.32	31.3	31.7	< 0.5	49.3
MIY-810	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.27	30.2	43.4	< 0.5	55
MIY-19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1	77.7	100.9	< 0.5	119.2
MIY-20	< 0.6	< 2	26	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	6.47	54.8	83.8	< 0.5	114.9
MIY-21	< 0.6	< 2	38	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.5	56.4	146.4	< 0.5	104.3
MIY-22	< 0.6	6	68	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.45	135.7	77.8	< 0.5	86
MIY-23	< 0.6	9	78	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.57	169.8	89.9	< 0.5	336.8
MIY-24	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	13.96	45.4	37.3	< 0.5	76.2
MIY-420	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	15.24	42.5	31.9	< 0.5	64
MIY-25	< 0.6	13	108	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.47	29.3	124.4	< 0.5	25.4
MIY-26	< 0.6	11	277	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.36	41.3	89.3	< 0.5	115
MIY-27	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.14	81.1	61.4	< 0.5	185.2

Código de muestras	Parámetros																
	Fracción de Hidrocarburos			BTEX						PCB total	Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)	Benceno	Etilbenceno	m.p-xileno	o-xileno	Tolueno	Xilenos								
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg								
MIY-720	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.17	91.5	69.1	< 0.5	199.2
MIY-28	< 0.6	7	56	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.54	119.8	70.6	< 0.5	172
MIY-29	< 0.6	9	74	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.43	93	135.9	< 0.5	211.4
MIY-30	< 0.6	< 2	70	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.68	36.9	285.6	1.2	70.1
MIY-31	< 0.6	< 2	58	< 0.004	< 0.004	< 0.008	< 0.004	< 0.004	< 0.012	< 0.042	< 0.5	< 0.2	0.64	69.8	98.3	< 0.5	109.4
MIY-32	< 0.6	17	154	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.1	64.4	54.4	< 0.5	96.5
MIY-33	< 0.6	8	95	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.45	103.2	105.2	< 0.5	177.3
MIY-34	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.67	131.2	71.6	< 0.5	221.5
MIY-430	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.8	131.4	62.1	< 0.5	195.5
MIY-75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.11	29.1	55.8	< 0.5	15.4
MIY-570	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.3	51.7	61.7	< 0.5	14.4
MIY-120	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.02	105.3	130.3	< 0.5	217.2
MIY-121	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.63	171.4	200.5	1.3	625
MIY-122	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.75	129.7	94.9	< 0.5	180.4
MIY-123	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.36	24.9	141.2	< 0.5	33.9
MIY-124	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.41	22.5	193.5	< 0.5	26.7
MIY-125	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.79	411.2	85.8	< 0.5	602.7
MIY-127	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.85	189.3	64.5	< 0.5	244.5
MIY-721	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.71	192.8	66.1	< 0.5	252.6
MIY-128	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.63	26.4	72.3	< 0.5	177.5
MIY-140	< 0.6	6	37	< 0.004	< 0.004	< 0.008	< 0.004	< 0.004	< 0.012	< 0.042	< 0.2	< 0.2	4.17	343.6	927.3	< 0.5	891.1
MIY-142	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.96	53.09	107.2	< 0.1	142.2
MIY-2410	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.8	59.83	113.4	< 0.1	158.6

Código de muestras	Parámetros																
	Fracción de Hidrocarburos			BTEX						PCB total	Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)	Benceno	Etilbenceno	m.p-xileno	o-xileno	Tolueno	Xilenos								
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg								
MIY-143	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.3	< 0.3	2.51	469.4	897.6	1.2	862.1
MIY-35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.08	78.6	186.4	< 0.5	99.6
MIY-36	< 0.6	17	122	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.17	51.1	53	< 0.5	67.4
MIY-37	< 0.6	29	262	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.18	48.1	59.2	< 0.5	76.5
MIY-38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.5	46.4	43	< 0.5	81.2
MIY-830	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.45	51	42.1	< 0.5	84
MIY-39	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.27	90.6	53.6	< 0.5	118.5
MIY-40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.82	127.6	41.4	< 0.5	83.9
MIY-126	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.35	51.3	117.9	< 0.5	71.6
MIY-130	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	--	0.33	114.4	50.3	< 0.5	93
MFY-76	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.28	65.2	133.4	< 0.5	9.1
MFY-77	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.26	16.3	54.7	< 0.5	30
MFY-155	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	0.94	153.5	82.4	< 0.6	202
MFY-156	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	0.19	25.7	75.1	< 0.6	< 2
MFY-157	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	0.18	60.5	60.6	< 0.6	< 2
MFY-751	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0.12	66.7	53.2	< 0.6	< 2
<b>ECA Suelos - Uso Extractivo</b>	<b>500</b>	<b>5,000</b>	<b>6,000</b>	<b>0.03</b>	<b>0.082</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>0.37</b>	<b>11</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>1.4</b>	<b>24</b>	<b>(*)500 – 4,000</b>	<b>2,000</b>	<b>22</b>	<b>800</b>
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2016. <b>Nota:</b> (*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM.																	

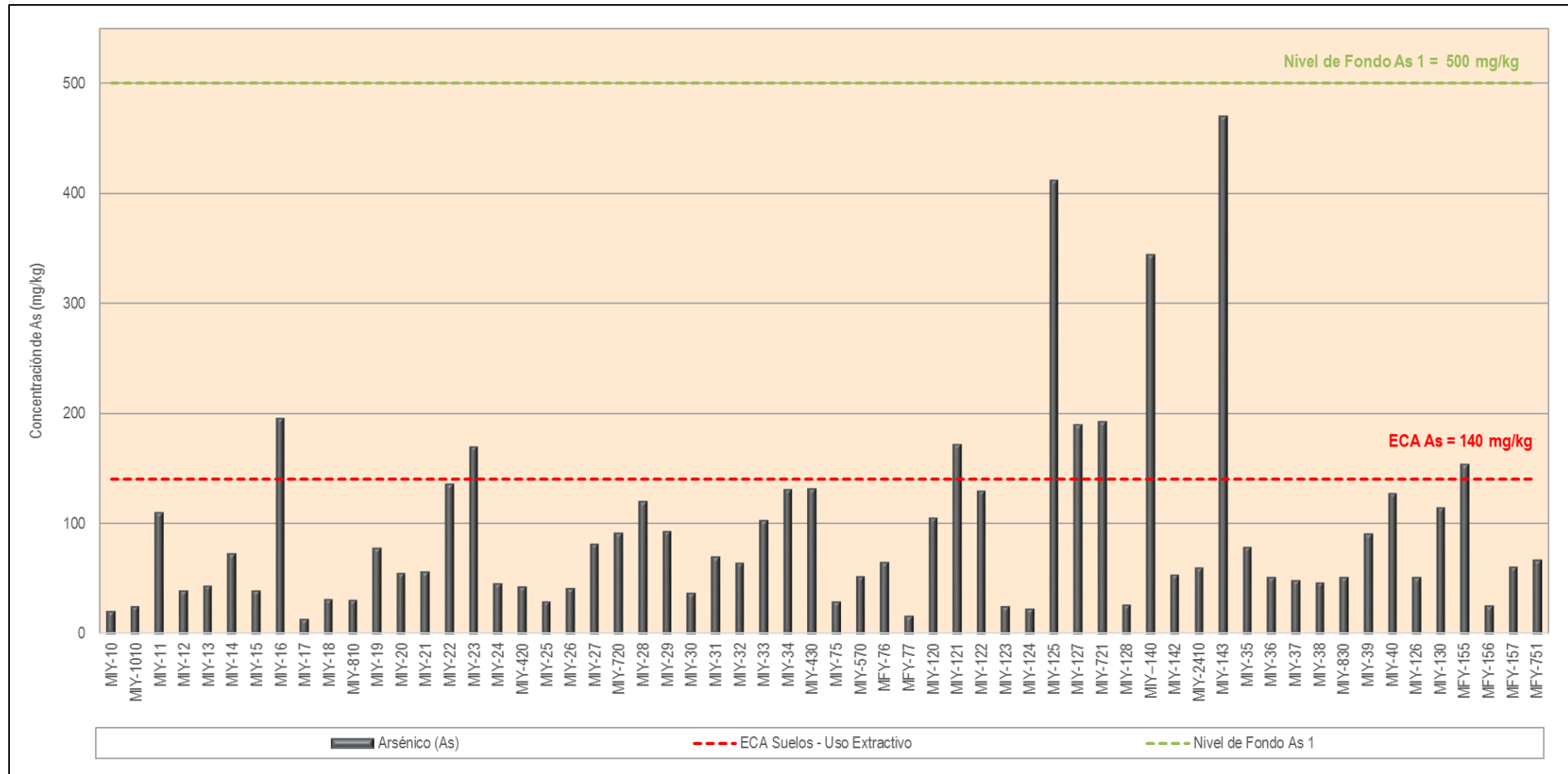
- **Arsénico**

En el Gráfico 3.2.5.2-2, *Concentraciones de As – Sector La Quinua*, se presentan las concentraciones de As obtenidas en las muestras tomadas en este sector y en todos los casos las muestras presentan valores por debajo de los niveles fondo-establecidos (500-4,000 mg/kg). Las mayores concentraciones se han reportado en las muestras MIY-16 (195.4 mg/kg), MIY-23 (169.8 mg/kg), MIY-121 (171.4 mg/kg), MIY-125 (411.2 mg/kg), MIY-140 (343.6 mg/kg), MIY-143 (469.4 mg/kg), MIY-127 (189.3 mg/kg) y su muestra duplicado MYI-721 (192.8 mg/kg). Para el muestreo de nivel de fondo se tomaron 4 muestras y solo en una de ellas (MFY- 155) se registró una concentración de As por encima del ECA suelo correspondiente, alcanzando los 153.5mg/kg.

Según se refiere en el IISC (Walsh Perú S.A.C., 2017), los resultados obtenidos en las muestras MIY-121, MIY-127 y MIY-125, se deben a la naturaleza del material de préstamo usado como parte del cierre de las áreas sobre las que se tomaron estas muestras. Por otro lado, las excedencias de As registradas para las muestras MIY-16, MIY-23, MIY-140 y MIY-143 se deben a la geología de la zona que presenta alteraciones hidrotermales de alta sulfuración, material volcánico y fluvio-glaciar de origen volcánico, con concentraciones altas de As.

Finalmente indicar, que las excedencias registradas para estos puntos no superan en nivel de fondo establecido (500 mg/kg a 4,000 mg/kg).

Gráfico 3.2.5.2-2 Concentraciones de As – Sector La Quinua



### Sector Cerro Yanacocha

Las concentraciones obtenidas en los puntos de monitoreo del sector Cerro Yanacocha se presentan en la Tabla 3.2.5.2-6, *Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Yanacocha*.

Los parámetros orgánicos (fracción de hidrocarburos, BETEX y PCB) se han evaluado para el 17% de las muestras (MIY-114A, MIY-114B y MIY-114C), las mismas que se encuentran asociadas a la subestación eléctrica de la planta Yanacocha Norte y en ningún caso se registraron excedencias de los estándares aplicables. Para el 29.4% de las muestras (MIY-41, MIY-42, MIY-43, MIY-47 y MIY 133) se analizaron las concentraciones de las fracciones de hidrocarburos (F1, F2 y F3), estas muestras se encuentran asociados al grifo Yanacocha Norte y al taller de camiones, en ningún caso se han registrado excedencias de los ECA para suelos de uso extractivo correspondientes.

En lo que respecta a los parámetros inorgánicos (cianuro libre, cromo hexavalente, Hg, As, Ba, Cd y Pb) evaluados en todas las muestras; solo se encontraron excedencias de los ECA para suelos de uso extractivo en dos metales (Hg y As), en el caso del Hg estas excedencias en las muestras MIY-114A y MIY-114B, por su parte el As registro sus mayores concentraciones en las muestras MIY-46 y MIY-133, cabe precisar que todas las muestras se encuentran por debajo de los niveles de fondo establecidos para este parámetro (500 a 4,000 mg/kg).

Finalmente, se debe mencionar que la evaluación de las muestras en este sector ha incluido el reporte de resultados de las muestras duplicado, MIY-7310 y MFY-970, notándose mínimas variaciones con sus respectivas muestras originales, MIY-137 y MFY-79, respectivamente.



Tabla 3.2.5.2-6 Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Cerro Yanacocha

Puntos de muestreo	Parámetros																
	Fracción de hidrocarburos			BTEX						PCB total	Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)	Benceno	Etilbenceno	m.p-xileno	o-xileno	Tolueno	Xilenos								
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MIY-41	< 0.6	< 2	45	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.41	21.5	145.3	< 0.5	34.1
MIY-42	< 0.6	< 2	77	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.02	12.3	135.1	< 0.5	9.7
MIY-43	< 0.6	6	51	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.98	38.1	281.8	< 0.5	47
MIY-44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.21	20.6	135.1	< 0.5	13.4
MIY-45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.94	66.7	112.2	< 0.5	84.6
MIY-46	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.71	180.3	195.3	< 0.5	225.6
MIY-47	< 0.6	8	84	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.15	5.2	106.8	< 0.5	8.9
MIY-114A	< 0.6	72	40	< 0.004	< 0.004	< 0.008	< 0.004	< 0.004	< 0.012	< 0.042	< 0.2	< 0.2	117.8	66.2	167.7	11.7	151.8
MIY-114B	< 0.6	13	10	< 0.004	< 0.004	< 0.008	< 0.004	< 0.004	< 0.012	< 0.042	< 0.2	< 0.2	24.43	62.4	507.7	< 0.5	192.9
MIY-114C	< 0.6	< 2	19	< 0.004	< 0.004	< 0.008	< 0.004	< 0.004	< 0.012	< 0.042	< 0.2	< 0.2	0.76	36.8	150.5	< 0.5	35.3
MIY-129	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.24	105	105.9	< 0.5	173.4
MIY-133	< 0.6	63	272	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	< 0.2	1.49	263.9	176.5	< 0.1	911.5
MIY-137	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	< 0.2	2.83	52.18	35.33	< 0.1	211.7
MIY-7310	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.2	< 0.2	2.85	44.72	30.90	< 0.1	195.0
MFY-78	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.29	5.4	48.9	< 0.5	12.3
MFY-79	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.43	48.2	91.9	< 0.5	70.2
MFY-970	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.49	47.5	101.5	< 0.5	69.8
<b>ECA Suelos – Uso Extractivo</b>	<b>500</b>	<b>5,000</b>	<b>6,000</b>	<b>0.03</b>	<b>0.082</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>0.37</b>	<b>11</b>	<b>33</b>	<b>8</b>	<b>1.4</b>	<b>24</b>	<b>(*)500-4,000</b>	<b>2,000</b>	<b>22</b>	<b>800</b>

Fuente:

Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2016.

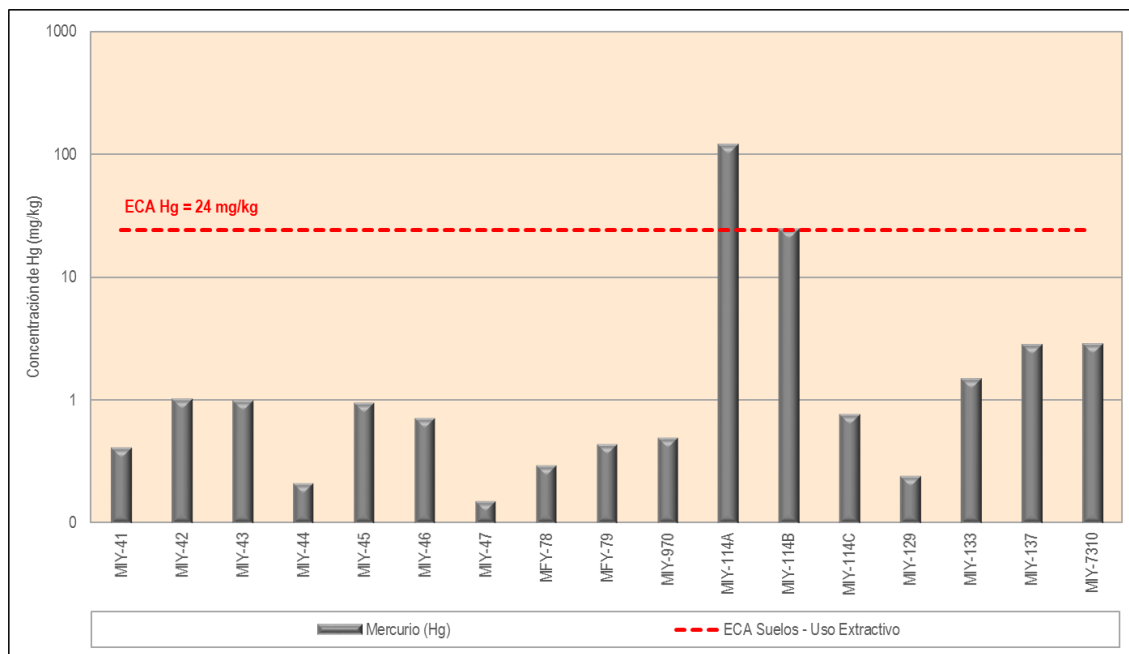
Nota:

(\*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM.

- **Mercurio**

Las excedencias de Hg se registran en las muestras MIY-114A y MIY-114B ubicados en la subestación eléctrica de la planta Yanacocha Norte con valores que alcanzan los 117.8 y 24.43 mg/kg, respectivamente, teniendo como referencia el ECA suelos correspondiente (24 mg/kg), ver Gráfico 3.2.5.2-3, Concentraciones de Hg - Cerro Yanacocha.

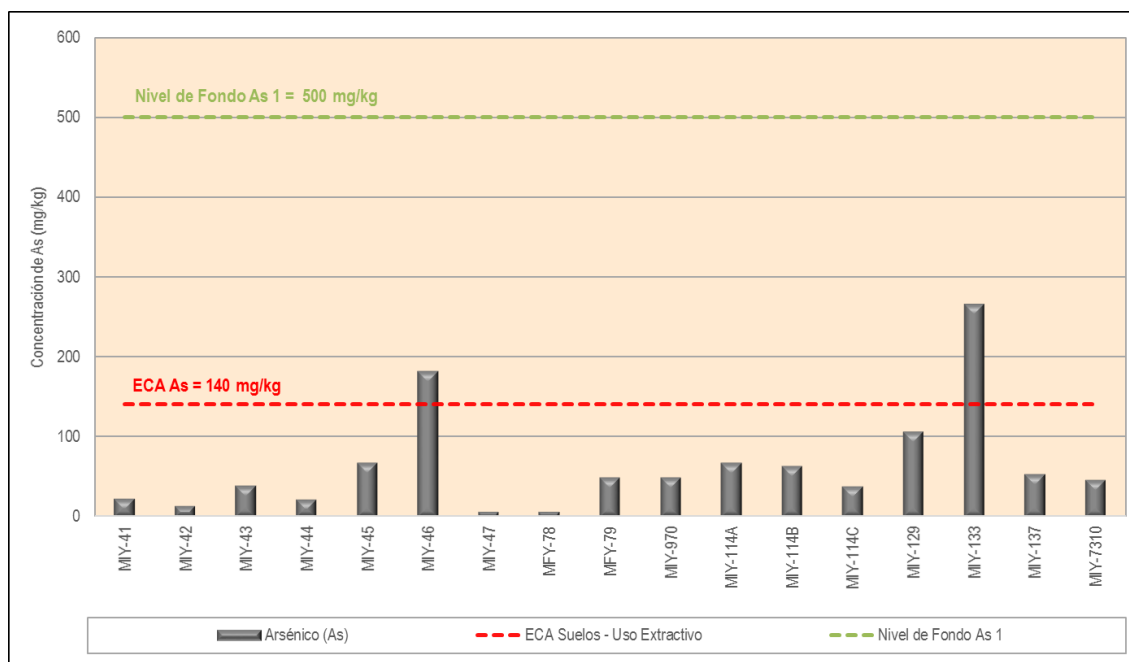
**Gráfico 3.2.5.2-3 Concentraciones de Hg - Cerro Yanacocha**



- **Arsénico**

La ubicación de las muestras que registraron las excedencia al ECA para suelos de uso extractivo del As corresponden a la muestra MIY-46, ubicado cuesta abajo en zona de cierre, y a la muestra MIY-133, ubicado en el taller de camiones gigantes de Yanacocha Norte, la concentraciones registrada para el As en estas muestras alcanzaron los 180.3 mg/kg y 263.9 mg/kg, respectivamente, en ambos casos no se superaron los valores de nivel de fondo establecidos para el As (500-4,000 mg/kg) en toda el área del Proyecto., ver Gráfico 3.2.5.2-4, Concentración de As – Cerro Yanacocha.

Cabe mencionar que según lo reportado en el IISC ((Walsh Perú S.A.C., 2015), las concentraciones encontradas en el punto de muestreo MIY-46 se debe a la naturaleza del material de préstamo depositado como parte del cierre del área sobre la que se tomó la muestra. Asimismo, la alta concentración de As en la muestra MIY-133, se debe al material volcánico y al material fluvioglaciario de la zona, considerando lo antes mencionado ninguna de las muestras supera el nivel de fondo (500 mg/kg).

**Gráfico 3.2.5.2-4 Concentraciones de As - Cerro Yanacocha****Sector Maqui Maqui**

El consolidado de los resultados obtenidos en este sector se presenta en la Tabla 3.2.5.2-7, *Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras – Sector Maqui Maqui*.

Los parámetros orgánicos, correspondientes a la fracción de hidrocarburos, se evaluaron para los puntos de muestreo MIY-67 y MIY-153 ubicados en áreas cercanas al grifo Maqui Maqui y al antiguo taller y grifo, respectivamente.

Por otro lado, los parámetros inorgánicos evaluados (cianuro libre, cromo hexavalente, Hg, As, Ba, Cd y Pb) en los 23 puntos de muestreo del sector, no han registrado excedencias en ningún caso, cumpliendo con el estándar ambiental aplicable para suelos de uso extractivo.

**Tabla 3.2.5.2-7 Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Maqui Maqui**

Código de muestra	Fracción de hidrocarburos			Cianuro libre mg/kg	Cromo VI mg/kg	Mercurio (Hg) mg/kg	Arsénico (As) mg/kg	Bario (Ba) mg/kg	Cadmio (Cd) mg/kg	Plomo (Pb) mg/kg
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)							
	mg/kg	mg/kg	mg/kg							
MIY-67	< 0.6	10	15	< 0.5	< 0.2	1.09	60.5	285.3	< 0.5	80.9
MIY-59	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.47	73.5	106.1	< 0.5	33.7
MIY-61	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.52	37.5	215.7	< 0.5	17.6
MIY-63	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.94	64.3	432	< 0.5	16.8
MIY-66	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.08	22.8	37.6	< 0.5	2
MIY-139	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.91	34	153.6	< 0.5	20.3
MIY-70	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.64	22.1	137.9	< 0.5	3.4
MIY-71	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.08	16.2	84.8	< 0.5	24.2
MIY-150	--	--	--	< 0.2	< 0.2	1.02	42.8	225.1	< 0.1	41
MIY-151	--	--	--	< 0.2	< 0.2	1.09	60.1	385.8	< 0.1	31.09
MIY-152	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.2	22.4	86.17	< 0.1	8.9
MIY-153	< 0.6	30	268	< 0.2	< 0.2	0.5	18.5	195.4	< 0.1	10.7

Código de muestra	Fracción de hidrocarburos			Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)							
	mg/kg	mg/kg	mg/kg							
MIY-154	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.21	33.8	155.1	< 0.1	14.62
MFY-80	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.14	16.9	173.9	< 0.5	3.1
MFY-81	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.07	35	98.3	< 0.5	109.5
MFY-82	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.1	7.8	115	< 0.5	3.7
<b>ECA Suelos - Uso Extractivo</b>	<b>500</b>	<b>5000</b>	<b>6000</b>	<b>8</b>	<b>1.4</b>	<b>24</b>	<b>(*)500-4,000</b>	<b>2000</b>	<b>22</b>	<b>800</b>
<b>Fuente:</b> Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2016. <b>Nota:</b> (*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM.										

### Sector Carachugo

Las concentraciones de los parámetros evaluados en las muestras de este sector se presentan en la Tabla 3.2.5.2-8, *Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Carachugo*.

Los parámetros orgánicos evaluados en las muestras de identificación MIY-58, MIY-134 y su muestra duplicado MIY-431, corresponden únicamente a las fracciones de hidrocarburos; estas muestras fueron tomadas cuesta abajo del PAD de lixiviación Yanacocha-Taller y en el grifo planta Pampa Larga, respectivamente, en todos los casos las concentraciones reportadas cumplieron con el ECA para suelos de uso extractivo correspondiente.

De los parámetros inorgánicos evaluados, se registraron excedencias del ECA aplicable para suelos de uso extractivo en los parámetros de As y Pb en la muestra MIY-48, mientras que para las muestras MIY-52, MIY-73, MIY-134 y su muestra duplicado MIY-431 se reportaron concentraciones de As por encima del ECA para suelos (140 mg/kg), cabe precisar que en ningún caso se excedieron los valores de nivel de fondo establecidos para el área del Proyecto. No se han reportado excedencias para el cianuro libre, cromo hexavalente, Hg, Ba y Cd en ninguna de las muestras, cumpliendo en todos los casos con los estándares ambientales establecidos.

**Tabla 3.2.5.2-8 Resultados del Análisis de Laboratorio de las Muestras - Sector Carachugo**

Código de muestra	Parámetros									
	Fracción de Hidrocarburos			Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)							
	mg/kg	mg/kg	mg/kg							
MIY-48	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.44	807.3	68.1	< 0.5	2,767
MIY-49	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.11	17.8	54.3	< 0.5	41.3
MIY-50	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.52	25.7	93.2	< 0.5	16.3
MIY-51	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.56	103.9	149.4	< 0.5	148.8
MIY-52	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.67	251	139.7	< 0.5	321.1
MIY-53	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.22	10.5	73	< 0.5	18.7
MIY-54	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.21	44.8	118.2	< 0.5	38.4
MIY-55	--	--	--	< 0.5	< 0.2	2.38	68.7	66.6	< 0.5	53.9
MIY-56	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.5	26.5	155.4	< 0.5	37.4
MIY-57	--	--	--	< 0.5	< 0.2	7.09	127.6	355.7	1.8	279.2
MIY-58	< 0.6	< 2	42	< 0.5	< 0.2	0.17	37.6	168.5	< 0.5	9.2

Código de muestra	Parámetros									
	Fracción de Hidrocarburos			Cianuro libre	Cromo VI	Mercurio (Hg)	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
	F1 (C5-C10)	F2 (C10-C28)	F3 (C28-C40)							
	mg/kg	mg/kg	mg/kg							
MIY-60	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.08	15	86.9	< 0.5	< 2.0
MIY-64	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.56	5.8	139.5	< 0.5	4.6
MIY-68	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.39	25.4	130	< 0.5	14.8
MIY-69	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.18	14.2	111	< 0.5	9.3
MIY-72	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.47	77.7	145.5	< 0.5	74.9
MIY-73	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.63	155.2	52.1	< 0.5	137.8
MIY-131	--	--	--	< 0.5	< 0.2	0.1	7.7	12.6	< 0.5	17
MIY-134	< 0.6	14	80	< 0.5	< 0.2	3.88	275.7	364.4	< 0.5	680.1
MIY-431	< 0.6	9	42	< 0.5	< 0.2	4.31	209.1	351.2	< 0.5	479.6
MIY-135	--	--	--	< 0.5	< 0.2	1.83	69.4	69.7	< 0.5	62.1
MIY-138	--	--	--	< 0.5	< 0.2	3.89	95.8	121.3	< 0.5	102.5
MIY-144	--	--	--	< 0.2	< 0.2	2.99	70.91	139.9	< 0.1	101.1
MIY-145	--	--	--	< 0.2	< 0.2	9.32	61.99	139.6	< 0.1	105.1
MIY-147	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.1	29.91	90.4	< 0.1	9.7
MIY-148	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.29	19.16	147.9	< 0.1	7.9
MIY-149	--	--	--	< 0.2	< 0.2	0.13	11.29	125.2	< 0.1	6.0
MFY -158	--	--	--	--	< 0.2	0.7	130.8	35.5	< 0.6	164
MFY -159	--	--	--	--	0.5	0.39	25.4	16.2	< 0.6	< 2
MFY -160	--	--	--	--	0.7	0.3	< 3.5	35.8	< 0.6	< 2
<b>ECA Suelos - Uso Extractivo</b>	<b>500</b>	<b>5000</b>	<b>6000</b>	<b>8</b>	<b>1,4</b>	<b>24</b>	<b>(*) 500-4,000</b>	<b>2000</b>	<b>22</b>	<b>(*) 2,767</b>

**Fuente:**  
Informe de Identificación de Sitios Contaminados de la Unidad Minera Yanacocha, 2016.

**Nota:**  
(\*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM.

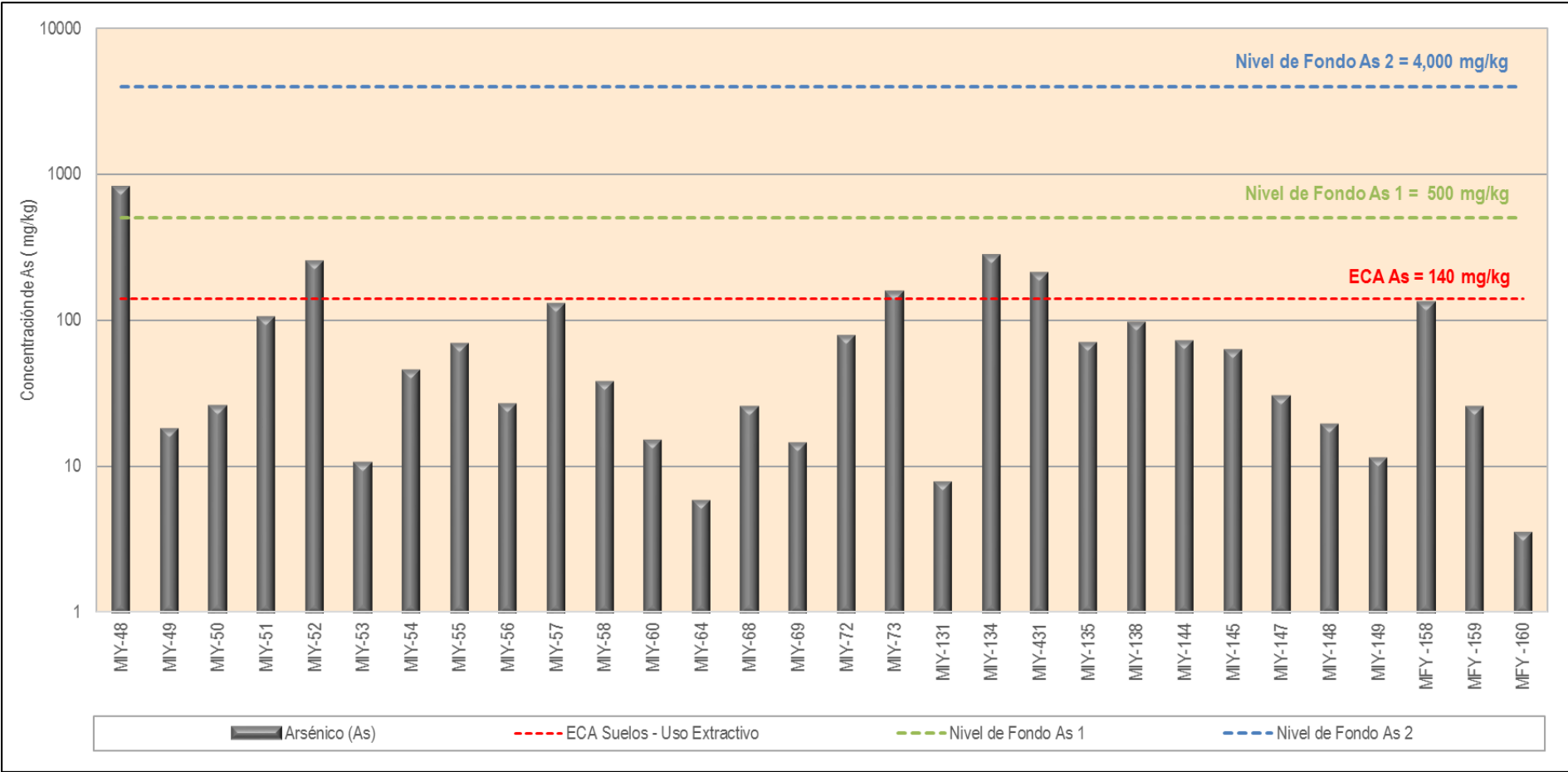
#### • Arsénico

Las muestras de identificación que superan el ECA para suelos de uso extractivo (140 mg/kg) corresponden a la MIY-48 (807.3 mg/kg), MIY-52 (251 mg/kg), MIY-73 (155.2 mg/kg) y MIY-134 (275.7 mg/kg) y su muestra duplicado MIY-431 (209.1). Por otro lado, las muestras de nivel de fondo evaluado (MFY-158, MFY-159 y MFY-160) reportaron concentraciones por debajo del estándar ambiental establecido.

Según el IISC (Walsh Perú S.A.C., 2017), la excedencia de As registrada para la muestra MIY-73 es de origen natural y se debe al material volcánico y fluvio-glaciar de origen volcánico transportado y depositado de manera natural, según la fisiografía de la zona. Por otro lado, las excedencias del As en las muestras MIY-52 y MIY-134 se deben a la geología de la zona que presenta alteraciones hidrotermales de alta sulfuración, generadas por fluidos hidrotermales que se movilizaron por las fallas geológicas presentes en el área del Proyecto. De otro lado, la muestra MIY-48 que registro la mayor concentración de As (807.3 mg/kg), superando parcialmente el nivel de fondo establecido (500 mg/kg a 4,000 mg/kg), no presenta una relación con ninguna fuente potencial identificada, pues está ubicada en la quebrada Homamo, en ese sentido y considerando lo indicado en el Manual de Lineamientos y Procedimientos para la Elaboración y Evaluación de los IISC (MINAM, 2015), no es necesario que el API al que pertenece esta muestra sea considerado para la fase de caracterización.

En el Gráfico 3.2.5.2-5, Concentraciones de As - Sector Carachugo, se presentan las concentraciones de As reportadas para las muestras del sector Carachugo.

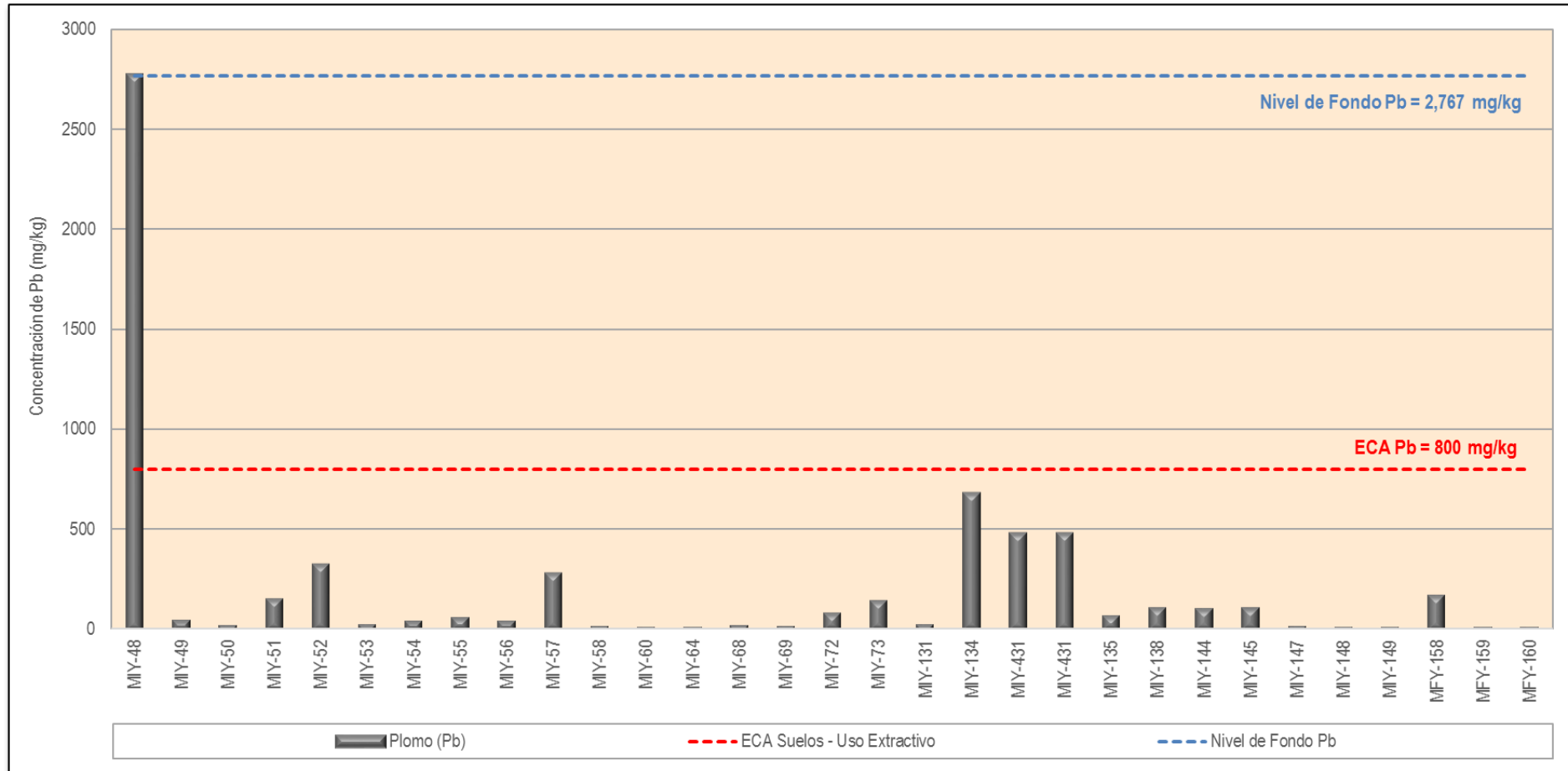
Gráfico 3.2.5.2-5 Concentraciones de As - Sector Carachugo



- **Plomo**

Como se puede apreciar en el Gráfico 3.2.5.2-6, *Concentraciones de Pb - Sector Carachugo*, la única muestra de identificación que superó las concentraciones de Pb establecidas por el ECA para suelos de uso extractivo (800 mg/kg) fue la MIY-48 (2,767 mg/kg) ubicada en la quebrada Homamo. La alta concentración de Pb en esta muestra se debe a la geología de la zona que presenta alteraciones hidrotermales de alta sulfuración, generadas por fallas geológicas de escala local, esta concentración es consecuencia de la presencia de material volcánico y fluvioglaciario de origen volcánico con concentraciones de Pb; asimismo, este muestreo será considerado como de nivel de fondo para dicho sector ya que no representa relación con ninguna fuente de potencial contaminación identificada en el área de estudio (Walsh Perú S.A.C., 2017).



**Gráfico 3.2.5.2-6 Concentraciones de Pb - Sector Carachugo**

### Conclusiones del IISC

De acuerdo a los resultados del IISC- Fase de Identificación, se desprenden las siguientes conclusiones:

- Los estudios de línea base previos al ECA Suelo, evidencian la presencia de metales sin interés económico (caso del arsénico y plomo) en concentraciones variadas en la zona de operación y colindante de Yanacocha.
- Dentro de las instalaciones de las plantas: Yanacocha Norte, La Quinua, Pampa Larga y taller de equipos gigantes; las concentraciones de Arsénico total (As) superan los ECA para suelo industrial de (140 mg/kg). Solo el punto MIY-48 (Carachugo) presenta concentraciones de Pb que superan el ECA suelo.
- Se han establecido los niveles de fondo para el As (entre 500 a 4,000 mg/kg para toda el área del Proyecto) y Pb (concentración máxima de 2,767 mg/kg en el sector Carachugo), metales que se ha comprobado, según el estudio geológico, son de naturaleza geológica y no se encuentran relacionados a las operaciones minero-metalúrgicas que realiza MYSRL.
- Las concentraciones reportadas de Cd, Ba, Cr VI y cianuro libre no presentan valores que superen el ECA suelo en el área de operaciones de la Unidad Minera Yanacocha.
- Las concentraciones de mercurio total (Hg) superan los ECA suelo (24 mg/kg) en las API ubicadas en la planta Yanacocha Norte. En vista de detectarse dichas excedencias, MYSRL realizará un Muestreo de Detalle como parte de la Fase de Caracterización en las API MIY-114A, MIY114B y un área adicional, según lo indicado en la R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM.
- Las fracciones de hidrocarburos, BTEX y PCB no presentan concentraciones que superen los ECA suelo. Sin embargo, MYSRL considera efectuar los muestreos a profundidad en el API MIY-43, durante el desarrollo de la Fase de caracterización referido en el ítem anterior.
- Con el objetivo de efectuar control de la calidad de suelo superficial en la Unidad Minera Yanacocha, se aprobó mediante la R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM, la implementación de un programa de monitoreo de calidad de suelo, que tiene como objetivo analizar las tendencias de las concentraciones de las sustancias de interés respecto a los valores de ECA o niveles de fondo establecidos. En ese sentido, para el 2018 se cuenta con información de los resultados obtenidos en el primer monitoreo realizado en el marco programa de monitoreo de calidad suelos de MYSRL, el mismo que se describirá a continuación.

### Programa de Monitoreo de Calidad de Suelo de MYSRL

#### Estaciones de Muestreo

Como parte del IISC se ha aprobado la red de muestreo de calidad de suelos con un total de 13 estaciones ubicadas considerando los siguientes criterios: (i) Cuesta abajo de puntos en donde los resultados fueron mayores al ECA-Suelo en metales siguiendo la red de drenaje natural, y (ii) aquellos que se encuentran cuesta abajo de componentes principales donde se considera la posibilidad de una potencial afectación de zonas sensibles.

El programa de monitoreo de suelos implementado por MYSRL a partir del 2018 considera los siguientes criterios:

- Tipo de muestras: Se captará 13 muestras compuestas, cada una estará formada de 04 submuestras de suelo superficial.
- Profundidad de muestreo: Las muestras compuestas serán colectadas a una profundidad de 0-10 cm; profundidad que corresponde a uso de suelo Comercial/Industrial/Extractivo de acuerdo a la Guía de Muestreo de Suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).
- Frecuencia del muestreo y reporte: La frecuencia del muestreo será anual (en época seca) y el reporte se dirigirá a la autoridad competente.

En la Tabla 3.2.3.2-9, Red de Muestreo de Calidad de Suelos para seguimiento y Control, se describe la ubicación de las 12 estaciones de muestreo consideradas para la II MEIA, su frecuencia de monitoreo y

los periodos de información disponible, mientras que en la Figura 3.2.5.2-2, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Suelos*, se presenta su distribución en el área de estudio del Proyecto. Se debe indicar que la estación MYS-8 no ha sido considerada como parte de esta línea base por ubicarse en el sector China Linda, fuera del alcance del área de estudio del Proyecto.

Se debe precisar, que los parámetros a evaluar y la frecuencia de monitoreo también han definido dentro del Programa de Monitoreo de Calidad de Suelos propuesta como parte de IISC aprobado mediante R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM.

**Tabla 3.2.5.2-9 Red de Muestreo de Calidad de Suelos para Seguimiento y Control**

Estaciones	Coordenadas UTM (WGS84 zona 17S)		Altitud (m)	Parámetros			Frecuencia	Periodo de Registro
	Este (m)	Norte (m)		Cianuro libre	Metales <sup>(1)</sup>	Fracción de Hidrocarburos <sup>(2)</sup>		
MSY-1	764431	9223807	3,450	X	X	-	Anual	2018
MSY-2	767788	9226819	3,459	X	X	-		
MYS-3	769144	9227157	3,445	X	X	-		
MSY-4	770952	9228148	3,584	X	X	X		
MSY-5	772070	9229239	3,731	X	X	-		
MSY-6	772782	9230196	3,793	X	X	-		
MSY-7	775748	9232424	3,735	X	X	-		
MSY-9	779659	9227789	3,896	X	X	-		
MSY-10	778814	9225427	3,907	X	X	-		
MSY-11	776063	9223688	3,900	X	X	-		
MSY-12	771294	9222916	3,399	X	X	-		
MSY-13	769475	9224143	3,530	X	X	-		
<b>Fuente:</b> MYSRL, 2017. <b>Nota:</b> <sup>(1)</sup> As, Cd, Hg, Pb, Cr VI, Cr total y Ba. <sup>(2)</sup> Fracciones F2 y F3								

### Metodología

Considerando la disponibilidad de datos (solo un evento de monitoreo), el análisis y presentación de los resultados obtenidos como parte del programa de monitoreo y seguimiento de calidad de suelo será meramente descriptivo y se apoyará tablas y gráficos de barras que nos ayudarán a visualizar de forma clara las diferencias de concentraciones entre las estaciones evaluadas.

### Marco Normativo

En la Tabla 3.2.5.2-10, *Parámetros Seleccionados y ECA Aplicables*, se presentan los lineamientos aplicables para la evaluación de los parámetros seleccionados considerando un suelo con uso extractivo. Como consideración adicional se debe precisar que en el IISC de la Unidad Minera Yanacocha aprobado por el MEM (R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM) quedan establecidos los niveles de fondo para el As y Pb, metales que se ha comprobado, según el estudio geológico presentado como Información Complementaria al informe (Escrito N° 2626762), son de naturaleza geológica y no se encuentran relacionados a las operaciones minero-metalúrgicas que realiza MYSRL. Las concentraciones de nivel de fondo a considerar para el caso del As serán de entre 500 a 4,000 mg/kg para toda el área del Proyecto, mientras que para Pb se considera una concentración máxima de 2,767 mg/kg en el sector Carachugo.

Tabla 3.2.5.2-10 Parámetros Seleccionados y ECA Aplicables

Parámetro	Unidades	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelos	Nivel de Fondo
		Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	
I. Orgánicos			
Fracción de Hidrocarburos F1 (C6-C10)	mg/kg	500	--
Fracción de Hidrocarburos F2 (C10-C28)	mg/kg	5,000	--
Fracción de Hidrocarburos F3 (C28-C40)	mg/kg	6,000	--
II. Inorgánicos			
Cianuro libre	mg/kg	8.0	--
Mercurio (1)	mg/kg	24	--
Arsénico (2)	mg/kg	140	500 - 4,000
Bario (1)	mg/kg	2,000	--
Cadmio (1)	mg/kg	22	--
Cromo VI	mg/kg	1.4	--
Cromo Total	mg/kg	1000	--
Plomo (2)	mg/kg	800	2,767
<b>Fuente:</b> DS N° 011-2017-MINAM.			
<b>Nota:</b> (1): Concentración de metales totales.			
(2): Para estos parámetros se aplicarán los niveles de fondo conforme a la conformidad de MEM (RD N° 228-2017-MEM-DGAAM).			

#### **Evaluación de Resultados del Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento**

Las concentraciones obtenidas para los parámetros evaluados, en todas las estaciones que conforman la red de monitoreo calidad de suelos implementado por MYSRL, cumplen con los ECA establecidos para suelos con uso extractivo (D.S. 011-2017-MINAM) y con las concentraciones de nivel de fondo para el As y Pb, aprobados mediante R.D. N° 228-2017-MEM-DGAAM.

En la Tabla 3.2.5.2-11, *Resultados del Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de Calidad de Suelos*, se presentan a detalles las concentraciones obtenidas para los parámetros evaluados, en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 3.2.5.2-11 Resultados del Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de Calidad de Suelos

Punto	Cianuro Libre	Arsénico (As)	Bario (Ba)	Cadmio (Cd)	Cromo VI Total	Cromo Total	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)	Fracciones de hidrocarburo		
									F1	F2	F3
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg
MSY-1	-	65.19	21.42	<0.144	-	5.83	0.13	74.85	-	-	-
MSY-2	-	3.19	41.95	<0.144	-	5.64	0.13	11	-	-	-
MSY-3	<0.5	9.33	180.07	<0.144	<0.26	-	2.30	22.33	-	-	-
MSY-5	-	37.65	26.40	<0.144	-	1.71	0.13	9.26	-	-	-
MSY-6	<0.5	8.51	1141.50	0.239	<0.26	-	0.11	14.51	-	-	-
MSY-7	<0.5	45.93	125.86	0.156	<0.26	-	0.15	84.16	-	-	-
MSY-8	<0.5	7.37	156.00	0.157	<0.26	-	0.24	8.54	-	-	-
MSY-9	<0.5	7.37	156.00	0.157	<0.26	-	0.24	8.54	-	-	-
MSY-10	-	55.49	20.58	<0.144	-	1.65	0.38	109.40	-	-	-
MSY-11	-	84.24	422.97	0.301	-	2.62	1.05	49.08	-	-	-
MSY-12	<0.5	4.44	50.52	<0.144	<0.26	-	0.06	8.89	-	-	-
MSY-13	-	89.02	33.03	<0.144	-	3.05	0.13	79.03	-	-	-
MSY-4	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	<0.24	<15	<15
ECA Suelos - Uso Extractivo	8	(*) 500-4,000	2,000	22	1.4	1,000	24	(*) 2,767	500	5000	6000

**Fuente:**

MYSRL, 2019.

**Nota:**

(\*) Niveles de Fondo establecidos en la RD N° 228-2017-MEM-DGAAM. "Cabe indicar que, en el caso del Pb, el nivel de fondo solo aplica para las estaciones ubicadas en el sector Carachugo.

(-) Datos no colectados.

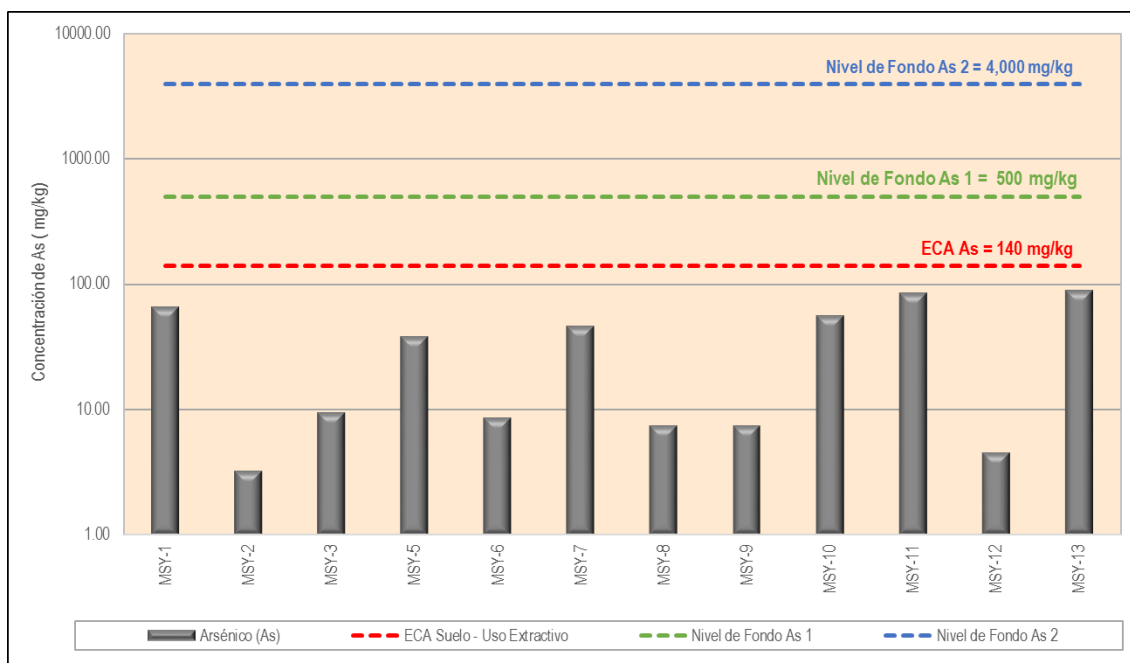
A continuación, se realiza una breve descripción de los parámetros que registraron las mayores concentraciones:

- **Arsénico**

En el Gráfico 3.2.5.2-7, *Concentraciones de As*, se presentan las concentraciones de As obtenidas en cada una de las estaciones de monitoreo, estos valores fluctúan entre los 3.19 mg/Kg y 89.02 mg/Kg, reportados en las estaciones MYS-2 y MYS-13, respectivamente. En todos los casos se han registrados concentraciones por debajo del nivel de fondo establecido para el As (entre los 500 y 4,000 mg/Kg).

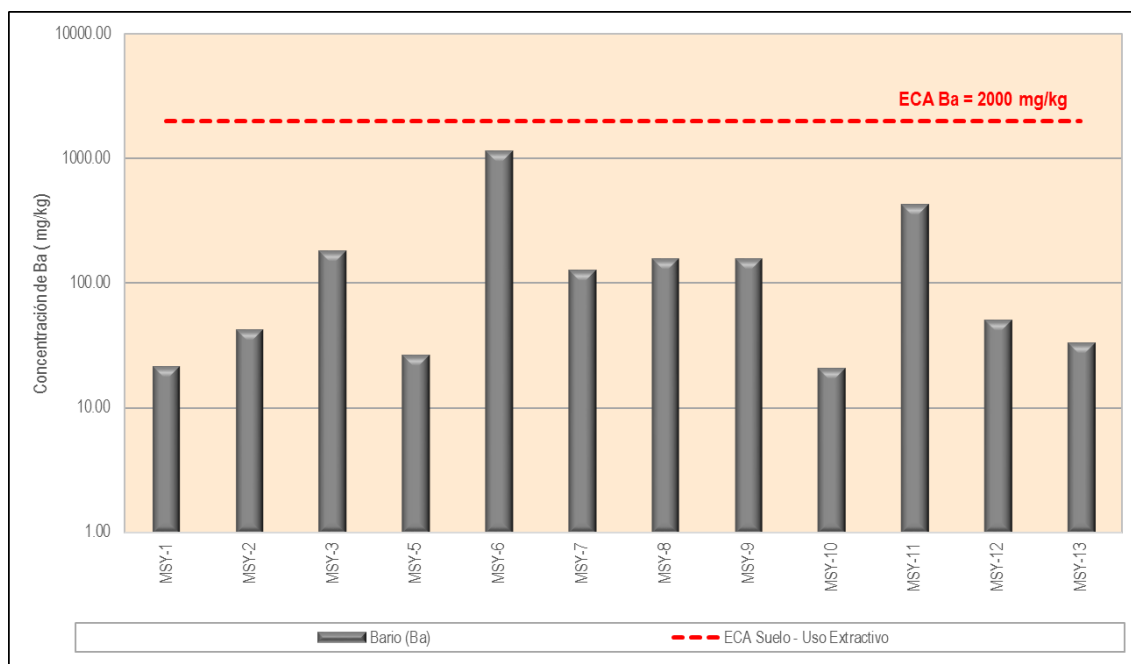
No se observan tendencias marcadas en las concentraciones de As asociadas a la ubicación de las estaciones de monitoreo, las mismas que se encuentran distribuidas en los diferentes sectores de la unidad minera Yanacocha.

**Gráfico 3.2.5.2-7 Concentraciones de As**



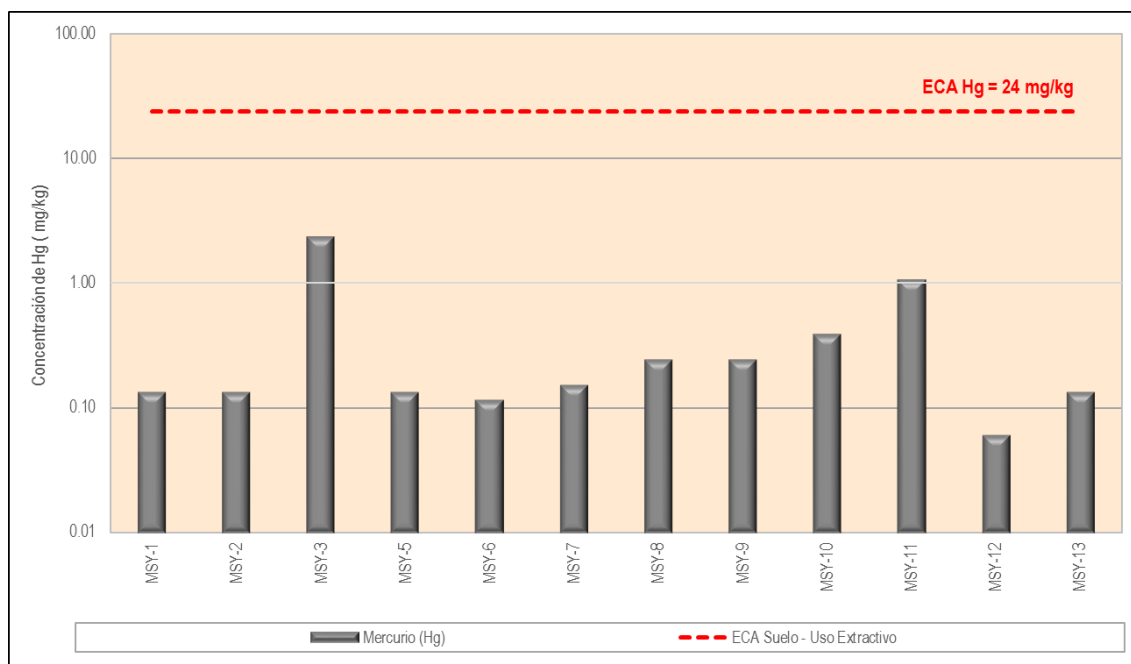
- **Bario**

Las concentraciones de Ba fluctuaron entre los 1,141.50 mg/Kg y 20.58 mg/Kg, registros correspondientes a las estaciones MSY-6 y MSY-10, respectivamente; verificándose que todas las estaciones evaluadas cumplen con el ECA establecido para suelos de uso industrial/extractivo (2,000 mg/Kg), lo que se puede observar con mayor detalle en el Gráfico 3.2.5.2-8, *Concentraciones de Ba*.

**Gráfico 3.2.5.2-8 Concentraciones de Ba**

- Mercurio**

Las concentraciones de Hg registraron concentraciones por debajo de los 0.38 mg/Kg (MSY-10) en todas las estaciones con excepción de las estaciones MSY-3 y MSY-11 que registraron las concentraciones más altas alcanzando los 2.3 mg/Kg y 1.05 mg/Kg, respectivamente. Sin embargo, en ningún caso se ha superado el ECA establecida para suelo industrial/extractivo (ver Gráfico 3.2.5.2-9, Concentraciones de Hg).

**Gráfico 3.2.5.2-9 Concentraciones de Hg**

- Plomo**

Las concentraciones de Pb registradas en las estaciones de monitoreo fluctuaron entre los 8.54 mg/Kg y los 109.40 mg/Kg, este último registrado para la estación MYS-10, ubicada en el sector Carachugo, en

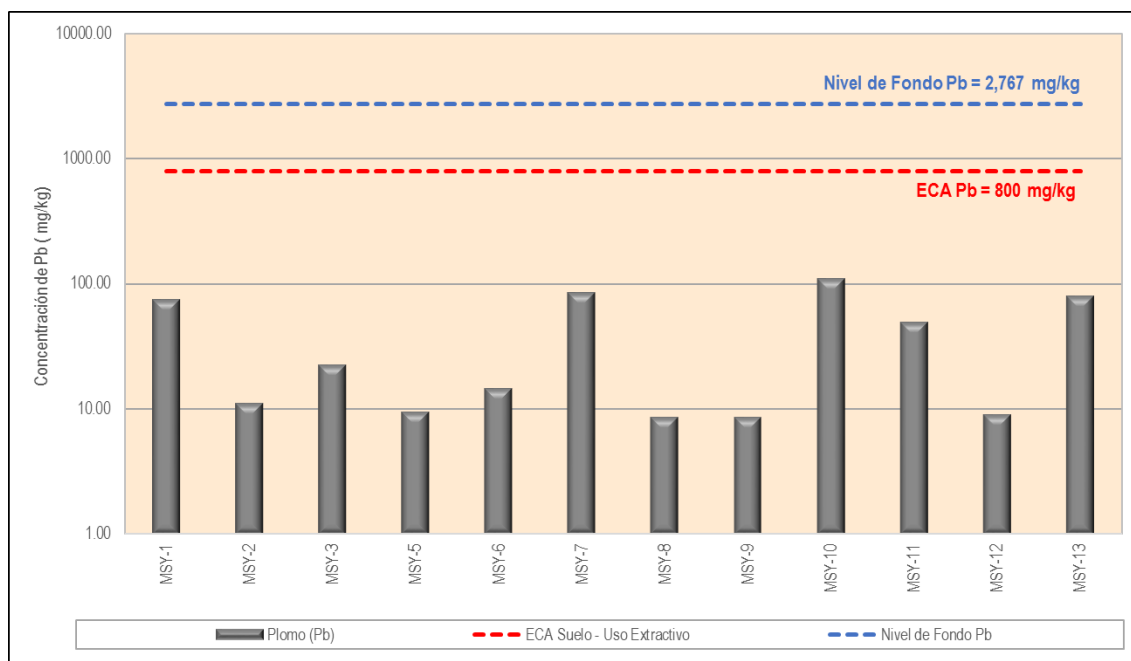


donde se ha establecido la aplicación del nivel de fondo (2,767 mg/Kg) para su evaluación, otras estaciones para las que aplicaría el estándar en mención son la MYS-11, MSY-9 y MSY-7.

En todos los demás casos, la evaluación del Pb tiene como estándar lo establecido en los ECA para suelos industriales/extractivos (800 mg/Kg).

Como se puede apreciar en el Gráfico 3.2.5.2-10, Concentraciones de Pb - Sector Carachugo, todas las estaciones cumplen con los estándares correspondientes.

**Gráfico 3.2.5.2-10 Concentraciones de Pb**



### 3.2.5.3 Calidad de Agua Superficial y Efluentes

Para la caracterización de la calidad de agua superficial y efluente en el área de estudio del Proyecto, se ha tenido en cuenta la caracterización y descripción disponible en el informe elaborado por WSP Perú S.A. y que se adjunta en el Anexo H.2, *Informe de Caracterización de Calidad de Agua Superficial y Efluentes*.

#### 3.2.5.3.1 Establecimiento de la Categoría Ambiental para Cursos de Agua

Para establecer la categoría ambiental en los cursos de agua que se encuentran en el límite de estudio se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Que las instalaciones y/o componentes propuestos en la presente II MEIA Yanacocha, se emplazan en las microcuencas: quebrada Honda, que es tributario de la Intercuenca Alto Marañón IV; río Azufre, quebrada La Saccha, río San José y río Grande que son tributarios al río Crisnejas; y río Shoclla que es tributario al río Jequetepeque. Dado que las quebradas y ríos que corresponden al límite de estudio no cuentan con clasificación explícita en las resoluciones jefaturales de la ANA se considera, para esta evaluación, lo indicado en la Tercera Disposición Complementaria Transitoria del D.S. N° 004-2017-MINAM, que indica textualmente "...que en tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del recurso hídrico al que éste tributa, previo análisis de dicha autoridad". Es decir, de acuerdo a lo descrito, se considera la categoría ambiental de la Intercuenca Alto Marañón IV, río Crisnejas y río Jequetepeque.
- Que actualmente la categoría ambiental vigente es la R.J. N° 056-2018-ANA aprobada el 13 de febrero de 2018, sin embargo, en este informe se evalúa datos históricos registrados en periodos anteriores a la aprobación de esta resolución; y además se considera que el Plan integral de adecuación de LMP's y ECA's se presentó el 15 de febrero del 2017 para su evaluación ante el

Ministerio de Energía y Minas. Por tal motivo, en base al artículo 3 de la R.J. N° 056-2018-ANA, el cual indica que textualmente "... que los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la presente norma hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o Plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración la clasificación de cuerpos de agua aprobado mediante R.J. N° 202-2010-ANA...", se considera que es aplicable la R.J. N° 202-2010-ANA para la categorización ambiental de los cuerpos de agua del presente estudio.

En base a los dos criterios mencionados, la Tabla 3.2.5.3-1, *Evaluación de las Categorías de Agua* se muestra la categoría ambiental con la que serán evaluados los registros de calidad de agua disponibles, para los periodos en los cuales aplica.

**Tabla 3.2.5.3-1 Evaluación de las Categorías de Agua**

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Estaciones	Cuerpo de agua	Categoría
Intercuenca del Alto Marañón IV	Quebrada Honda	Quebrada Honda	CP1	Quebrada Honda	Categoría 3 – D1/D2
Río Crisnejas	Chonta	Río Azufre	CP10	Río Azufre	Categoría 3 – D1/D2
		La Saccha	CP11	Quebrada La Saccha	Categoría 3 – D1/D2
		Río San José	CP5	Quebrada San José	Categoría 3 – D1/D2
	Mashcón	Río Grande	CP3	Río Grande	Categoría 1 - A2
			CP14	Quebrada Quishuar Corral	Categoría 1 - A2
Río Jequetepeque	Río Rejo	Río Shoclla	CP6	Río Shoclla	Categoría 3 – D1/D2
<b>Fuente:</b> WSP, 2019 <b>Nota:</b> A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. 2. D1/D2: Riego de vegetales / Bebida de animales					

Asimismo, para los registros de calidad de agua anteriores al 30 de julio del 2008, la categoría ambiental de los cuerpos de agua fue evaluada, de modo referencial, de acuerdo a la Ley General de Aguas. La categoría correspondiente a cada cuerpo de agua se muestra en la Tabla 3.2.5.3-2, *Evaluación de las Categorías de Agua – Condiciones Pre-Mina*.

**Tabla 3.2.5.3-2 Evaluación de las Categorías de Agua – Condiciones Pre-Mina**

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Estaciones	Cuerpo de agua	Categoría
Intercuenca del Alto Marañón IV	Quebrada Honda	Quebrada Honda	CP1	Quebrada Honda	LGA III
Río Crisnejas	Chonta	Río Azufre	CP10	Río Azufre	LGA III
		La Saccha	CP11	Quebrada La Saccha	LGA III
		Río San José	CP5	Quebrada San José	LGA III
	Mashcón	Río Grande	CP3	Río Grande	LGA I
			CP14	Quebrada Quishuar Corral	LGA I
Río Jequetepeque	Río Rejo	Río Shoclla	CP6	Río Shoclla	LGA III
<b>Fuente:</b> WSP, 2019 <b>Nota:</b> LGA I: Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento simple. LGA III: Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales					

- Administrativamente, el Proyecto se encuentra organizado de la siguiente manera:
  - Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Jequetepeque – Zarumilla.
  - Administración Local de Agua (ALA) Jequetepeque (Subcuenca del río Rejo).

- AAA Marañón.
- ALA Cajamarca (Subcuenca del río Azufre, río Quinuario y río Grande).
- En la zona del Proyecto, predomina la economía de subsistencia, considerando la principal actividad económica a la agropecuaria (agricultura y ganadería), esta última referida a especies foráneas como el ganado ovino y bovino. En ese sentido, y considerando que la designación de categoría en un cuerpo de agua está con relación al uso final del mismo, se ha considerado igualmente como Categoría 3 (bebidas de animales) como predominante, a los cuerpos de agua presentes en el ámbito de influencia del Proyecto.

Finalmente, en base a las premisas anteriores, y considerando la precisión mencionada en la Tercera Disposición del DS N° 004-2017-MINAM, se ha categorizado a los cuerpos de agua más representativos en el área de influencia del Proyecto como Categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales), mientras que los cuerpos de agua considerados menores fueron caracterizados como ECA Categoría 1-A2. Se aplicó los lineamientos establecidos en la ECA correspondientes en las fechas de vigencia de cada norma las cuales se muestran a continuación:

1. Ley General de Aguas (Decreto ley 17752) aprobada mediante DS N.º 261-69-AP y DS N.º 41-70-A y modificada mediante DS N.º 007-83-SA del año 1983 vigente hasta el 30 de julio del 2008.
2. Decreto Supremo N°002-2008-MINAM vigente desde 31 de julio de 2008 hasta el 19 de diciembre del 2015.
3. Decreto Supremo N°015-2015-MINAM vigente desde el 20 de diciembre de 2015 hasta el 7 de junio del 2017 (de forma referencial).
4. Decreto Supremo N°004-2017-MINAM vigente desde el 8 de junio de 2017 (actualmente en vigencia).

### 3.2.5.3.2 Establecimiento de la Red de Muestreo

La red de muestreo del Proyecto Yanacocha, considera estaciones de monitoreo tanto en cuerpos receptores como en los efluentes debidamente autorizados establecidos como parte de sus operaciones, cumpliendo de esta manera con los criterios de ubicación, accesibilidad y representatividad y por ende guardando coherencia con los lineamientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del MEM y Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA).

#### Calidad de Agua Superficial

En ese sentido, para el monitoreo de agua superficial en los cuerpos receptores se consideró dos periodos: Condiciones de Pre-Mina (antes del inicio de las operaciones de MYSRL) y Condiciones Históricas (resultados de monitoreos históricos que forman parte del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control aprobado para Yanacocha). A continuación, se describen las características de las redes de monitoreo correspondientes a cada periodo considerado en la evaluación.

#### **Condiciones Pre - Mina**

Para el análisis de la condición Pre-Mina se evaluaron 28 estaciones de monitoreo distribuidas en las diferentes microcuencas provenientes de los muestreos de MYSRL, 35 estaciones provenientes del estudio de Stratus y 13 estaciones como parte de la información de los IGAs en el periodo de 1991 – 1999. El mapa temático 1 del capítulo 6 muestra la ubicación y coordenadas de los puntos de evaluación para la condición Pre-Mina.

Se identificó el inicio de operación de los diferentes componentes mineros asociados a la generación de aportes de carga química para cada microcuenca de interés. Estas fechas se detallan en la Tabla .2.5.5-3, *Inicio de Operación de los diferentes componentes mineros asociados a la generación de aportes de carga química por microcuenca de interés*. Mientras que la ubicación de los puntos de evaluación se muestra en la Figura 3.2.5.3-1, *Estaciones de Evaluación de Calidad de Agua Superficial – Condición Pre – Mina*.

**Tabla 3.2.5.3-3 Inicio de Operación de los diferentes componentes mineros asociados a la generación de aportes de carga química por microcuenca de interés**

Microcuenca	Componentes relacionados / fecha de inicio <sup>(1)</sup>	Cuerpo de agua afectado
Quebrada Honda	PAD de lixiviación de Carachugo / 1993	Quebrada Pampa Larga Quebrada Río Colorado
	Depósito de desmonte Maqui Maqui / 1994	Quebrada Río Colorado
	Tajo Maqui Maqui / 1994	Quebrada Río Colorado
Río Azufre	PAD de lixiviación Maqui Maqui / 1993	Quebrada Amacocha
	Tajo Chaquicocha / 1999	Quebrada Ocuchó Machay Quebrada Huáscar Quebrada Chaquicocha
Quebrada La Saccha	Tajo Chaquicocha / 1999	Quebrada La Saccha
Río San José	Tajo San José / 1998	Quebrada San José
Río Grande	Tajo Carachugo / 1993	Quebrada Encajón
	Tajo Yanacocha / 1997	Quebrada Encajón
	Tajo La Quinoa / 2001	Quebrada Callejón Río Grande
Río Shoclla	PAD de lixiviación de Yanacocha / 1996	Quebrada Yanacocha Quebrada Shillamayo
	Depósito de desmonte La Quinoa Norte / 2000	Quebrada La Pajuela Quebrada del Cushuro Quebrada Shillamayo
	PAD de lixiviación La Quinoa / 2001	Quebrada Canta Quebrada Shillamayo
	Tajo Cerro Negro / 2004	Quebrada Pampa Cerro Negro Río Shoclla
<b>Fuente:</b> MYSRL / WSP, 2019 <b>Nota:</b> Para todos los casos la fecha de inicio se considera desde el 01 de enero del año correspondiente.		

**Condiciones Históricas**

La caracterización de la calidad de agua superficial se realizó en siete (07) estaciones de evaluación distribuidas de la siguiente manera:

- Una (01) estación en la microcuenca de la quebrada Honda (CP1), aguas abajo de las descargas DCP1 y DCP12, respectivamente.
- Una (01) estación en la microcuenca del río Azufre (CP10), aguas abajo de las descargas DCP8, DCP9 y DCP10, respectivamente.
- Una (01) estación en la microcuenca de quebrada La Saccha (CP11), aguas abajo de la descarga DCP11.
- Una (01) estación en la microcuenca del río San José (CP5), aguas abajo de la descarga DCP5.
- Dos (02) estaciones en la microcuenca del río Grande (CP3 y CP14), aguas abajo de las descargas DCP3/CP4, DCP4, DCP4B y DCP14, respectivamente.
- Una (01) estación en la microcuenca del río Shoclla (CP6), aguas abajo de la descarga DCP6

En la Tabla 3.2.5.5-4, Estaciones de Evaluación de Calidad de Agua Superficial se presentan las coordenadas de ubicación y descripción de las estaciones consideradas. Asimismo, la ubicación espacial de las mismas se muestra en la Figura 3.2.5.3-2, *Estaciones de Evaluación de Calidad de Agua Superficial y Efluentes – Condiciones Históricas*.

**Tabla 3.2.5.3-4 Estaciones de evaluación de calidad de agua superficial**

Microcuenca	Estaciones	Coordenadas UTM		Descripción	Período de evaluación
		Este (m)	Norte (m)		
Quebrada Honda	CP1	776437	9231330	Ubicado en la quebrada Honda, aguas abajo del vertimiento DCP1 y de la confluencia de la quebrada río Colorado y quebrada Pampa Larga.	01/10/2003 - 06/12/2018
Río Azufre	CP10	781574	9223810	Ubicado en la quebrada Chaquicocha aguas abajo de los efluentes DCP8, DCP9 y DCP10. Aguas abajo del dique del río Azufre como última infraestructura para el tratamiento de sedimentos en la microcuenca del río Azufre.	24/01/2002 - 07/12/2018
La Saccha	CP11	777493	9224006	Ubicado en la quebrada La Saccha, en la subcuenca del Río Chonta, aguas abajo del vertimiento DCP11.	13/12/1993 - 06/11/2018
Río San José	CP5	776121	9223467	Ubicado, en la quebrada San José, aguas abajo de las Lagunas San José 1 y 2 y de las descargas DCP5, DCPLSJ2, y VET-RSJ.	01/08/1991 - 05/12/2018
Río Grande	CP3	772108	9220685	Ubicado aguas abajo de las descargas DCP3/CP4, DCP4, DCP4B y DCP14. Aguas abajo del dique del río Grande como última infraestructura para el tratamiento de sedimentos en la microcuenca del río Grande.	11/01/2007 - 08/03/2018
	CP14	775095	9223625	Ubicado en la quebrada Quishuar Corral, aguas abajo del DCP14.	05/03/2015 - 15/11/2018
Río Shoclla	CP6	767524	9227116	Ubicado en el río Shoclla, aguas abajo del vertimiento DCP6 y del dique río Shoclla. Aguas abajo del dique del río Shoclla como última infraestructura para el tratamiento de sedimentos en la microcuenca del río Shoclla.	05/02/1998 - 02/12/2018
<b>Nota:</b> Coordenadas DATUM WGS84, Zona 17 S <b>Fuente:</b> MYSRL					

**Efluentes**

La red de monitoreo de efluentes posee 14 puntos de descarga que se encuentran distribuidos en las 6 microcuencas que pertenecen al área de estudio. La Tabla 3.2.5.3-5, *Estaciones de Ubicación de Puntos de Descarga* muestra las coordenadas de ubicación del efluente evaluado. Mientras que la ubicación espacial de las mismas, se presentan en la Figura 3.2.5.3-2, *Estaciones de Agua Superficial y Efluentes – Condiciones Históricas*.

**Tabla 3.2.5.3-5 Estaciones de Ubicación de Puntos de Descarga**

Microcuenca	Código	Coordenadas UTM		Descripción	Período de registro <sup>(1)</sup>	Cuerpo receptor	Punto control (CP)
		Este (m)	Norte (m)				
Quebrada Honda	DCP1	776341	9229618	Ubicado en la quebrada Pampa Larga y descarga el efluente tratado proveniente de la poza de regulación buffer pond Carachugo previamente tratados en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	01/10/2003 - 28/02/2007	Quebrada Pampa Larga	CP1

Microcuenca	Código	Coordenadas UTM		Descripción	Periodo de registro <sup>(1)</sup>	Cuerpo receptor	Punto control (CP)
		Este (m)	Norte (m)				
	DCP12	778361	9230836	Ubicado en la quebrada Río Colorado y descarga el efluente tratado proveniente de la poza de regulación Llacanora previamente tratados en la planta AWTP Este.	05/01/2011 - 06/12/2018	Quebrada Río Colorado	
Río Azufre	DCP8	779385	9227117	Ubicado en la quebrada Ocucha Machay, descarga las aguas tratadas de la poza de regulación Llacanora y buffer pond Carachugo previamente tratadas en las plantas AWTP Este/AWTP Yanacocha Norte y/o de las plantas EWTP Este/EWTP Yanacocha Norte.	08/08/2007 - 07/12/2018	Quebrada Ocucha Machay	CP10
	DCP9	780498	9227803	Ubicado en la quebrada Pachanes - quebrada Arnacocha, descarga las aguas tratadas de la poza de regulación Llacanora y buffer pond Carachugo previamente tratadas en las plantas AWTP Este/AWTP Yanacocha Norte y/o de las plantas EWTP Este/EWTP Yanacocha Norte.	08/07/2009 - 07/12/2018	Quebrada Arnacocha	
	DCP10	778768	9225435	Ubicado en la Quebrada Chaquicocha, descarga las aguas tratadas de la poza de regulación Llacanora y buffer pond Carachugo previamente tratadas en las plantas AWTP Este/AWTP Yanacocha Norte y/o de las plantas EWTP Este/EWTP Yanacocha Norte.	22/06/2009 - 07/12/2018	Quebrada Chaquicocha	
La Saccha	DCP11	777409	9224724	Ubicado en la Quebrada La Saccha, descarga el efluente tratado proveniente de la poza de regulación buffer pond Carachugo previamente tratados en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	05/11/2009 - 06/11/2018	Quebrada La Saccha	CP11
Quebrada San José	DCP5	775976	9224014	Ubicado en la Quebrada San José, descarga las aguas tratadas del reservorio San José proveniente de la poza de regulación Carachugo previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	16/05/2007 - 05/11/2018	Quebrada San José	CP5
	DCPLSJ 2	776332	9224922	Ubicado en la laguna San José 2, descarga las aguas tratadas del reservorio San José proveniente de la poza de regulación Carachugo previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	21/11/2007 - 05/12/2018		

Microcuenca	Código	Coordenadas UTM		Descripción	Periodo de registro <sup>(1)</sup>	Cuerpo receptor	Punto control (CP)
		Este (m)	Norte (m)				
	VET-RSJ	776086	9224319	Ubicado en la Quebrada San José, descarga las aguas tratadas del reservorio San José proveniente de la poza de regulación Carachugo previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	02/05/2011 - 03/10/2018		
Río Grande	DCP3/CP4	771301	9223059	Ubicado en el río Grande, descarga las aguas tratadas de la poza de contingencia La Quinua previamente tratadas en la planta AWTP La Quinua.	12/09/2001 - 06/12/2018	Río Grande	CP3
	DCP4	774442	9225092	Ubicado en la Quebrada Encajón, descarga las aguas tratadas de la poza violeta previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	18/05/2007 - 15/11/2018	Quebrada Encajón	
	DCP4B	774141	9225005	Ubicado en la Quebrada Encajón, descarga los efluentes tratados provenientes de la poza violeta previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y Este.	14/09/2015 - 15/11/2018		
	DCP14	775155	9223800	Ubicado en la Quebrada Quishuar Corral, descarga los efluentes tratados proveniente de la poza de regulación Llacanora previamente tratados en la AWTP Este.	15/09/2015 - 15/11/2018	Quebrada Quishuar corral	CP14
Río Shoclla	DCP6	768875	9227178	Ubicado en la Quebrada Shillamayo, descarga los efluentes tratados proveniente de la poza La Nueva Quinua y la poza de contingencia La Quinua previamente tratados en la AWTP La Quinua y EWTP La Quinua.	24/11/2005 - 12/12/2018	Quebrada Shillamayo	CP6

**Nota:**  
 Coordenadas DATUM WGS84, Zona 17 S

**Fuente:**  
 MYSRI

### 3.2.5.3.3 Frecuencia y Parámetros de Muestreo

#### Calidad de Agua Superficial

Se ha considerado los parámetros de muestreo y lineamientos de comparación, de acuerdo con lo establecido en los Nuevos Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobado por el DS N° 004-2017-MINAM. En ese sentido, para fines del presente estudio, se utilizarán las siguientes abreviaturas para designar cada subcategoría de la Categoría 1 y Categoría 3 del ECA Agua:

- Categoría 1 - A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional). Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.



- Categoría 3 - D1 (riego de vegetales). Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos de vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas. A su vez se subdivide en: agua para riego no restringido y agua para riego restringido.
- Categoría 3 - D2 (Bebida de animales). Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

En la Tabla 3.2.5.3-6, *Frecuencia de Monitoreo Estaciones de Agua Superficial* se muestra las frecuencias de muestreo del agua superficial.

**Tabla 3.2.5.3-6 Frecuencia de Monitoreo Estaciones de Agua Superficial**

Microcuenca	Estaciones	Coordenadas UTM		Frecuencia	Parámetros de muestreo
		Este (m)	Norte (m)		
Quebrada Honda	CP1	776437	9231330	Trimestral	ECA-Categoría 3
Río Azufre	CP10	781574	9223810	Trimestral	ECA-Categoría 3
La Saccha	CP11	777493	9224006	Trimestral	ECA-Categoría 3
Río San José	CP5	776121	9223467	Trimestral	ECA-Categoría 3
Río Grande	CP3	772108	9220685	Trimestral	ECA-Categoría 1
	CP14	775095	9223625	Trimestral	ECA-Categoría 1
Río Shoclla	CP6	767524	9227116	Trimestral	ECA-Categoría 3

**Fuente:**  
MYSRL

**Nota:**  
Coordenadas DATUM WGS84, Zona 17 S  
La designación de la categoría correspondiente está en relación al D.S. N°202-2010-ANA, debido a lo estipulado en el artículo 3 del D.S. N°056-2018-ANA, donde se indica que si se encontraba iniciado un proceso administrativo se debe mantener la categoría correspondiente al D.S. N°202-2010-ANA.  
Asimismo, considerando, que la ley establece un periodo de adecuación para su cumplimiento (artículo 2), se considera la aplicación como Categoría 1-A2 del río Rejo, a partir del 2023, fecha que inicia la operación de la planta de tratamiento AWTP Pampa Larga (Este) y EWTP Pampa Larga

Asimismo, a efectos de comparar los resultados obtenidos, la evaluación y análisis de parámetros considerados, es con el ECA de agua vigente en su momento. Para ello, se ha considerado 04 escenarios de evaluación de acuerdo con el siguiente detalle:

- Ley General de Aguas (Decreto ley 17752) aprobada mediante DS N.º 261-69-AP y DS N.º 41-70-A y modificada mediante DS N.º 007-83-SA del año 1983 vigente hasta el 30 de julio del 2008.
- D.S. N° 002-2008-MINAM vigente desde 31 de julio de 2008 hasta el 19 de diciembre del 2015.
- D.S. N° 015-2015-MINAM vigente desde el 20 de diciembre de 2015 hasta el 7 de junio del 2017.
- D.S. N° 004-2017-MINAM vigente desde el 8 de junio de 2017 hasta diciembre de 2018.

### **Efluentes**

El análisis de calidad de los efluentes según el periodo de descarga de los mismos se basa en la normativa indicada a continuación, de acuerdo con el periodo de vigencia aplicada al registro de análisis. Asimismo, los parámetros evaluados, incluyen parámetros de campo, fisicoquímicos, inorgánicos, orgánicos y metales.

- R.M N° 011-96-EM/VMM (Niveles Máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas): periodo de vigencia Anexo 1 del 13 de enero de 1996 al 13 de enero de 2006.
- R.M N° 011-96-EM/VMM (Niveles Máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas): periodo de vigencia Anexo 2 del 14 de enero de 2006 al 15 de octubre de 2015.

- D.S. N° 010-2010-MINAM (Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicos): periodo de vigencia del 16 de octubre de 2015 en adelante.

Asimismo, en la Tabla 3.2.5.3-7, *Frecuencia de Monitoreo y Tipo de Descarga de los DCP* se muestra la frecuencia de muestreo por cada punto de descarga.

**Tabla 3.2.5.3-7 Frecuencia de Monitoreo y Tipo de Descarga de los DCP**

Microcuenca	Código	Frecuencia de monitoreo	Tipo de Descarga
Quebrada Honda	DCP12	Mensual	Intermitente
	DCP1	Mensual	Continuo
Río Azufre	DCP8	Mensual	Intermitente
	DCP9	Mensual	Intermitente
	DCP10	Mensual	Intermitente
La Saccha	DCP11	Mensual	Intermitente
Quebrada San José	DCP5	Mensual	Continuo
	DCPLSJ2	Mensual	Intermitente
	VET-RSJ	Mensual	Intermitente
Río Grande	DCP3/CP4	Mensual	Continuo
	DCP4	Mensual	Continuo
	DCP4B	Mensual	Continuo
	DCP14	Mensual	Intermitente
Río Shoclla	DCP6	Mensual	Continuo
<b>Fuente:</b> MYSRL			

### 3.2.5.3.4 Interpretación de Resultados

#### Calidad de Agua Superficial

A continuación, se presentan el análisis de los resultados obtenidos tanto en las estaciones que forman parte de las condiciones Pre – Mina como Condiciones Históricas respectivamente.

#### **Condiciones Pre-Mina**

Dentro del análisis de las condiciones Pre-Mina se evaluaron datos de 28 estaciones de monitoreo distribuidas en las diferentes microcuencas provenientes de los muestreos de Yanacocha además se analizaron 35 estaciones provenientes del estudio de Stratus y 13 estaciones como parte de la información de los IGA en el periodo de 1991-1999.

A efectos de evaluar los resultados correspondientes, se utilizó como norma de referencia los nuevos ECA para Agua aprobado por el D.S. N° 004-2017-MINAM, la cual deroga al DS N°015-2015-MINAM y D.S. N° 002-2008-MINAM respectivamente. En base a ello, los resultados se sistematizaron por cada microcuenca y para los siguientes parámetros de interés: pH, As, Fe, Mn y Pb.

En la Tabla 3.2.5.3-8, *Resultados de Calidad de Agua Superficial – Condiciones Pre-Mina* se muestra un resumen de los parámetros que presentaron concentraciones Pre-Mina por encima de los ECA (valores en color rojo) para cada microcuenca de interés. Para resaltar, que antes del inicio de las operaciones de Yanacocha, ya existían excedencias a los parámetros evaluados.

**Tabla 3.2.5.3-8 Resultados de Calidad de Agua Superficial – Condiciones Pre-Mina**

Microcuenca	Cuerpo de Agua	Parámetros de interés <sup>(1)</sup>	Data Pre-Mina			ECA <sup>(2)</sup>
			EIA (1991-1999)	Muestreo MYSRL	Stratus	
<b>Quebrada Honda</b>	Quebrada Pampa Larga	pH	--	3.7 (QPL3) y 4.8 (QPL2)	--	6.5 – 8.4

Microcuenca	Cuerpo de Agua	Parámetros de interés <sup>(1)</sup>	Data Pre-Mina			ECA <sup>(2)</sup>
			EIA (1991-1999)	Muestreo MYSRL	Stratus	
		Plomo (Pb)	<0.03 – 0.14	0.18 (QPL2)*	--	0.05
		Manganeso (Mn)	0.06-1.62	0.22 (QPL2)*	0.18 (P)*	0.2
	Quebrada Río Colorado	pH	--	3.3 (SMM) y 3.9 (RC)	--	6.5 - 84
		Hierro (Fe)	4.9-6.45	--	--	5
		Plomo (Pb)	<0.03 – 0.08	0.3 (RC)*	--	0.05
	Quebrada Vizcacha	Plomo (Pb)	<0.03 -0.06	--	--	0.05
Río Azufre	Quebrada Ocucho Machay	pH	5.1 – 7.2	--	--	6.5 – 8.4
	Quebrada Arnacocha	pH	5.3 – 7.1	--	--	6.5 – 8.4
	Quebrada Chaquicocha	pH	3.7 – 5.9	--	--	6.5 – 8.4
	Quebrada Totorá	pH	5.2 – 8.1	--	4-8.1 (QT)	6.5 – 8.4
		Manganeso (Mn)	--	--	0.015-0.2 (QT)*	0.2
		Plomo (Pb)	--	--	0.05*	0.05
Quebrada La Saccha	Quebrada La Saccha	pH	5.54 – 7.27	5.3 – 7.3 (QDLS)	--	6.5 – 8.4
Río San José	Quebrada del río San José	pH	5.18 – 7.75	4.4 – 6.1 (QSJ)	--	6.5 – 8.4
		Manganeso (Mn)	0.11 (Prom)/0.36 (Máx)	0.57 (QSJ)	--	0.2
	Laguna San José	Manganeso (Mn)	0.48 (Prom)/3.65 (Máx)	--	--	0.2
Río Grande	Quebrada Callejón	pH	--	3.3 – 4.29 (RG3)	--	5.5-9.0
		Hierro (Fe)	--	1.12 – 1.15 (RG3)*	--	1
	Afluente aguas arriba de la quebrada Callejón	pH	--	--	3.06 – 4.53 (QS)	5.5 – 9.0
					3.45 – 5.26 (QPC)	
		pH	--	3.94 (QE3)	--	5.5 – 9
		Manganeso (Mn)	0.04 – 2.36	0.65 (QE)*	--	0.4
		Arsénico (As)	--	0.025 (QE)*	--	0.01
				0.05 (QE)*	--	
	Quebrada Pozo Seco	pH	--	--	2.6-5.41 (QPS)	5.5 – 9.0
	Quebrada Corral Blanco	pH	--	--	3.7-4.9 (QS.4)	5.5 – 9.0
					4.8 y 5.3 (QS.9)	
	Quebrada Quilis	pH	--	--	4.5 y 4.7 (QS.5)	5.5 – 9.0
		Hierro (Fe)	--	--	1.39 y 2.52 (QS2.P)	1
	Río Porcón	Arsénico (As)	--	--	0.011 y 0.013 (RPO)	0.01
		Hierro (Fe)	--	--	0.03-26.58 (RPO)	1
		Manganeso (Mn)	--	--	0.006-0.789 (RPO)	0.4
Río Shoclla	Quebrada Yanacocha	pH	---	4 y 4.7 (QY)	4.4 (D)	6.5 – 8.4
	Quebrada Shillamayo	pH	--	--	4.96 y 6.2 (QSL)	6.5 – 8.4

Microcuenca	Cuerpo de Agua	Parámetros de interés <sup>(1)</sup>	Data Pre-Mina			ECA <sup>(2)</sup>
			EIA (1991-1999)	Muestreo MYSRL	Stratus	
	Quebrada La Pajuela	Manganeso (Mn)	--	0.04 – 1.15 (QP)*		0.2
	Quebrada Shoclla	Manganeso (Mn)	--	0.192 (QSCLL1) *		0.2

**Fuente:**  
MYSRL / WSP, 2019

**Nota:**  
(1) Parámetros de interés con concentraciones en condiciones Pre-Mina por encima de los ECA.  
(2) ECA establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM, Categoría 3 (microcuencas: quebrada Honda, río Azufre, quebrada La Saccha, Río Shoclla y río San José) y Categoría 1-A2 (microcuenca del río Grande).  
\* Concentraciones correspondientes a la fracción disuelta

Finalmente, sobre la base del análisis de la información de las condiciones de Pre-Mina se encontraron valores de pH, As, Fe, Mn y Pb fuera del rango de cumplimiento de los ECA. A partir de los resultados registrados para las condiciones Pre-Mina se pudo concluir:

- El pH registró valores ácidos para condiciones naturales (Pre-Mina), en los cuerpos de agua de todas las microcuencas de interés. Estas condiciones estarían asociadas a su vez a la presencia de metales que potencializan su solubilidad bajo condiciones de acidez tales como: aluminio y hierro.
- El As registró concentraciones naturales por encima del ECA para la cuenca del río Grande.
- El Fe, asociado a los bajos rangos de pH, se registró en las microcuencas de la quebrada Honda y río Grande.
- El Mn registró concentraciones naturales por encima de los ECA en todas las microcuencas de interés (a excepción de la microcuenca de la quebrada La Saccha).
- El Pb registró concentraciones naturales por encima de los ECA en las microcuencas de la quebrada Honda y del río Azufre.

Estas excedencias se consideran como sustento para las posibles excedencias que se encuentren en el análisis de los registros de calidad de agua en condiciones históricas.

### Condiciones Históricas

Los resultados de calidad de agua superficial se presentan para cada microcuenca de interés: Quebrada Honda, Río Azufre, Quebrada La Saccha, Río San José, río Grande y Río Shoclla.

Asimismo, tal como se indicó líneas arriba, a efectos de comparar los resultados obtenidos, la evaluación y análisis de parámetros considerados, es con el ECA de agua vigente en su momento. Para ello, se ha considerado 04 escenarios de evaluación de acuerdo con el siguiente detalle:

- Ley General de Aguas (Decreto ley 17752) aprobada mediante DS N.º 261-69-AP y DS N.º 41-70-A y modificada mediante DS N.º 007-83-SA del año 1983 vigente hasta el 30 de julio del 2008.
- D.S. N° 002-2008-MINAM vigente desde 31 de julio de 2008 hasta el 19 de diciembre del 2015.
- D.S. N° 015-2015-MINAM vigente desde el 20 de diciembre de 2015 hasta el 7 de junio del 2017.
- D.S. N° 004-2017-MINAM vigente desde el 8 de junio de 2017 hasta diciembre de 2018.

Un resumen de los principales parámetros de calidad de agua evaluados se presenta a continuación, mientras que los ensayos de laboratorio y certificados de calibración se adjuntan en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.6, Informe de Laboratorio de Calidad de Agua Superficial y Efluentes, y Certificados de Calibración.*

### Microcuenca de la Quebrada Honda

En la microcuenca de la quebrada Honda se evaluó la estación CP1. En la parte alta de la microcuenca se ubican parte de las plataformas de lixiviación Carachugo y Maqui Maqui, el tajío Maqui Maqui Sur y el depósito de desmonte Maqui Maqui, entre otras instalaciones que iniciaron sus operaciones entre los años 1993 y 1994.

La estación CP1, se ubica aguas abajo de la confluencia de la quebrada del río Colorado y la quebrada Pampa Larga. Asimismo, se encuentra aguas abajo de la descarga DCP1, cuyo periodo de descarga fue entre los años 2003 y 2007 y aguas abajo de la descarga DCP12, cuyo inicio de descarga empezó en el año 2011.

A continuación, las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-9, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, parámetros con concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008,2015 y 2017) – Quebrada Honda*.

**Tabla 3.2.5.3-9 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008,2015 y 2017) – Quebrada Honda**

Estaciones	Cuerpo de agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP1/CP12	Quebrada Honda	Parámetros de campo	OD	--	1		
			pH	--	126	13	21
		Fisicoquímicos	NO3-N	--	1	--	--
		Orgánicos	Aceites y Grasas	--	2	--	--
		Metales Totales	Fe	--	11	--	--
			Mn	--	19	2	7
			Hg	--	1	--	--
			Pb	9	72	5	6
			Cu	--	--	1	--
			Se	--	--	--	1
Fuente: MYSRI / WSP, 2019							

A continuación, se presenta el detalle de los resultados de quebrada Honda:

- Parámetros de Campo:
  - Los parámetros de campo no presentaron excedencias sobre la LGA III cumpliendo con los valores permitidos para este periodo de evaluación.
  - Se presentaron valores de excedencia sobre el ECA (2008). El OD registro un valor mínimo 4.59 mg/L el cual está por debajo del ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (5 mg/L) sin embargo este registro cumple con el ECA (2008) Categoría 3-D1: Riego de vegetales (4 mg/L). El pH presenta un total de 126 valores fuera del rango del ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 presentando un valor máximo 7.55 unidades en marzo de 2010 y un mínimo de 3.28 unidades de pH en septiembre de 2011.
  - Respecto al ECA (2015) solo el pH mostro valores fuera del rango permisible de los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2 registrando trece (13) valores por debajo del rango mencionado un mínimo de 3.91 unidades en mayo de 2017.
  - Para el periodo correspondiente al ECA (2017) sólo el pH mostró valores fuera del rango permisible de los ECA (2017) Categoría 3-D1/D2 registrando (21) valores fuera del rango con un valor máximo de 5.98 unidades (junio, 2018) y un mínimo de 3,7 unidades (noviembre, 2017).

- En general el pH, mostró un comportamiento variable, registrándose desde valores ácidos hasta valores neutros. Los valores particularmente bajos se presentaron en todos los periodos del registro de datos. Cabe señalar que, la descarga DCP1 durante el periodo de evaluación (2003-2007) presentaron valores registrados mayormente entre 6.02 unidades y 9.04 unidades, que corresponden a valores neutros a alcalinos, descartando de esta manera su asociación a los efluentes de la mina. Asimismo, de acuerdo con lo analizado en la sección anterior (Tabla 3.2.5.3-8), se registraron valores de pH ácidos para condiciones naturales.

Los valores registrados de pH y oxígeno disuelto se presentan en el Gráfico 3.2.5.3-1, *Valores de pH en la Microcuenca de Quebrada Honda* y Gráfico 3.2.5.3-2 *Valores de Oxígeno Disuelto en la Microcuenca de Quebrada Honda*.

- Parámetros Fisicoquímicos:

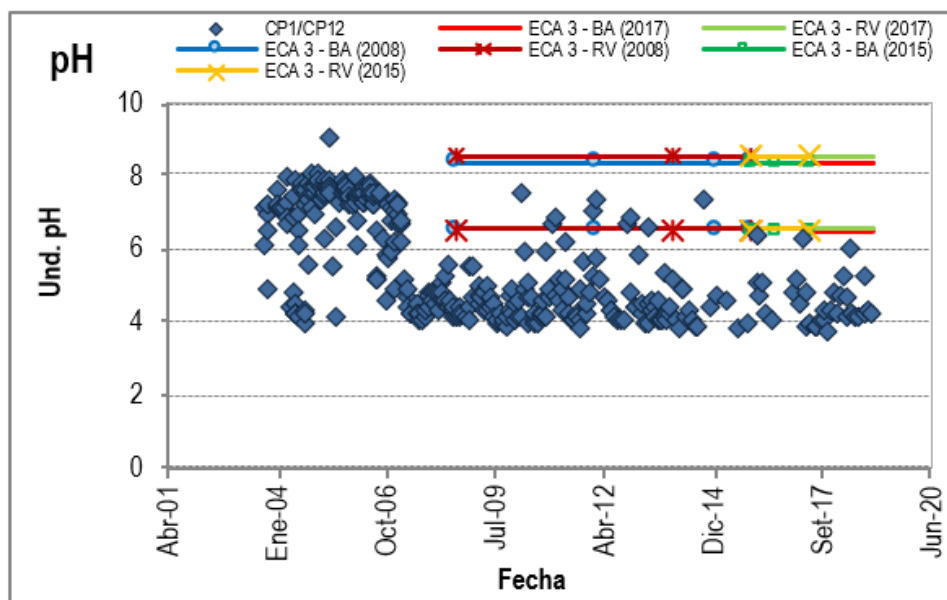
Todos los parámetros fisicoquímicos registraron valores por debajo de los LGA y los ECA para cada periodo sin excepción alguna.

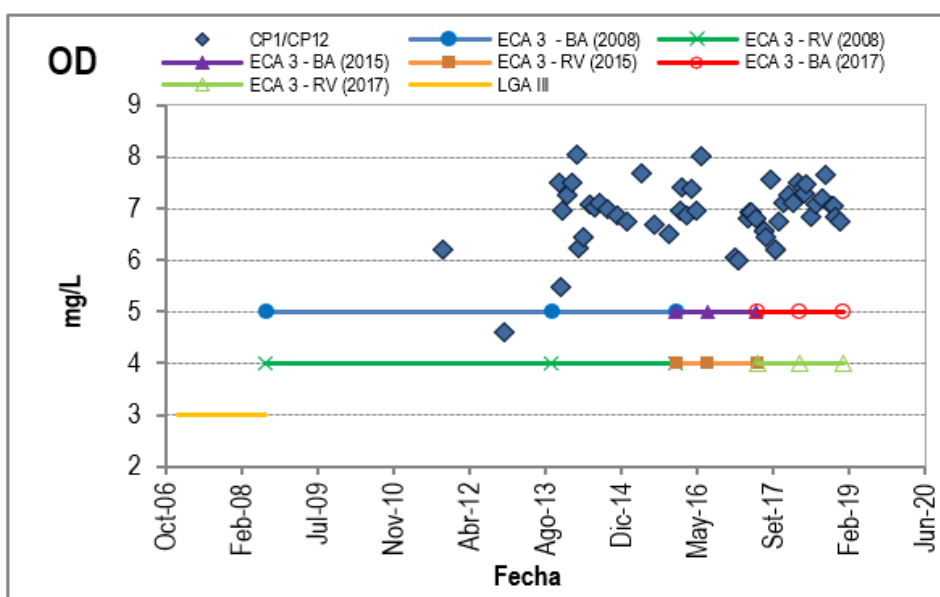
- √ Parámetros Orgánicos:

La mayoría de los registros de aceites y grasas estuvieron por debajo del límite de detección con excepción de 02 valores que excedieron puntualmente el ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (1 mg/L). dichos valores fueron 4.8 y 3.3 mg/L en diciembre de 2017 y enero de 2018 respectivamente. Se consideró que los demás registros de aceites y grasas cumplen la LGA y los ECA para cada periodo por estar por debajo del límite de detección. Los demás parámetros orgánicos cumplen con los establecido por la LGA y los ECA en cada periodo.

Cabe aclarar que los registros de los fenoles están por debajo del límite de detección por lo cual se considera que cumplen con los límites establecidos.

**Gráfico 3.2.5.3-1 Valores de pH en la Microcuenca de Quebrada Honda**



**Gráfico 3.2.5.3-2 Valores de Oxígeno Disuelto en la Microcuenca de Quebrada Honda**

- Parámetros Inorgánicos:

Todos los parámetros inorgánicos se encuentran dentro de los valores establecidos en LGA III y los ECA categoría 3 para cada periodo.

- Aniones:

Todos los aniones registraron valores por debajo de los LGA y los ECA para cada periodo con excepción de los nitratos (NO<sub>3</sub>-N) que presentan una excedencia puntual (14.2 mg/L) sobre el ECA (2008) Categoría 3-D1: Riego de vegetales (10 mg/L) en julio de 2009.

- Metales Totales:

En general los parámetros de Al, Fe, Mn, Pb, Se y Zn, presentaron concentraciones totales superiores a las concentraciones de la fracción disuelta, provenientes de la erosión natural de los suelos. Acorde con el análisis pre-mina que muestran altos registros de dichos elementos en condiciones naturales (antes del inicio de las operaciones en Yanacocha).

A continuación, se detallan los valores en excedencia para el contenido metálico:

- Respecto al contenido metálico únicamente el plomo (Pb) presento excedencias sobre la LGA. Se registraron nueve (09) valores de Pb que están por encima de la LGA III (0.1 mg/L) con un valor máximo para este periodo de evaluación de 0.547 mg/L en febrero del 2005.
- Para el periodo correspondiente al ECA (2008) los registros de Fe, Mn, Hg y Pb presentaron excedencias sobre el ECA (2008) Categoría 3. El Fe presento once (11) valores por encima del ECA (2008) Categoría 3-D1: Riego de vegetales (1 mg/L) con un valor máximo de 4.357 mg/L (marzo, 2010) y un mínimo de 0.38 mg/L (septiembre, 2010). El Mn presento un valor máximo de 0.38 mg/L para este periodo y un mínimo de 0.072 mg/L excediendo en (19) registros los valores establecidos por los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L). El Hg presenta una excedencia puntual sobre los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.001 mg/L) con un valor de 0.00101 mg/L (septiembre, 2013). El Pb presenta un total de (72) excedencias sobre los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.05 mg/L) con un valor máximo de 0.317 mg/L.
- Al comparar el ECA (2015) con los registros metálicos el Mn, Pb y Cu presentan valores de excedencia. El Mn presenta dos (02) valores puntuales de excedencia sobre los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L), con un registro máximo de 0.259 mg/L y un mínimo de 0.155 mg/L. El Pb presenta un total de cinco (05) excedencias sobre los ECA (2015) Categoría 3-



D1/D2 (0.05 mg/L) alcanzando un valor máximo de 0.0663 mg/L. El Cu registra un valor máximo de 0.675 mg/L en abril de 2017 y un mínimo 0.031 mg/L excediendo en una sola ocasión los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2.

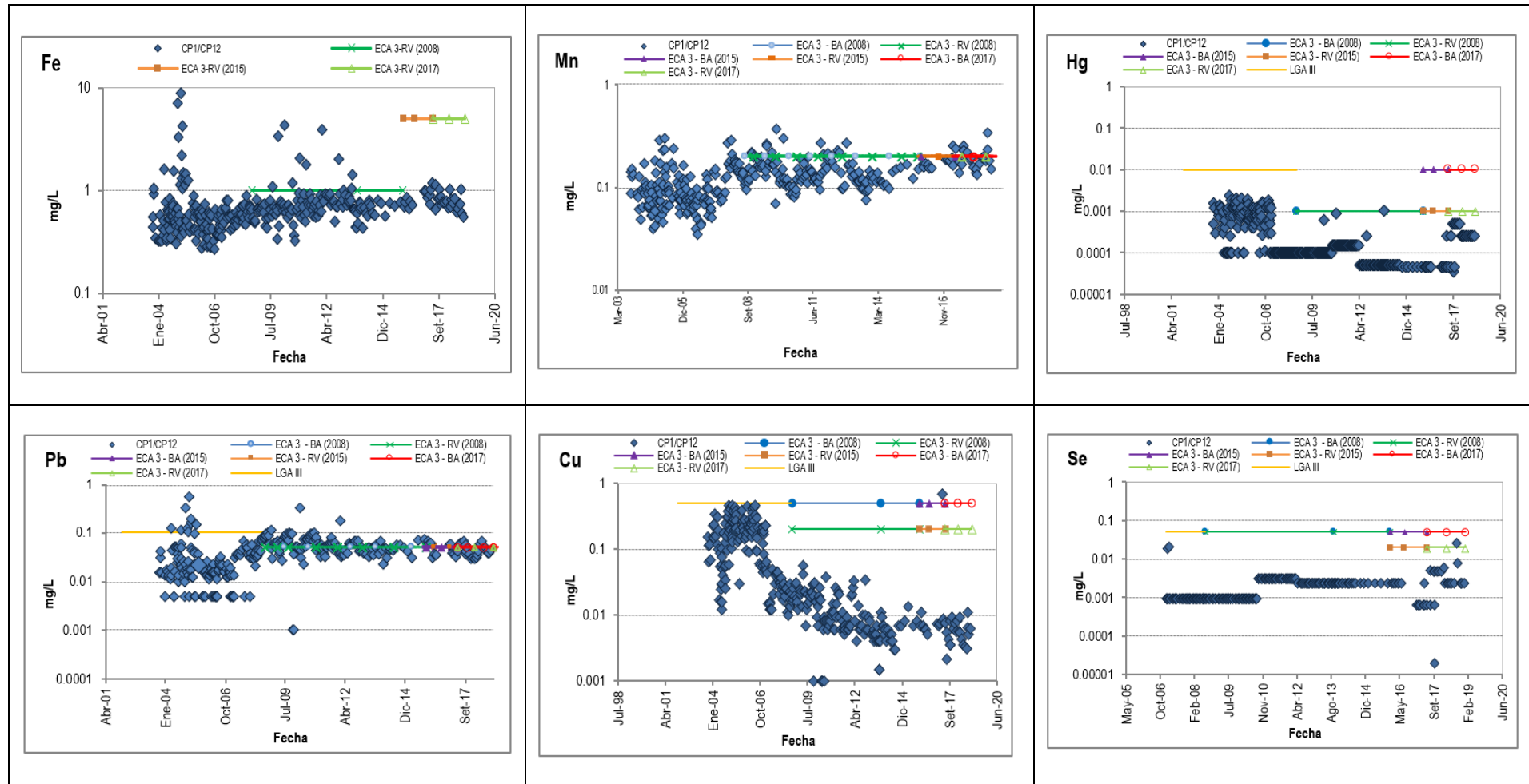
- En cuanto al periodo correspondiente al ECA (2017) se presentaron valores de excedencia para el Mn, Pb y Se. El Mn presenta siete (07) valores puntuales de excedencia sobre los ECA (2017) Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L), alcanzo un registro máximo de 0.345 mg/L. El Pb presenta un total de seis (06) excedencias sobre los ECA (2017) Categoría 3-D1/D2 (0.05 mg/L) con un valor máximo de 0.0655 mg/L. El Se excedió el ECA (2017) Categoría 3-D2 – Bebida de animales (0.02 mg/L) con un valor máximo de 0.026 mg/L en agosto de 2018.

La evolución histórica de algunos parámetros evaluados se presenta en el Gráfico 3.2.5.3-3, *Valores de Metales Totales en la Microcuenca de Quebrada Honda*.

- Parámetros Microbiológicos:

Todos los parámetros microbiológicos registraron valores por debajo de los LGA y los ECA para cada periodo sin excepción alguna.

Gráfico 3.2.5.3-3 Valores de Metales Totales en la Microcuenca de Quebrada Honda



### Microcuenca Río Azufre

Para la caracterización de los cuerpos de agua de la microcuenca del río Azufre se cuenta con la estación de evaluación CP10 ubicada en el río Azufre.

A continuación, las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-10, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Azufre*.

**Tabla 3.2.5.3-10 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Azufre**

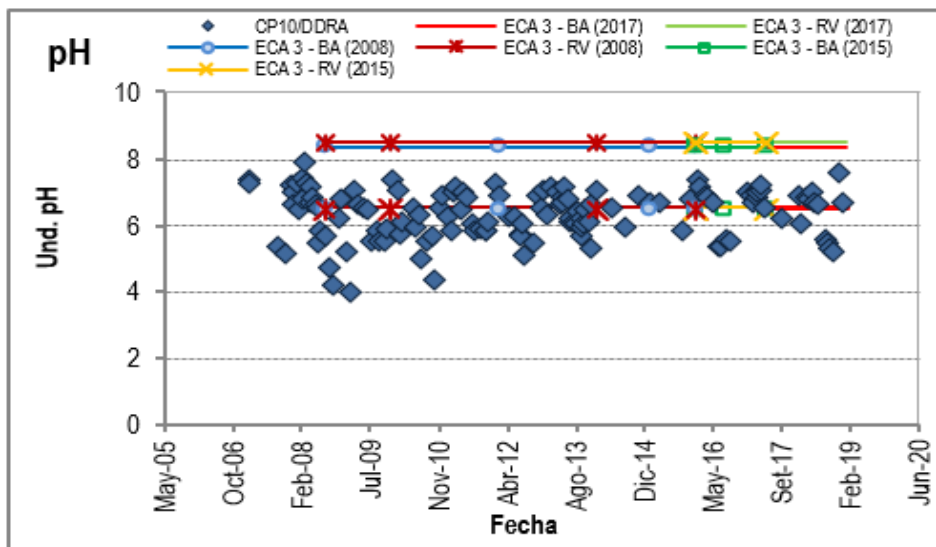
Estaciones	Cuerpo de agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP10	Río Azufre	Parámetros de campo	OD	--	1	--	--
			pH	--	50	7	14
		Aniones	NO3-N	--	4	--	--
			NO2-N	--	20	--	--
			SO4	--	1	--	--
		Orgánicos	Aceites y grasas	--	1	--	--
		Metales totales	Fe	--	22	--	1
			Mn	--	4	--	--
			Cu	--	--	--	1
Fuente: MYSRI / WSP, 2019							

- Parámetros de Campo:
  - Todos los parámetros de campo estuvieron por debajo de la Ley General de Aguas (LGA III) para el periodo correspondiente a esta norma.
  - En el periodo correspondiente al ECA (2008) se registró un valor de OD (4.21 mg/L en agosto de 2014) por debajo del límite establecido por el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (5 mg/L). Los demás registros de OD cumplen con los límites mínimos para los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2. El pH tiene un total de 50 registros por debajo del límite mínimo establecido en los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 con un valor mínimo para este periodo de 3.98 unidades en febrero de 2009.
  - Para el periodo correspondiente a los ECA (2015) el pH tiene un total de (07) registros por debajo del límite mínimo establecido en los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2 con un valor mínimo de 5.36 unidades. Los demás parámetros de campo cumplen con los límites de los ECA para este periodo.
  - Con respecto al ECA (2017) el pH presento 14 registros por debajo del límite mínimo establecido en los ECA (2017) Categoría 3-D1/D2 con un valor mínimo de 4.41 unidades. Los demás parámetros de campo cumplen con los límites de los ECA para este periodo.

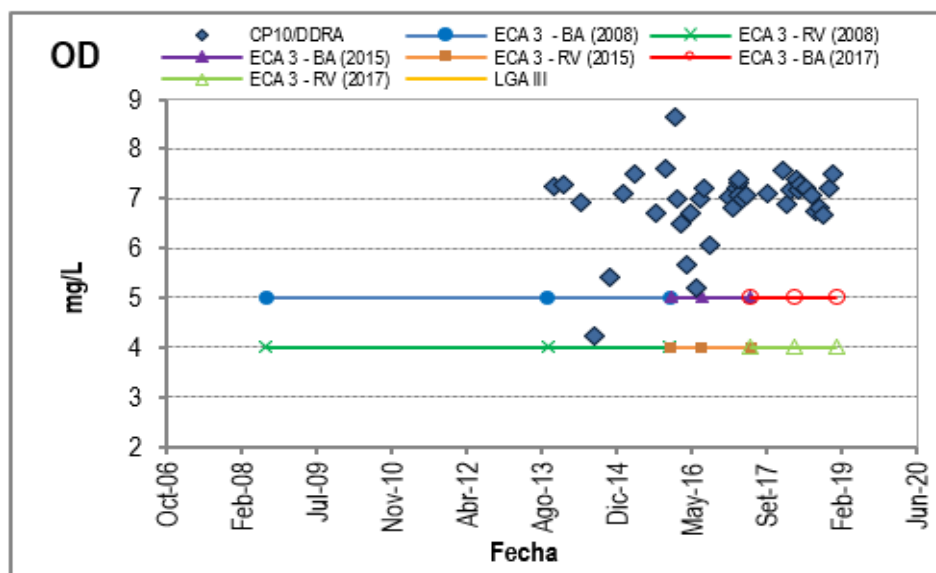
En general el pH presento valores por debajo del límite inferior de rango establecido por la norma vigente en cada periodo de evaluación caracterizando las aguas como ácidas. Cabe señalar que la descarga DCP8, reportó valores entre 6.03 unidades (noviembre, 2009) y 8.87 unidades (junio, 2012), la descarga DCP9 registró valores entre 6.08 unidades (diciembre, 2009) y la descarga DCP10 registró valores entre 6.25 unidades (noviembre, 2009) y 8.68 unidades (febrero, 2012). Descartando de esta manera su asociación a los efluentes generados por la mina, por lo que esta característica es debido a condiciones naturales.

La evolución histórica de los parámetros de campo pH y OD que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-4, Valores de pH en la Microcuenca del Río Azufre y Gráfico 3.2.5.3-5, Valores de OD en la Microcuenca del Río Azufre.

**Gráfico 3.2.5.3-4 Valores de pH en la Microcuenca del Río Azufre**



**Gráfico 3.2.5.3-5 Valores de OD en la Microcuenca del Río Azufre**



- Parámetros Fisicoquímicos:

Todos los parámetros fisicoquímicos (alcalinidad de bicarbonato, color, sólidos totales disueltos y suspendidos) cumplieron con los límites indicados por la LGA III y los ECA (2008, 2015 y 2017) sin excepción en los periodos correspondientes.

- Parámetros Orgánicos:

La mayoría de los registros de aceites y grasas estuvieron por debajo del límite de detección con excepción de 01 valor que excedió puntualmente el ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (1 mg/L). Dicho valor fue de 2.5 mg/L en marzo del 2012. Se consideró que los demás registros de aceites y grasas cumplen la LGA y los ECA para cada periodo por estar por debajo del límite de detección correspondiente a cada periodo. Los demás parámetros orgánicos cumplen con los establecido por la LGA y los ECA en cada periodo.

- **Parámetros Inorgánicos:**

Todos los parámetros inorgánicos (cianuros, sulfuros y fosfatos) se encuentran dentro de los valores establecidos en LGA III y los ECA categoría 3 para cada periodo.

- **Aniones:**

Los aniones cumplieron con los límites establecidos en la LGA III, ECA (2015) y ECA (2017). Sin embargo, los registros de Nitratos, Nitritos y Sulfatos presentan excedencias sobre el ECA (2008). El Nitrato (NO<sub>3</sub>-N) presentaron 4 valores de excedencia sobre el ECA (2008) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (10 mg/L) con un valor máximo de 50.45 mg/L (noviembre, 2014). Los nitratos (NO<sub>2</sub>-N) presentan 20 valores que exceden el máximo permitido por el ECA (2008) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.06 mg/L). Por último, los registros de sulfatos SO<sub>4</sub> exceden en una ocasión puntual al máximo permitido por ECA (2008) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (300 mg/L) llegando a (339.73 mg/L) en marzo de 2012.

- **Metales Totales:**

- Todos los registros metálicos cumplen con los límites previstos en la LGA III para el primer periodo evaluado.
- Con respecto al periodo correspondiente al ECA (2008) se presentan valores de excedencia para el Fe y el Mn. El Fe excede en 22 valores el ECA (2008) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (1 mg/L). Para este periodo el Fe presenta un valor máximo de 6.278 mg/L en noviembre de 2009 y un mínimo de 0.144 mg/L en marzo de 2011. Los registros de (Mn) exceden en 04 valores a el máximo establecido por el ECA (2008) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.2 mg/L) alcanzando un valor máximo de 0.385 mg/L en noviembre de 2009.
- Todos los registros metálicos cumplen con los ECA (2015) categoría 3-D1/D2 en el periodo correspondiente.
- Para los registros metálicos en el periodo de vigencia de los ECA (2017) se tiene excedencias puntuales en el Fe y el Cu. El Fe registra un valor máximo de 5.79 mg/L (noviembre de 2018) el cual excede el ECA (2017) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (5 mg/L). De manera similar el Cu registra un valor máximo de 0.251 mg/L el cual excede el ECA (2017) categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.2 mg/L) pero cumple con el correspondiente el ECA (2017) categoría 3-D2 Bebida de animales (0.5 mg/L).

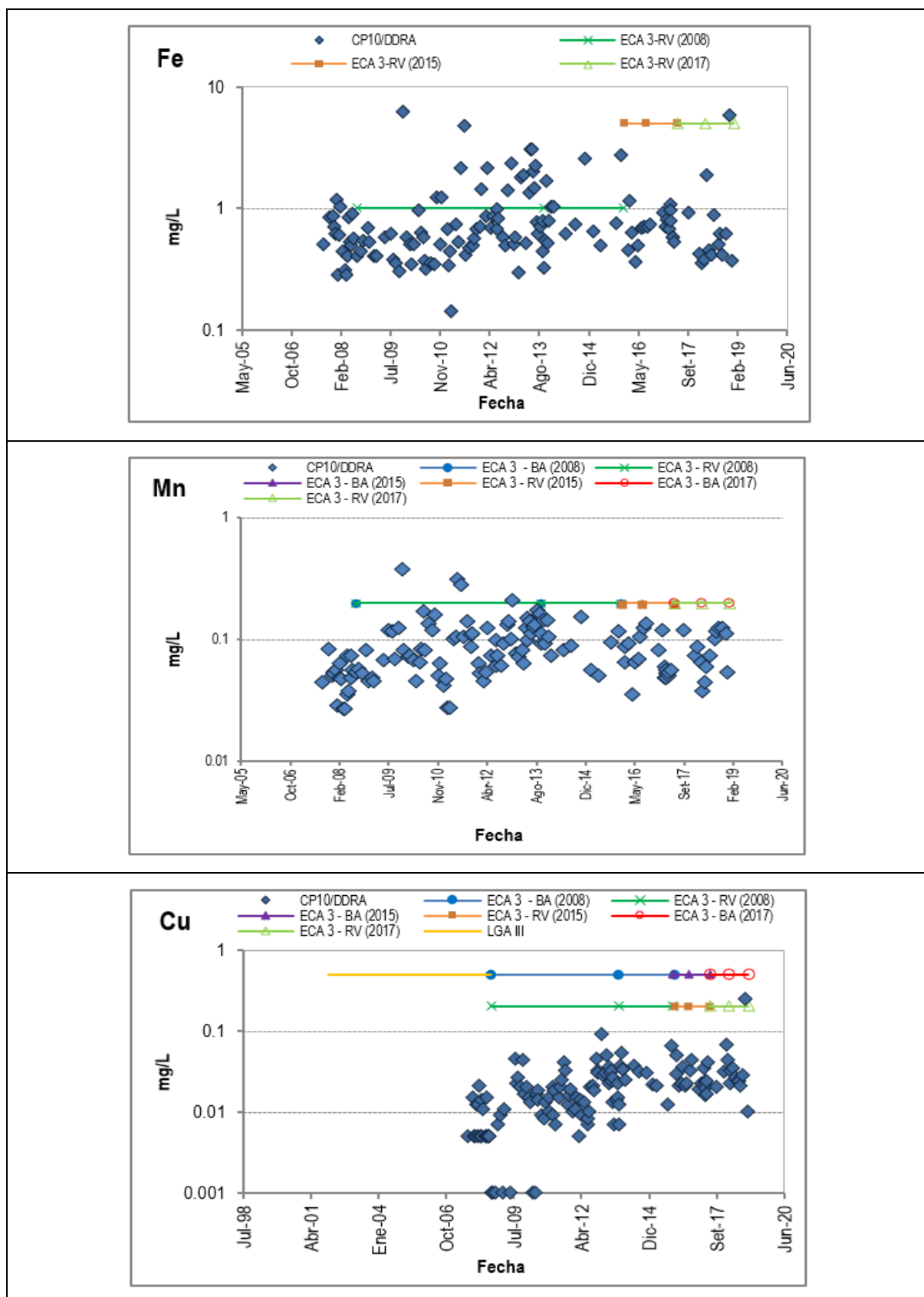
La excedencia de valores puntuales para los metales Fe, Mn, se deben a la presencia de sedimentos en la muestra de agua y por lo tanto no reflejaría la concentración de metales disueltos. Asimismo, estos valores estarían influenciados por la propia mineralogía de la zona, incorporados mayormente como sólidos suspendidos en los flujos por el arrastre de la escorrentía, proceso que se intensifica durante la temporada húmeda; así como por la oxidación natural de pirita que genera drenaje ácido que a su vez permite la lixiviación de los metales propios de la zona.

La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-6, *Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río Azufre*.

- **Parámetros Microbiológicos:**

Todos los parámetros microbiológicos cumplen con los límites establecidos por los LGA III, ECA (2008, 2015 y 2017) categoría 3.

Gráfico 3.2.5.3-6 Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río Azufre



### Microcuenca de la Quebrada La Saccha

En la microcuenca de la quebrada La Saccha se cuenta con la estación CP11, la cual se encuentra ubicada aguas abajo de la descarga DCP11, proveniente del reservorio San José que inició su descarga en el año 2009. Asimismo, en la parte alta de la cuenca se encuentra el depósito de suelo orgánico San José, que hasta la fecha no ha sido ejecutada.

Las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-11, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Quebrada La Saccha*.

**Tabla 3.2.5.3-11 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Quebrada La Saccha**

Estaciones	Cuerpo de Agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP11	Quebrada la Saccha	Parámetros de campo	OD	--	3	--	--
			pH	--	12	9	17
			Conductividad	--	6	--	--
		Fisicoquímicos	Color	--	--	2	--
			Fluoruro	--	1	--	--
		Aniones	NO <sub>3</sub> -N	1	59	--	--
			NO <sub>2</sub> -N	--	26	--	--
			SO <sub>4</sub>	--	25	--	--
		Orgánicos	Aceites y grasas	--	2	--	--
		Metales Totales	Co	--	11	--	--
			Cu	--	2	--	--
			Mn	--	2	--	--
			Hg	--	1	--	--
			Pb	--	1	--	--
			Se	--	1	--	2

- Parámetros de Campo:
  - La totalidad de los parámetros de campo cumplen con la LGA III en todo el periodo vigente de dicha norma.
  - Con respecto al periodo correspondiente a los ECA (2008) se presentan excedencias en el OD, pH y Conductividad. El OD presenta 3 valores puntuales que están por debajo del mínimo exigido por los ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (5 mg/L); sin embargo, sólo 02 de estos valores están por debajo ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (4 mg/L). La conductividad presenta 06 valores por encima de los ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (2000 µS/cm) pero todos los registros en este periodo están por debajo de los ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (5000 µS/cm). El pH presentó 12 valores que están por debajo del mínimo establecido por los ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 alcanzando un valor máximo de 7.98 unidades y una mínima de 5.73 unidades.
  - En el periodo correspondiente al ECA (2015) al evaluar los parámetros de campo únicamente el pH presenta valores fuera del rango de valores de los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2. En total existen 9 valores por debajo del límite mínimo establecido (6.5 unidades de pH) llegando a registrar un valor mínimo de 5.09 unidades.
  - Por otro lado, para el periodo más reciente ECA (2017) el pH presenta 17 valores fuera de rango estando todos por debajo del rango aceptable en el ECA (2017) Categoría 3-D1/D2.

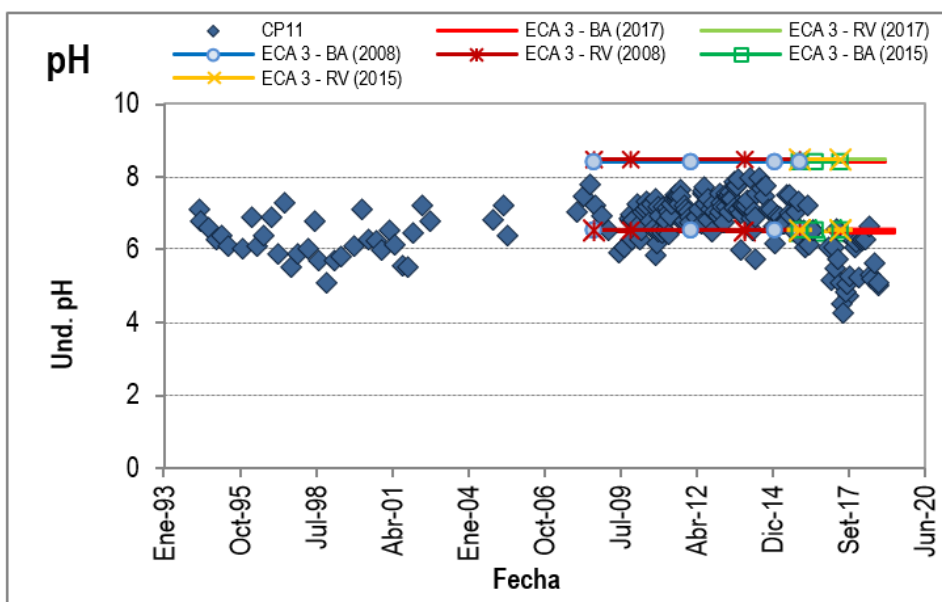


En este periodo el pH registra un valor mínimo de 4.25 unidades de pH caracterizando las aguas como ácidas.

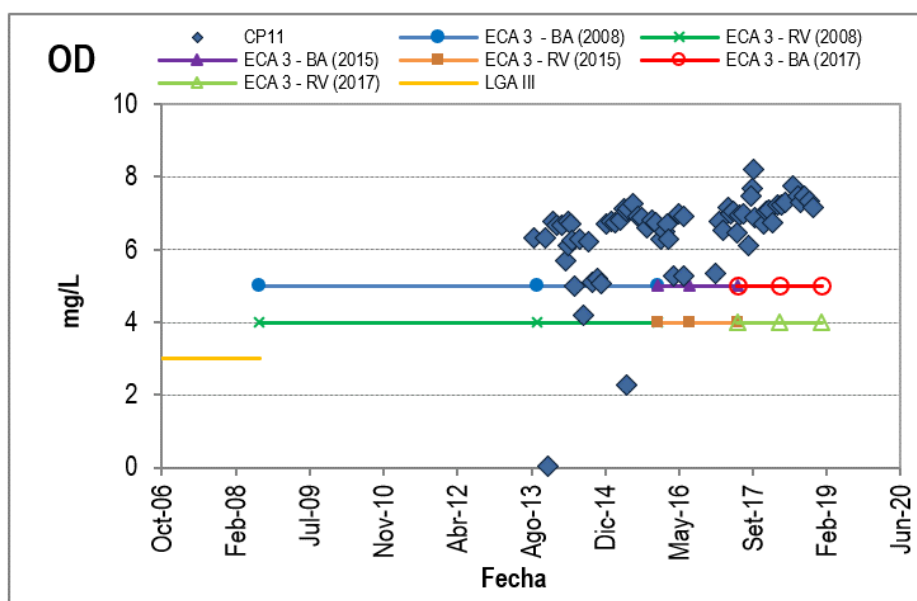
En general, los valores particularmente bajos se presentaron constantemente en todo el periodo de evaluación. La descarga DCP11, cuyo periodo de inicio de descarga fue en el año 2007, reportó valores entre 6.36 unidades (febrero, 2011) y 8.62 unidades (octubre, 2014), cumpliendo con los LMP; descartándose de esta manera su influencia sobre la calidad del CP11. Asimismo, se registró valores de pH en condiciones de Pre-Mina, por lo que esta característica sería debido a condiciones naturales de la zona (Tabla 3.2.5.3-8).

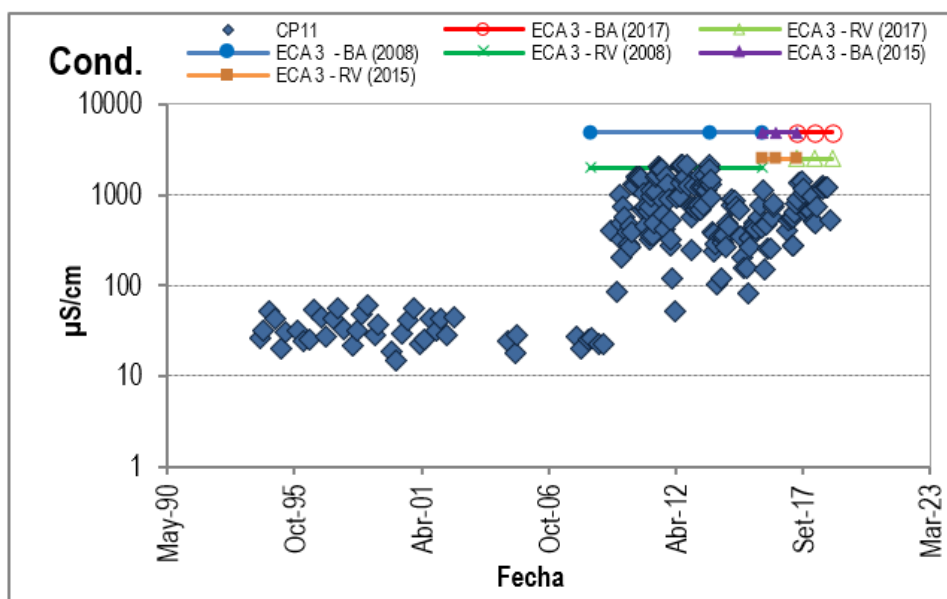
La evolución histórica de los parámetros de campo que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-7, Valores de pH en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha, 3.2.5.3-8, Valores de OD en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha y 3.2.5.3-7, Valores de Conductividad en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha.

**Gráfico 3.2.5.3-7 Valores de pH en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha**



**Gráfico 3.2.5.3-8 Valores de OD en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha**



**Gráfico 3.2.5.3-9 Valores de Conductividad en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha**

- **Parámetros Fisicoquímicos:**

Los parámetros fisicoquímicos (alcalinidad de bicarbonato, color, sólidos totales disueltos y suspendidos) están dentro de los valores aceptables por la LGA III y también el ECA (2017) categoría 3 en los periodos correspondientes ya que no presentan excedencias respecto a estos.

Para el caso del ECA (2008) se evaluaron los registros obteniéndose excedencias en el fluoruro los cual tuvo un valor puntual de excedencia. El fluoruro presenta un valor máximo de 6.74 mg/L excediendo con este valor el ECA (2008) Categoría 3-D1 en febrero de 2011.

Para el periodo correspondiente a los ECA (2015) se nota que únicamente el color presenta valores de excedencia. El color excede en 02 ocasiones el máximo permitido por ECA (2015) Categoría 3-D1/D2 (350 mg/L) y 125.5 mg/L. Los demás parámetros fisicoquímicos (alcalinidad de bicarbonato, sólidos totales disueltos y suspendidos) cumplen con los ECA (2015) Categoría 3-D1/D2.

- **Parámetros Orgánicos:**

Los registros de aceites y grasas que sobrepasan los límites del ECA (2008) categoría 3-D1/D2 son en total dos (02) valores puntuales en los años 2010, 2011 cuyos valores son 2.5 y 2.2 mg/L respectivamente. Todos los demás registros de aceites y grasas están por debajo del límite de detección por lo cual se consideran que cumplen con los establecido en la LGA III, ECA 2008, 2015 y 2017.

Los demás parámetros orgánicos cumplen con los límites establecidos en LGA III, ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 para los periodos correspondientes.

- **Parámetros Inorgánicos:**

Los registros de cianuros, sulfuros y fósforos se encuentran dentro de los límites establecidos en la LGA III y los ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 para los periodos correspondientes.

- **Aniones:**

Los registros de aniones cumplieron con lo establecido en la LGA III para el primer periodo evaluado con excepción de un registro puntual de  $\text{NO}_3\text{-N}$  que excedió el límite establecido por la LGA III (100 mg/L) el cual alcanzo un valor de 156 mg/L en marzo del año 2000.

Para el periodo correspondiente al ECA (2008) se presentan excedencias en Nitratos, Nitritos y Sulfatos. Los valores de  $\text{NO}_3\text{-N}$  registraron un valor máximo de 67.15 mg/L y un mínimo <0.1 mg/L. Estos registros

excedieron en 59 ocasiones el límite establecido por el ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (10 mg/L) mientras que excedieron 4 veces el límite del ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (50 mg/L). El NO<sub>2</sub>-N presentó 26 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (0.06 mg/L) y 15 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (1 mg/L) alcanzando un valor máximo de 4.55 mg/L en junio de 2010. Los registros de SO<sub>4</sub> presentaron 25 valores de excedencia sobre ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (300 mg/L) y 10 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (500 mg/L) además tuvieron un valor máximo de 749.25 mg/L en marzo de 2012.

Los demás registros de aniones cumplen con los límites establecidos en los ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 en los periodos de tiempo correspondientes.

- Metales:

En general se presentan valores de excedencia para el Pb, Mn, Hg y Se. Estos están asociados a las características naturales de la cuenca (condiciones pre-mina). Esto se evidencia al constatar que casi la totalidad de las excedencias se presentan sobre el ECA 2008. En adelante únicamente el Se presenta excedencias y son puntuales. Esta mejora se debe a la mejora de las plantas de tratamiento.

A continuación, se muestra el detalle de las excedencias mencionadas:

- Todos los registros metálicos cumplen con lo establecido por la LGA III para el primer periodo de evaluación.
- Con respecto al segundo periodo donde el ECA (2008) está en vigencia se encontraron excedencias en el Co, Cu, Mn, Hg, Pb y Se. Los registros de Co presentaron un valor máximo de 0.07632 mg/L (junio, 2011) y un mínimo de 0.00148 mg/L (enero, 2014) dichos registros exceden en 11 veces el ECA (2008) Categoría 3-D1 (0.05 mg/L). Todos los registros están por debajo del ECA (2008) Categoría 3-D2 (1 mg/L). El Cu presenta 2 registros de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D1 (0.2 mg/L), estos valores el valor máximo se presenta en octubre de 2013 y es 0.268 mg/L. Todos los demás registros de Cu cumplen con lo especificado en ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 correspondiente.
- El Mn presentó de hasta 0.275 mg/L en junio del 2009 excediendo 2 veces puntuales el ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L). De manera similar el Hg presenta un valor mínimo por debajo del límite de detección y un valor máximo de 0.002 mg/L el cual excede ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.001 mg/L). El Pb tiene un valor máximo de 0.075 mg/L para el periodo en análisis el cual excede puntualmente el ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.05 mg/L). Los registros de Se exceden una (01) vez el ECA (2008) Categoría 3-D1/D2 (0.05 mg/L) correspondiente alcanzando un valor máximo de 0.051 mg/L.
- Todos los registros metálicos correspondientes al tercer periodo de evaluación (ECA 2015) cumplen con lo establecido por el ECA (2015) Categoría 3-D1/D2.
- Respecto al periodo correspondiente al ECA (2017) únicamente presenta excedencias por parte del Se el cual presenta un valor máximo 0.0253 mg/L. Se presentan 02 excedencias sobre el ECA (2008) Categoría 3-D1 riego de vegetales, pero no sobre el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales.

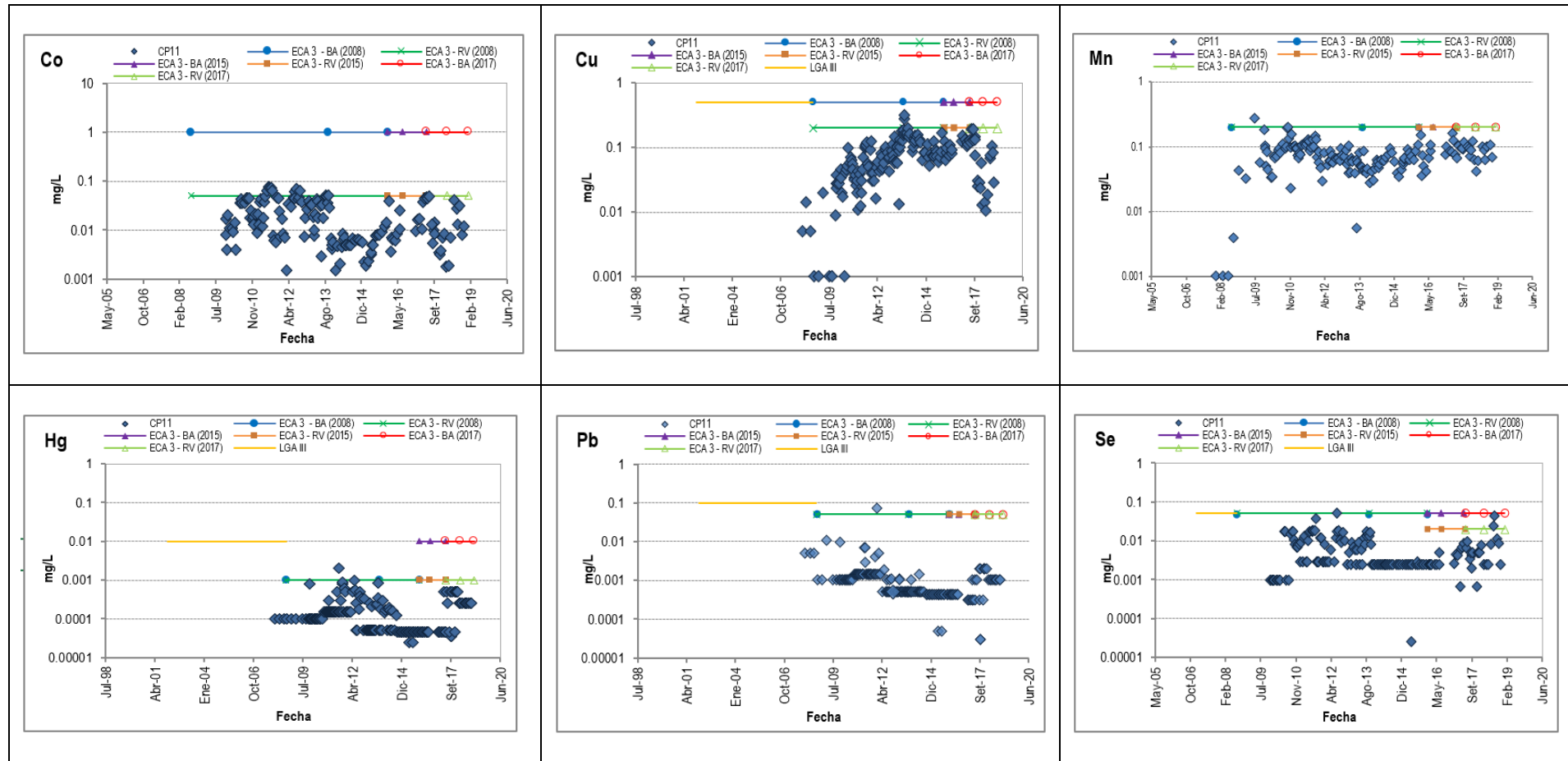
La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-10, *Valores de Metales Totales en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha*.

- Parámetros Microbiológicos:

Los parámetros microbiológicos referido a coliformes totales y fecales cumplen con los límites establecidos por la LGA III y los ECA's (2008, 2015 y 2017) en los periodos respectivos.

Los huevos de Helmintho presentan una medición puntual de 15 HUEV/LT (noviembre, 2013) que sobrepasa el ECA (2008) Categoría 3-D1 (1 HUEV/LT).

Gráfico 3.2.5.3-10 Valores de Metales Totales en la Microcuenca de la Quebrada La Saccha



### Microcuenca del Río San José

Para la caracterización de la microcuenca de la quebrada San José se evaluó la estación CP5, la cual se encuentra ubicada en la quebrada San José, afluente del río del mismo nombre y aguas abajo de las descargas DCPLSJ2, VET-RSJ y DCP5. Las descargas DCPLSJ2 y DCP5 empezaron en el año 2007 y la descarga VET-RSJ en el año 2011.

En la parte alta de la microcuenca se ubican los depósitos de desmonte Carachugo y San José Este, que iniciaron sus operaciones en 1995 y 1999, los cuales actualmente se encuentran cerrados desde el año 2002 y 2003, respectivamente. Aguas abajo de estos se ubica la Laguna San José 2, que recibe la descarga DCPLSJ2, la cual proviene del reservorio San José que se ubica en la margen derecha de la quebrada (el reservorio empezó su operación en el año 2007; antes era el tajo San José, que inició sus operaciones en marzo del año 1996).

Las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-12, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río San José*.

**Tabla 3.2.5.3-12 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río San José**

Estaciones	Cuerpo de agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP5	Quebrada San José	Parámetros de campo	OD	--	6	1	--
			pH	--	41	5	4
			Conductividad	--	21	--	--
		Aniones	NO3-N	--	149	--	--
			NO2-N	--	51	--	--
			SO4	--	71	--	--
		Orgánicos	Aceites y grasas	--	2	--	--
		Fisicoquímicos	Fluoruro	--	1	--	--
		Metales Totales	Al	--	3	--	--
			Cd	--	1	--	--
			Co	--	78	--	6
			Cu	1	64	1	6
			Fe	--	30	--	--
			Mn	--	46	1	--
			Hg	--	20	--	--
Pb	1		--	--	--		
Se	--	51	--	2			

Fuente:  
MYSRI / WSP, 2019

- Parámetros de Campo:
  - La totalidad de los parámetros de campo cumplen con la LGA III para el primer periodo de análisis donde no se registran excedencias.
  - Para el segundo periodo de análisis se comparó los registros con el ECA (2008) y se encontraron excedencias en el OD, pH y la Conductividad. El OD presentó un valor mínimo de 2.99 mg/L (mayo, 2015) además presenta 6 registros por debajo del mínimo establecido por el ECA 2008 Categoría 3-D2 Bebida de animales (5 mg/L) también presenta 3 registros que están por debajo del ECA 2008 Categoría 3-D1 Riego de vegetales (4 mg/L). La Conductividad para este periodo de análisis tiene un valor mínimo de 10.99 µS/cm (agosto

de 2008) y un valor máximo de 3,410  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en agosto de 2009, de la totalidad de registros de Conductividad para este periodo 21 registros exceden ECA 2008 Categoría 3-D1 (2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) pero están por debajo de los ECA 2008 Categoría 3-D2 (5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Los valores del pH presentan un valor máximo de 8.29 unidades y uno mínimo 3.68 unidades, de estos valores 21 registros están fuera del rango admisible por el ECA 2008 Categoría 3-D1/D2 estando la mayoría dentro del rango permisible.

- Para el ECA (2015) el OD presenta 01 registro de 4.33 mg/L que está por debajo del mínimo establecido en el ECA 2015 Categoría 3-D2 bebida de animales (5 mg/L). El pH máximo registrado fue de 7.31 unidades y el mínimo 5.4 unidades de los cuales existen 5 registros que están por debajo del rango admisible del ECA 2015 Categoría 3-D1/D2.
- Para el último periodo de evaluación correspondiente al ECA (2017) el pH presenta 4 valores por debajo del rango admisible fijado por el ECA 2017 Categoría 3-D1/D2 donde se presentó un valor mínimo de 5.39 unidades en junio de 2018. Los valores particularmente bajos se presentaron mayormente en el periodo 1991-2011. Cabe señalar que los valores de pH reportado por las descargas DCP5 (6.12 unidades – 8.48 unidades), DCPLSJ2 (6.07 unidades – 9.2 unidades) y VERT-RSJ (6.49 unidades – 9.33 unidades) fueron de tendencia neutra, descartando de esta manera su asociación a los efluentes de la mina.

Asimismo, para resaltar, que las operaciones dentro del área de esta microcuenca comenzaron entre 1996 y 1997, encontrándose registros de valores por debajo del rango desde 1991, observando así que la microcuenca presenta características naturalmente ácidas.

La evolución histórica de los parámetros de campo que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-11, Valores de pH en la Microcuenca del Río San José, Gráfico 3.2.5.3-12, Valores de pH en la Microcuenca del Río San José y Gráfico 3.2.5.3-13, Valores de pH en la Microcuenca del Río San José.

- Parámetros Fisicoquímicos:

Casi la totalidad de parámetros fisicoquímicos cumplen con los límites establecidos en la LGA III y los ECA Categoría 3 para 2008, 2015 y 2017, a excepción del fluoruro, el cual presenta excedencias puntuales respecto al ECA (2008). El fluoruro presenta un registro máximo de 9.29 mg/L en febrero de 2011 el cual está por encima del ECA (2008) Categoría 3 D1/D2 (1 mg/L).

**Gráfico 3.2.5.3-11 Valores de pH en la Microcuenca del Río San José**

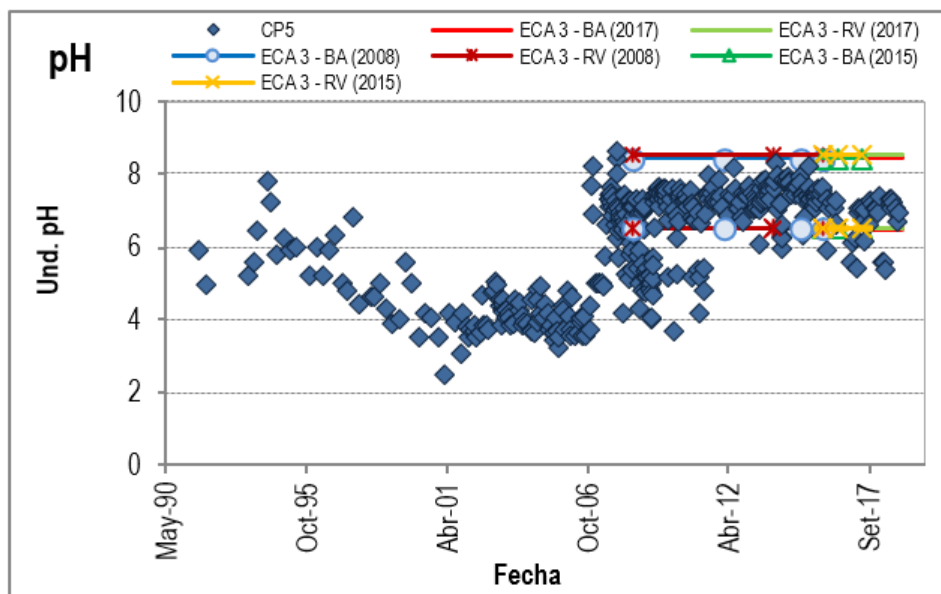


Gráfico 3.2.5.3-12 Valores de OD en la Microcuenca del Río San José

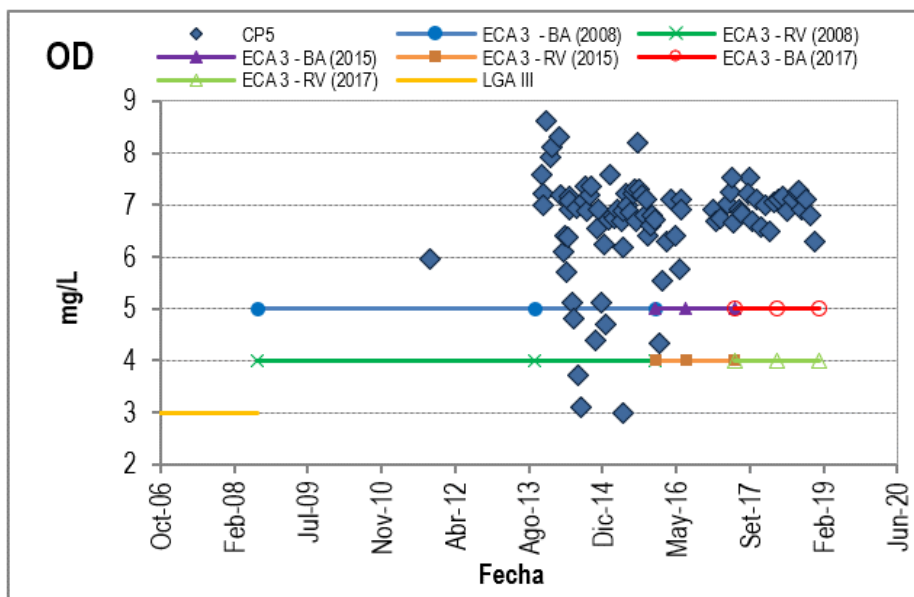
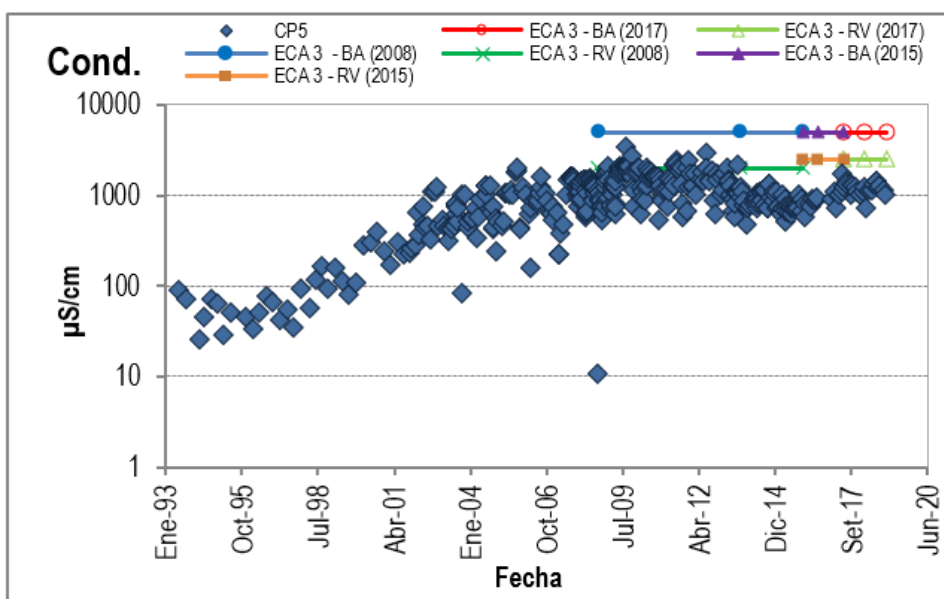


Gráfico 3.2.5.3-13 Valores de Conductividad en la Microcuenca del Río San José



- Parámetros Orgánicos

Los registros de aceites y grasas que sobrepasan los límites del ECA (2008) categoría 3-D1/D2 son dos (02) valores puntuales en los años 2010, 2011 cuyos valores son 5.3 y 1.7 mg/L respectivamente. Todos los demás registros de aceites y grasas están por debajo del límite de detección por lo cual se consideran que cumplen con los establecido en la LGA III, ECA 2008, 2015 y 2017.

Los demás parámetros orgánicos cumplen con los límites establecidos en LGA III, ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 para los periodos correspondientes.

- Parámetros Inorgánicos

La totalidad de los parámetros inorgánicos (cianuros, fosfatos y sulfuros) se encuentran dentro de los límites establecidos en la LGA III y los ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 para los periodos correspondientes.



- Aniones

Los registros de aniones cumplieron con lo establecido en la LGA III para el primer periodo evaluado.

Para el periodo correspondiente al ECA (2008) se presentan excedencias en Nitratos, Nitritos y Sulfatos. Los valores de NO<sub>3</sub>-N registraron un valor máximo de 67.9 mg/L y un mínimo <0.1mg/L. Estos registros excedieron en 149 ocasiones el límite establecido por el ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (10 mg/L) mientras que excedieron 4 veces el límite del ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (50 mg/L). El NO<sub>2</sub>-N presento 51 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (0.06 mg/L) y 10 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (1 mg/L) alcanzando un valor máximo de 2.93 mg/L en junio de 2010. Los registros de SO<sub>4</sub> presentaron 71 valores de excedencia sobre ECA (2008) Categoría 3-D1 Riego de vegetales (300 mg/L) y 23 valores de excedencia sobre el ECA (2008) Categoría 3-D2 Bebida de animales (500 mg/L) además tuvieron un valor máximo de 881.11 mg/L en junio de 2012.

En el periodo correspondiente al ECA (2017) el NO<sub>2</sub>-N presento un valor máximo de 22.95 mg/L (diciembre, 2018) el cual excede de manera puntual el límite máximo establecido por el ECA 2017 Categoría 3-D1/D2 (10 mg/L)

Los demás registros de aniones cumplen con los límites establecidos en los ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 en los periodos de tiempo correspondientes.

- Metales Totales

- Respecto al contenido metálico para el periodo de evaluación correspondiente con la LGA III se detectó excedencias puntuales para el Cu y Pb. El Cu excede en 01 valor (0.513 mg/L) registrado en junio de 2005 la LGA III (0.5 mg/L). De manera similar el Pb excedió en una ocasión el límite indicado por la LGA III (0.1 mg/L) este valor de excedencia fue de 0.404 mg/L.
- Para el periodo de evaluación de los ECA (2008) se encontraron Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Hg y Se. Los registros de Al en este periodo muestran 03 excedencias sobre el ECA 2008 Categoría 3-D1/D2 (5 mg/L) presentando un valor máximo de 8.96 mg/L (marzo, 2009) y un mínimo de 0.09 mg/L (agosto, 2009). El Cd presento un solo valor que excede a los ECA 2008 Categoría 3-D1/D2, para este periodo muestra valores entre <0.00003 mg/L y 0.12 mg/L (junio, 2012). El Co presento valores entre 0.00164 mg/L y 0.114 mg/L de los cuales 78 valores presentaron excedencias sobre ECA 2008 Categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.05 mg/L) pero están por debajo del ECA 2008 Categoría 3-D2 Bebida de animales (1 mg/L). Los registros de Cu para este periodo de análisis están en el rango de 0.017 mg/L y 0.458 mg/L de los cuales 64 registros exceden los ECA 2008 Categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.2 mg/L) pero están por debajo de ECA 2008 Categoría 3-D2 Bebida de animales. El Fe presento 30 valores que exceden ECA 2008 Categoría 3-D1 Riego de Vegetales (1mg/L) con un registro máximo de 16.5 mg/L (octubre, 2010). Los registros de Mn presentan valores entre 0.0187 mg/L a 0.812 mg/L de los cuales 46 valores están por encima de máximo establecido por el ECA 2008 Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L). Los registros de Hg presentaron un valor máximo de 0.00252 mg/L (abril, 2012), en total presentan 20 valores de excedencia sobre el ECA 2008 Categoría 3-D1/D2 (0.001 mg/L). El Se excedió en 02 ocasiones el ECA 2008 Categoría 3-D1/D2 (0.05 mg/L), estos valores de excedencia fueron 0.053 mg/L (junio, 2009) y 0.068mg/L (julio, 2009).
- Para el periodo de evaluación de los ECA (2015) se encontraron puntuales del Cu y Mn. Los registros de Cu para este periodo de análisis están en el rango de 0.029 mg/L y 0.205 mg/L (octubre, 2017) este último excede de manera puntual los ECA 2015 Categoría 3-D1 Riego de Vegetales (0.2 mg/L) pero están por debajo de ECA 2015 Categoría 3-D2 Bebida de animales. El Mn presenta un valor máximo de 0.21 mg/L en abril de 2017 el cual excede de manera puntual ECA 2015 Categoría 3-D1/D2 (0.2 mg/L).
- Para el periodo de evaluación de los ECA (2017) se registraron excedencias en el Co, Cu y Se. El Co para este periodo de evaluación presento un valor máximo de 0.057 mg/L y un mínimo de 0.0198 mg/L de los cuales 06 valores excedieron el ECA 2017 Categoría 3-D1 riego de vegetales (0.05 mg/L) pero son menores que el ECA 2017 Categoría 3-D2 Bebida de animales (1 mg/L). De manera similar el Cu presenta 06 excedencias sobre ECA 2017

Categoría 3-D1 riego de vegetales (0.2 mg/L) pero cumple con el ECA 2017 Categoría 3-D2 Bebida de animales (0.5 mg/L) presentando un valor máximo de 0.252 mg/L (febrero, 2018). El Se presenta 02 valores puntuales de excedencia sobre el ECA 2017 Categoría 3-D1 Riego de vegetales (0.02 mg/L) pero cumple con el ECA 2017 Categoría 3-D2 (0.05 mg/L).

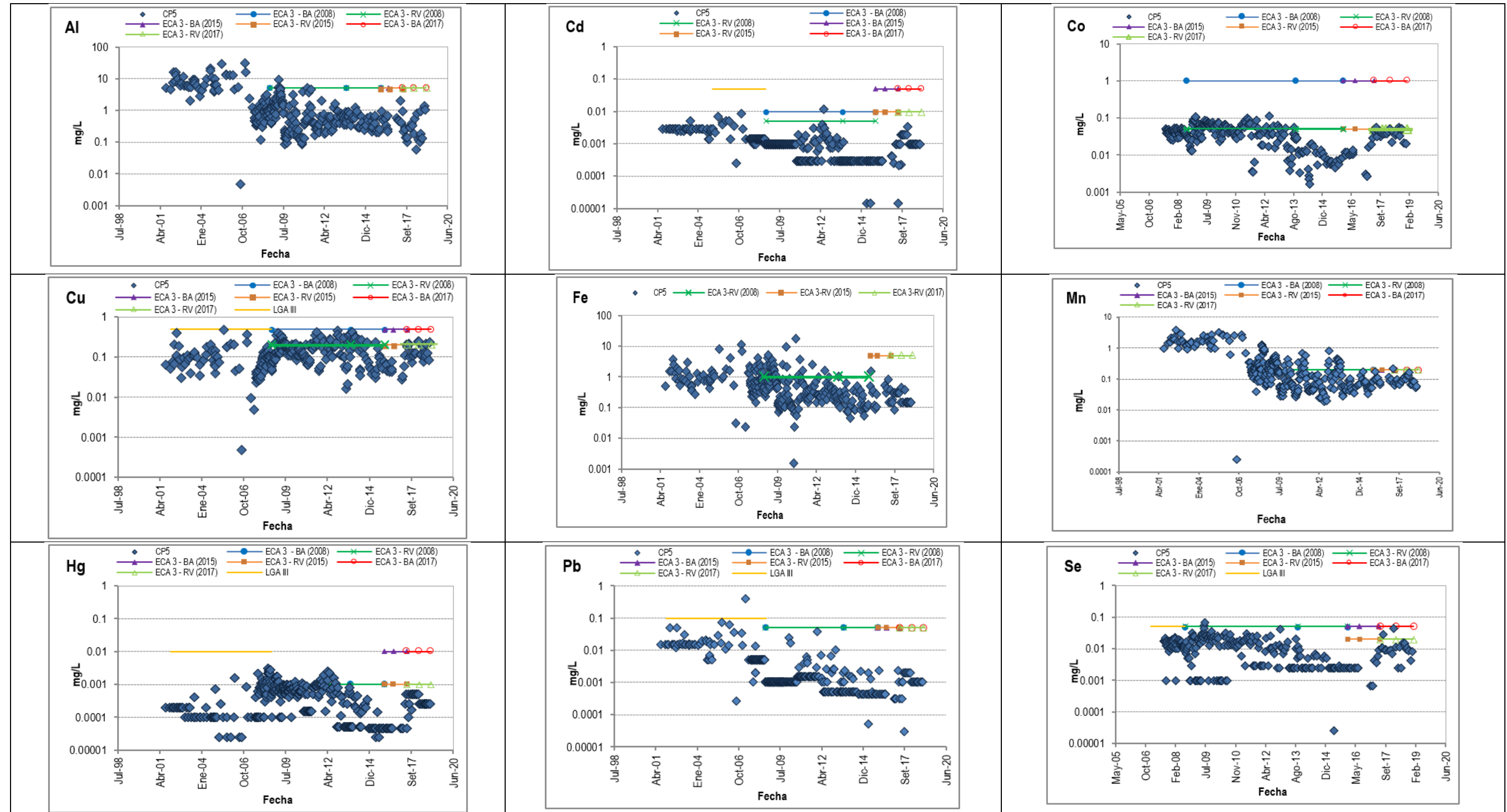
La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-14, *Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río San José*.

- Parámetros Microbiológicos:

Los registros de coliformes fecales, coliformes totales y huevos de helmintos microbiológicos se encuentran dentro de los límites establecidos en la LGA III y los ECA 2008, 2015 y 2017 categoría 3 para los periodos correspondientes.

Los coliformes Fecales presentan un valor máximo de 13 NMP/1000mL (mayo, 2014) mientras que los coliformes totales registraron un valor máximo de 33 NMP/1000mL (mayo, 2014/ Junio, 2016). En ambos casos no se superan los límites señalados.

Gráfico 3.2.5.3-14 Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río San José



### Microcuenca del Río Shoclla

En la microcuenca del río Shoclla se cuenta con la estación CP6, ubicada en el río Shoclla y aguas abajo de la descarga DCP6, que inició descargas en el año 2005.

Las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-13, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Shoclla*.

**Tabla 3.2.5.3-13 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Shoclla**

Estaciones	Cuerpo de agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP6	Río Shoclla	Parámetros de campo	OD	--	5	--	--
			pH	--	6	3	--
		Aniones	Sulfatos	--	32	--	--
			NO3-N	--	5	--	--
			NO2-N	--	20	--	--
		Orgánicos	Aceites y grasas	--	1	--	--
		Metales Totales	Al	--	3	--	--
			As	6	7	--	
			Cd	--	40	--	--
			Fe	--	20	--	--
			Hg	2	5	--	--
			Mn	--	39	3	4
			Cu	10	28	1	--
			Pb	13	7	--	--
Co	--		1	--	--		
Se	--		--	--	1		

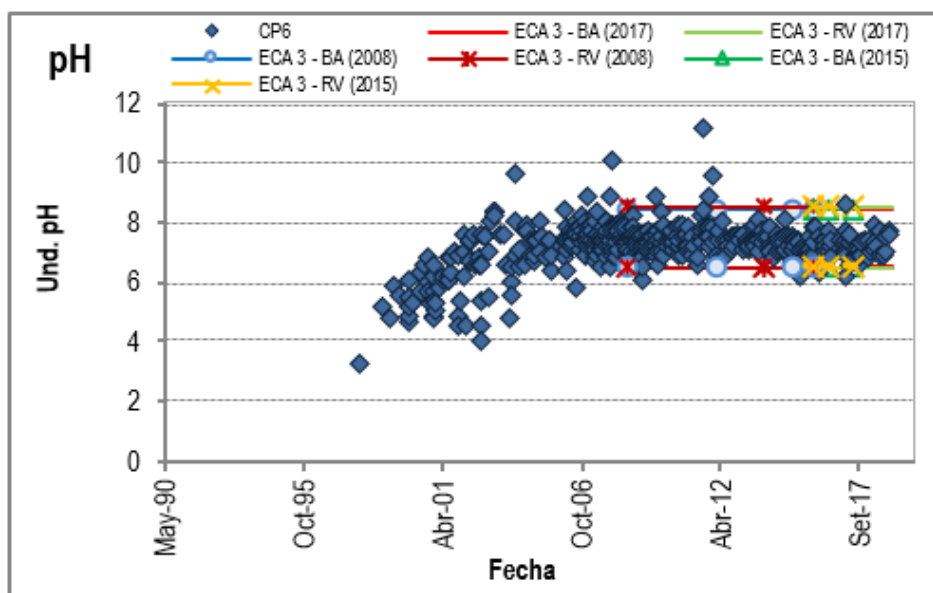
Fuente:  
MYSRL / WSP, 2019

- Parámetros de Campo:
  - Todos los parámetros de campo cumplieron con los límites establecido por la LGA III en el primer periodo de evaluación.
  - Los parámetros de campo que tuvieron excedencias sobre ECA 2008 en el segundo periodo de evaluación fueron el OD y el pH. El OD tuvo un valor máximo de 8.03 mg/L y un mínimo por debajo del límite de detección. Se encontraron 05 valores de OD por debajo del mínimo establecido para el ECA 2008 Categoría 3-BA (5 mg/L). El pH tuvo un total de 06 excedencias puntuales sobre el rango aceptado el ECA 2008 Categoría 3-BA/RV.
  - El pH tuvo un total de 03 excedencias puntuales sobre el rango aceptado el ECA 2015 Categoría 3-BA/RV. Se registro un valor máximo de 8.64 unidades en marzo de 2017 y un mínimo de 6.2 unidades en junio de 2015. Estas excedencias están asociadas a las fracciones de metales disueltos arrastrados por el cauce en condiciones naturales lo cual se verifico en el análisis pre-mina.
  - Con respecto al periodo de evaluación correspondiente a los ECA 2017 Categoría 3 BA/RV no se registraron excedencias.

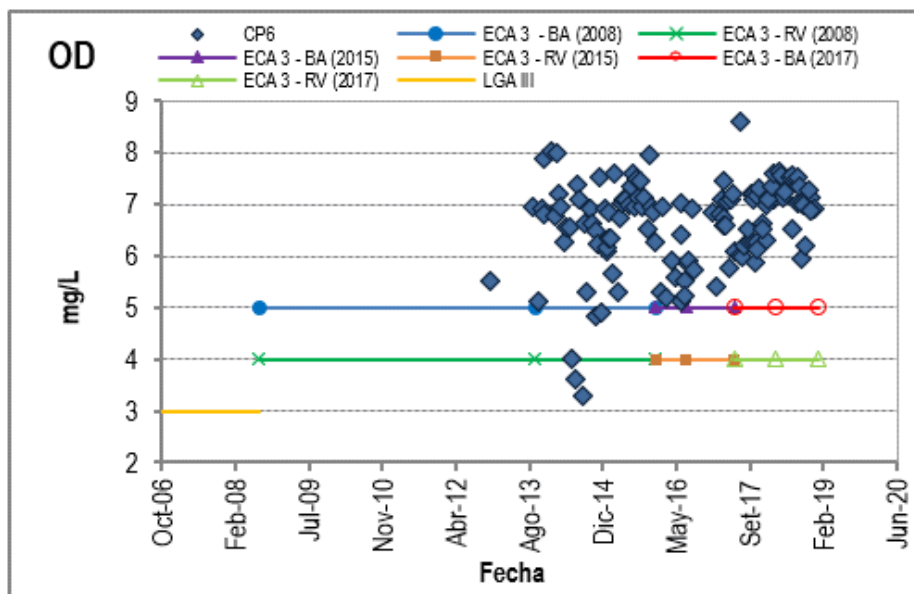
Asimismo, para resaltar, que las excedencias en el pH son puntuales y se sustentan los defectos de los equipos de medición ya que como se nota en la evolución histórica del pH este presenta valores ácidos hasta el 2008. Para fechas posteriores los valores de pH están dentro de los límites establecidos en los ECA 2015 y 2017 (salvo las excedencias puntuales mencionadas).

La evolución histórica de los parámetros de campo que mostraron excedencias se presenta en el Gráfico 3.2.5.3-15, Valores de pH en la Microcuenca del Río Shoclla y Gráfico 3.2.5.3-16, Valores de OD en la Microcuenca del Río Shoclla.

**Gráfico 3.2.5.3-15 Valores de pH en la Microcuenca del Río Shoclla**



**Gráfico 3.2.5.3-16 Valores de OD en la Microcuenca del Río Shoclla**



- Parámetros Físicoquímicos:

Los registros de alcalinidad de bicarbonato, color, sólidos totales disueltos y suspendidos cumplieron con los límites de la LGA III y los ECA Categoría 3-BA/RV (2008, 2015 y 2017).

- Parámetros Inorgánicos:

Los registros de cianuro, sulfuros y fósforos cumplieron con los límites de la LGA III y los ECA Categoría 3-BA/RV (2008, 2015 y 2017).

- Parámetros Orgánicos:

Todos los parámetros orgánicos cumplieron con los límites de la LGA III y los ECA Categoría 3-BA/RV (2008, 2015 y 2017), a excepción de los aceites y grasas registraron un valor puntual de excedencia (2.2 mg/L) sobre el ECA 2008-Categoría 3-BA/RV (1 mg/L). Los demás registros de aceites y grasas están por debajo del límite de detección respectivo para cada periodo de evaluación por lo que se considera que cumplen con los límites.

- Aniones

En general los aniones cumplen con los límites de la LGA III y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 3 para cada periodo de evaluación. Sin embargo, el NO<sub>3</sub>-N presenta 05 valores que exceden el ECA 2008-Categoría 3-RV (10 mg/L) pero están por debajo del ECA 2008 Categoría 3-BA (50 mg/L), presentando para este periodo un valor máximo de 20.98 mg/L en abril de 2012. Mientras que el NO<sub>2</sub>-N presenta 20 valores de excedencia sobre el ECA 2008-Categoría 3-RV (0.06 mg/L) con un valor máximo de 1.505 mg/L (febrero, 2012) y únicamente 03 valores de excedencia sobre el ECA 2008 categoría 3-BA (1 mg/L).

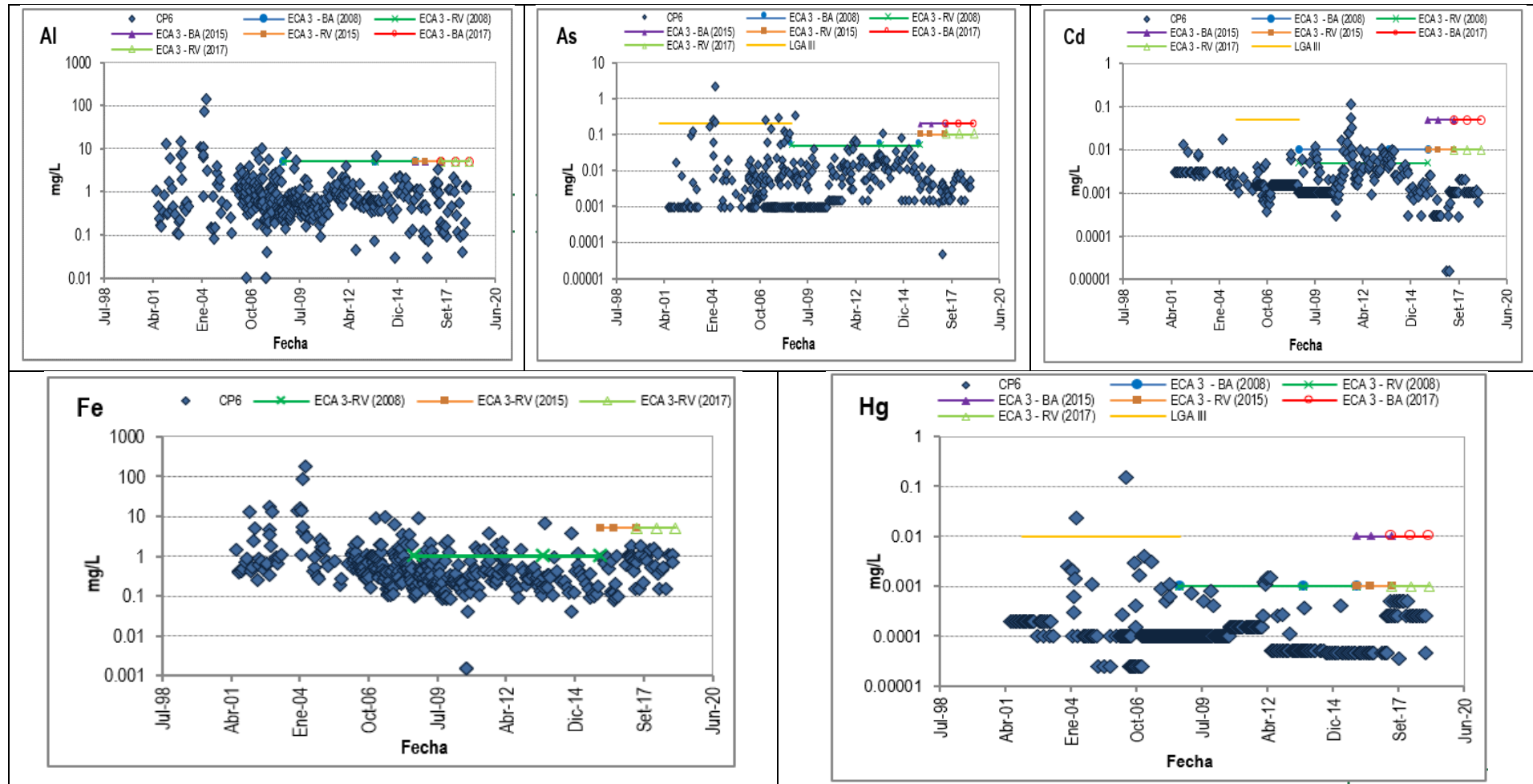
- Metales totales

- Los registros metálicos mostraron excedencias sobre la LGA III en el primer periodo de evaluación para el As, Hg, Cu y Pb. El As mostro 06 excedencias sobre la LGA II (0.2 mg/L) presentando un valor máximo de 2.04 mg/L (marzo, 2004). El mercurio registro 02 valores puntuales de excedencia con un valor máximo de 0.15 mg/L para este periodo LGA III (0.01 mg/L). El Cu tuvo 10 excedencias sobre la LGA III (0.5 mg/L) y sus registros estuvieron entre <0.002 mg/L y 1.44 mg/L. El Pb excedió en 13 ocasiones la LGA III (0.1 mg/L) mostrando un valor máximo de 4.84 mg/L (marzo, 2004).
- Respecto al segundo periodo de evaluación correspondiente a los ECA 2008 Categoría 3 RV/BA los metales totales mostraron excedencias para el Al, As, Cd, Fe, Hg, Mn, Cu, Pb y Co. El Al registro un total de 03 valores por encima del máximo establecido por el los ECA 2008 Categoría 3 RV/BA (5 mg/L) con un valor máximo de 7.96 mg/L en octubre de 2008. El As tuvo registros entre <0.003 hasta 0.353 mg/L (octubre, 2008) y excedió el límite establecido por los ECA 2008 Categoría 3 RV/BA (0.05 mg/L) en 07 ocasiones. El Cd presento 40 excedencias sobre el ECA 2008 Categoría 3 -RV (0.005 mg/L) con un registro máximo de 0.116 mg/L (agosto, 2011). Los registros de Fe tuvieron un valor máximo de 8.781 mg/L (octubre, 2013) y excedieron el ECA 3 RV/BA en 20 ocasiones. El mercurio excedió en 05 oportunidades el ECA 2008 categoría 3-RV/BA (0.001 mg/L). El Mn presentó 39 valores de excedencia sobre los ECA 2008 3 RV/BA (0.2 mg/L), para este periodo los registros de Mn tuvieron valores entre 0.0172 mg/L 0.726 mg/L. El Cu tuvo 28 excedencias sobre el ECA 2008 categoría 3 RV (0.2 mg/L) mientras que excedió en solo 07 ocasiones el ECA 2008 categoría 3 BA. El Pb tuvo valores desde <0.00045 mg/L y 0.374 mg/L excediendo en 07 ocasiones el ECA 2008 3 RV/BA (0.05 mg/L). Finalmente, el Co excedió puntualmente el ECA 2008 categoría 3-RV (0.05 mg/L).
- En el tercer periodo de evaluación correspondiente a los ECA 2015 Categoría 3-RV/BA se presentaron excedencia para el Mn y Cu. El Mn presento un valor máximo de 0.25 mg/L (marzo, 2017) y excedió en 03 ocasiones el ECA 2015 Categoría 3 RV/BA (0.2 mg/L). El Cu excedió en 01 oportunidad el ECA 2015 Categoría 3-RV (0.2 mg/L) con un valor máximo de 0.22 mg/L.
- Para el último periodo de evaluación correspondiente a los ECA 2017 categoría 3-RV/BA se presentaron excedencias para los elementos Mn y Se. El Mn presento 04 valores que exceden el ECA 2017 Categoría 3-RV (0.2 mg/L). El Se presenta un valor puntual de excedencia sobre el ECA 2017 Categoría 3-RV (0.02 mg/L) el cual fue de 0.042mg/L que se presenta en agosto de 2018 pero está por debajo del ECA 2017 Categoría 3-BA (0.05 mg/L).

La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-17, *Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río Shoclla*.



Gráfico 3.2.5.3-17 Valores de Metales Totales en la Microcuenca del Río Shoclla



- Parámetros Microbiológicos:

Los registros de coliformes Totales, fecales y huevos de helminto cumplen con los límites de la LGA III y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 3 RV/BA.

Los coliformes fecales presentan un valor máximo de 330 NMP/1000mL (octubre, 2013) mientras que los coliformes Totales registraron un valor máximo de 1700 NMP/1000mL (octubre, 2013). En ambos casos no se superan los límites señalados para cada periodo.

#### Microcuenca de Río Grande

Para la microcuenca del río Grande se tienen dos (02) estaciones de evaluación: CP3 y CP14. La primera ubicada en el río Grande y la segunda ubicada en la quebrada Quishuar Corral.

En la parte más alta de la microcuenca se encuentra el complejo La Quinua, que está conformado por los tajos La Quinua 3 y La Quinua Sur y los rellenos backfill La Quinua 1 y La Quinua 2. Los tajos iniciaron operaciones en año 2007.

Las excedencias registradas como parte de los escenarios de evaluación de acuerdo a la normativa vigente en su momento se presentan en la Tabla 3.2.5.3-14, *Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Grande* evaluados para la categoría 1-A2.

**Tabla 3.2.5.3-14 Análisis de Tendencias de Calidad de Agua Superficial, Parámetros con Concentraciones por encima de la LGA y de los ECA (2008, 2015 y 2017) – Río Grande**

Estaciones	Cuerpo de agua	Tipo	Parámetro	N° Excedencias			
				LGA	ECA (2008)	ECA (2015)	ECA (2017)
CP3/CP14	Río Grande	Parámetros de campo	OD	--	1	1	--
		Inorgánicos	Nitrógeno Amoniacal	--	16	--	--
		Metales Totales	Al	--	76	--	--
			As	--	10	--	--
			Cd	--	8	--	--
			Fe	--	18	--	1
			Pb	2	1	--	--
			Sb	--	13	--	--
CP14	Quebrada Quishuar Corral	Parámetros de campo	OD	--	--	1	--
			pH	--	6	--	6
			Conductividad	--	--	--	1
		Fisicoquímicos	STD	--	--	--	1
		Aniones	NO3-N	--	3	2	2
			NO2-N	--	1	--	--
			SO4	--	--	3	4
		Metales Totales	Al	--	13	-	---
			Fe	--	1	3	--
			Mn	--	6	--	--
Fuente: MYSRL / WSP, 2019							

### Río Grande

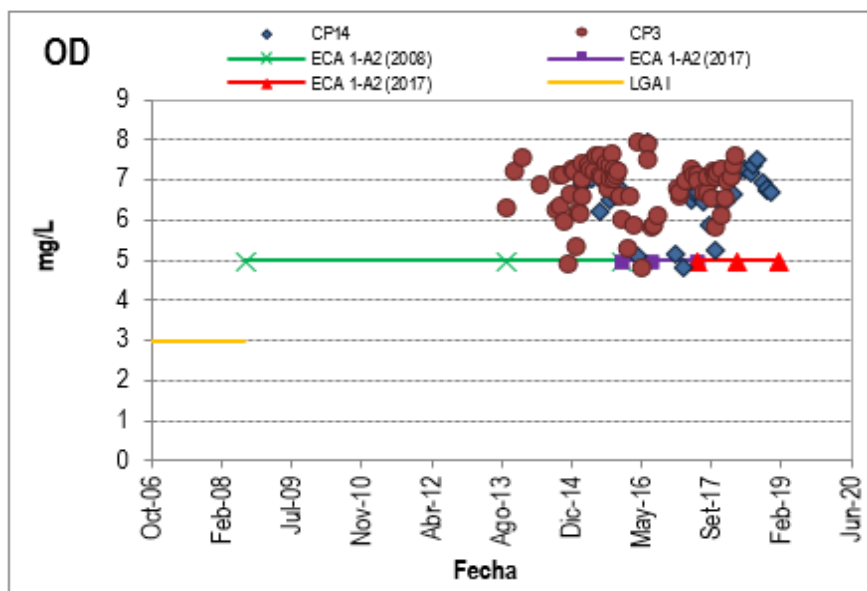
Para este cuerpo de agua, se evaluó la estación CP3, ubicada aguas abajo del dique río Grande. Además, es punto de control para las descargas de los DCP3/CP4, cuyo inicio de descarga fue el año 2001, DCP4, cuyo inicio de descarga fue en el año 2007 y DCP4B, aprobada en la V MEIA SYE (Insideo, 2016). Asimismo, esta estación se encuentra ubicada en el sector SYO aguas abajo del área del tajo La Quinua Sur.

- **Parámetros de Campo:**

La totalidad de los parámetros de campo cumplen con los límites establecidos en la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 con excepción del OD que presenta registros puntuales por debajo de los ECA 2008 Categoría 1-A2 (5 mg/L) y ECA 2015 Categoría 1-A2 (5 mg/L) con valores de 4.92 mg/L (noviembre, 2014) y 4.82 mg/L (mayo, 2016) respectivamente. Los demás registros de OD no presentan excedencias, tal como se muestran en el Gráfico 3.2.5.3-18, *Valores de OD en el Río Grande*.

Los registros de pH alcanzaron un valor máximo de 7.98 unidades en junio de 2008 y un mínimo de 5.13 en junio de 2007. La conductividad presentó un registro mínimo de 13.97  $\mu\text{S}/\text{cm}$  hasta 782  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En ambos casos no se presentan excedencias sobre los LGA y ECA's en los distintos periodos de análisis

**Gráfico 3.2.5.3-18 Valores de OD en el Río Grande**



- **Parámetros Fisicoquímicos**

Los registros de alcalinidad de bicarbonato, color, sólidos totales disueltos y suspendidos cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondientes.

- **Parámetros Orgánicos**

Los registros de aceites y grasas, fenoles, detergentes y DBO5 cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondientes.

- **Parámetros Inorgánicos**

El nitrógeno amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) presentó 16 valores de excedencia sobre el ECA 2008 Categoría 1-A2 (2 mg/L) cuyos valores estuvieron entre 0.08 mg/L a 5.82 mg/L en el periodo correspondiente al ECA 2008.

Cabe señalar que los registros de fosforo total (P-Total) están por debajo del límite de detección antes del 2017 por lo que se considera que cumplen con los límites establecidos.

- Metales Totales

Se muestran valores de excedencia para los parámetros Al, As, Cd, Fe, Pb y Sb. Estas excedencias se deben a las condiciones naturales de la cuenca (Análisis pre-mina). La mayoría de las excedencias se muestran sobre el ECA 2008. Para los periodos posteriores únicamente el Fe muestra excedencias puntuales evidenciándose la mejora en las plantas de tratamiento.

- En el primer periodo de evaluación solo el Pb excedió en 02 valores puntuales a la LGA I (0.05 mg/L). Estos valores puntuales fueron 0.356 mg/L (abril 2007) y 0.218 (marzo 2008) mg/L. Los demás metales cumplieron con los límites de LGA I.
- Para el segundo periodo de evaluación se detectó que el Al, As, Cd, Fe, Pb y Sb exceden los ECA 2008 Categoría 1-A2. El Al presento 76 registros que excedieron el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.2 mg/L) presentando un (01) registro máximo de 4.64 mg/L en octubre de 2013. El As para este periodo de evaluación tuvo entre sus registros un valor máximo de 0.043 mg/L (diciembre, 2012) de los cuales 10 excedieron el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.01 mg/L). Los valores del Cd excedieron 8 veces el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.003 mg/L). El Fe excedió en 18 oportunidades el máximo valor establecido por el ECA 2008 Categoría 1-A2 (1 mg/L). El Fe tuvo un valor máximo de 3.92 mg/L y un mínimo de 0.038 mg/L. El Pb excedió en un solo registro el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.05 mg/L), este valor de excedencia fue 0.072 mg/L (diciembre 2010). El Antimonio (Sb) presento 13 valores que exceden el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.006 mg/L) siendo su máximo valor 0.0233 mg/L (agosto 2013).
- Para el periodo correspondiente al ECA 2015 no se presentaron registros de excedencia en metales.
- El último periodo de evaluación correspondiente al ECA 2017 presenta registros de excedencia únicamente para el Fe que sobrepasa puntualmente el ECA 2017 Categoría 1-A2 (1 mg/L) cuyo valor fue 1.242 mg/L en agosto de 2017.

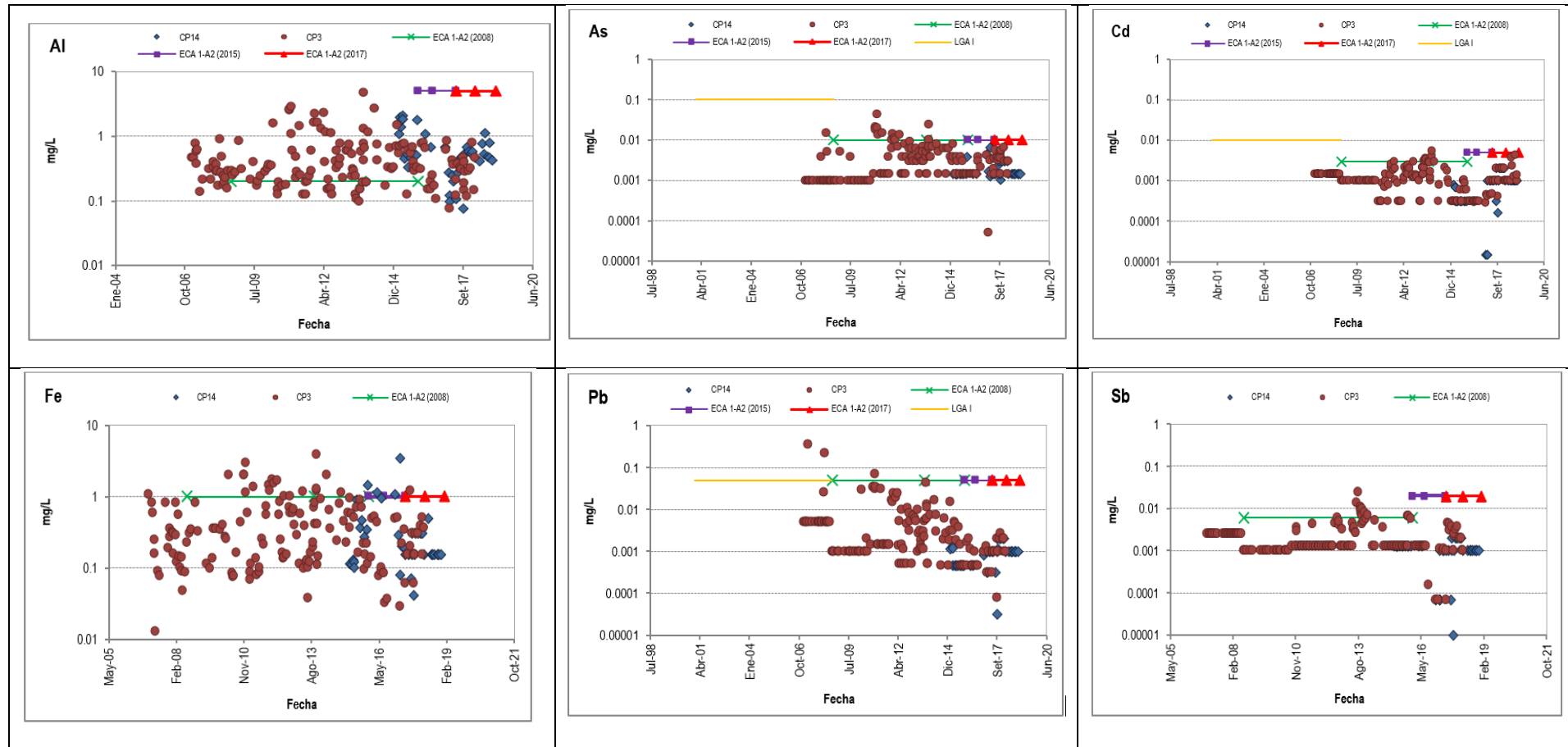
La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se presenta en el Gráfico 3.2.5.3-19, *Valores de Metales Totales en el Río Grande*.

- Parámetros Microbiológicos:

Todos los parámetros microbiológicos cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2.

Los coliformes totales alcanzaron un valor máximo de 5,400 NMP/100 mL (enero 2014), mientras que los coliformes fecales tuvieron un valor máximo de 540 NMP/100 mL (abril 2014). En ninguno de los casos se excedió los límites establecidos por cada período de análisis.

Gráfico 3.2.5.3-19 Valores de Metales Totales en el Río Grande



### Quebrada Quishuar Corral

Para caracterizar la quebrada Quishuar Corral afluente del río Grande, se cuenta con el registro de datos de la estación CP14.

- Parámetros de Campo:
  - El OD que presenta un (01) registro por debajo del ECA 2015 Categoría 1-A2 (5 mg/L) dicho valor fue 4.84 mg/L en febrero de 2017.
  - La conductividad presentó un valor de excedencia puntual sobre el ECA 2015 Categoría 1-A2 (1,600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) dicho valor de excedencia fue 2,274  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en junio de 2018.
  - El pH presenta 06 registros por debajo del rango establecido por el ECA 2008 Categoría 1-A2 (5.5-9 unidades) y también 06 valores por debajo del ECA 2017 Categoría 1-A2 (5.5-9 unidades).
  - Los demás registros de campo cumplieron con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 para cada periodo de evaluación correspondiente.

La evolución historia de los parámetros de campo que muestran excedencias se presentan en el Gráfico 3.2.5.3-20, Valores de pH en la Quebrada Quishuar Corral, Gráfico 3.2.5.3-21, Valores de OD en la Quebrada Quishuar Corral y Gráfico 3.2.5.3-22, Valores de Conductividad en la Quebrada Quishuar Corral.

- Parámetros Físicoquímicos

Los STD reportaron valores de concentración en el último periodo de evaluación hasta un máximo de 1478.55 mg/L (julio, 2018) superando este último el ECA 2017 Categoría 1-A2 (1,000 mg/L).

Los demás registros fisicoquímicos cumplieron con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 para cada periodo de evaluación correspondiente.

**Gráfico 3.2.5.3-20 Valores de pH en la Quebrada Quishuar Corral**

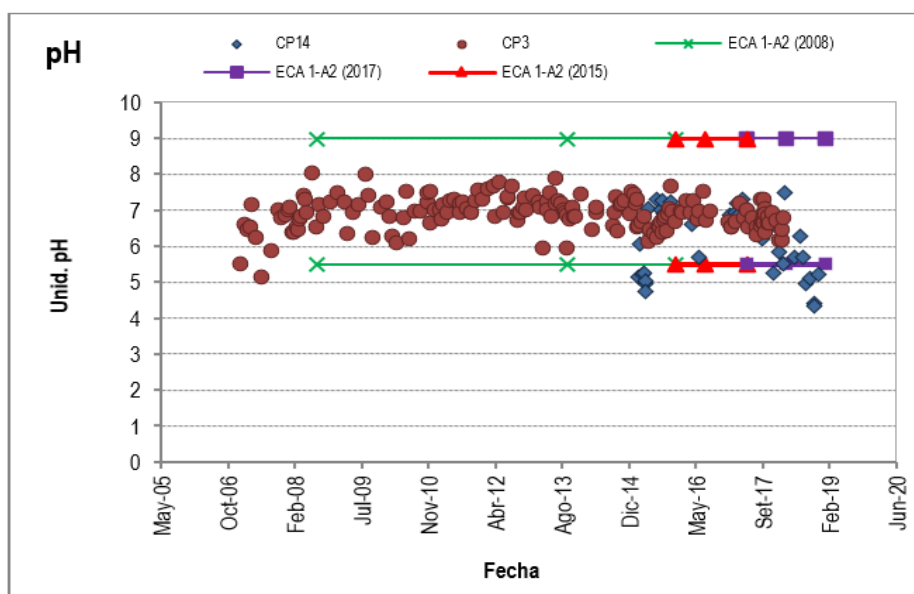


Gráfico 3.2.5.3-21 Valores de OD en la Quebrada Quishuar Corral

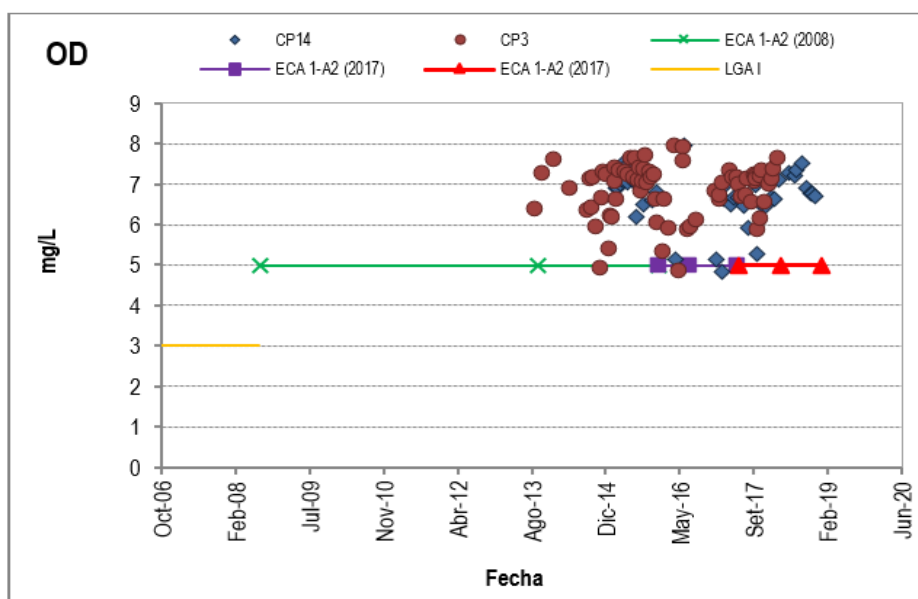
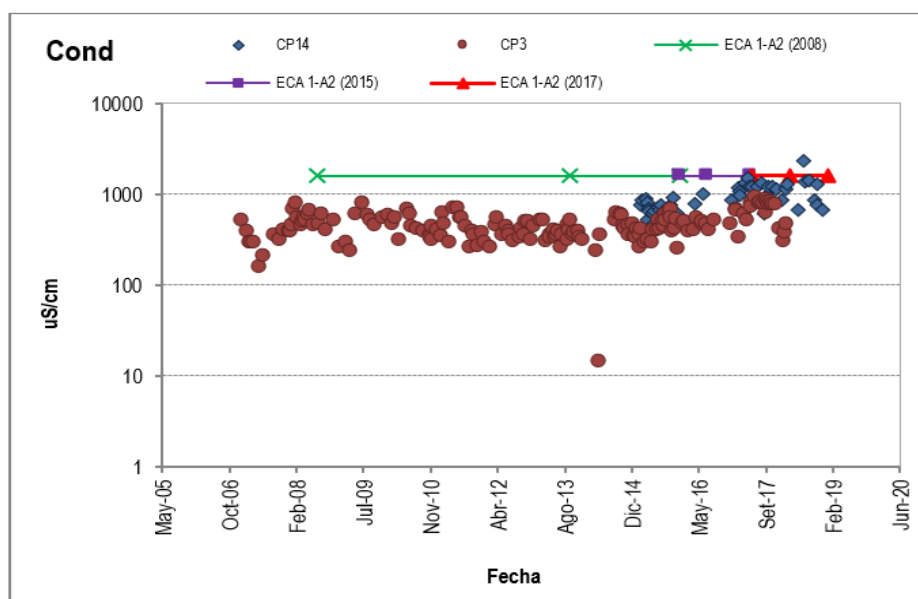


Gráfico 3.2.5.3-22 Valores de Conductividad en la Quebrada Quishuar Corral



- Parámetros Orgánicos

Todos los parámetros orgánicos (aceites y grasas, fenoles, detergentes y DBO5) cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondientes. Cabe aclarar que los registros de aceites y grasas además de los fenoles están por debajo del límite de detección por lo cual se considera que cumplen con los límites establecidos.

- Aniones

En general los aniones cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondientes.



Respecto a los aniones el NO<sub>3</sub>-N presentó 03 valores de excedencia sobre el ECA 2008 Categoría 1-A2 (10 mg/L) con un valor máximo de 21.56 mg/L para este periodo. Mientras que para el tercer periodo de evaluación se presentó (02) valores de excedencia sobre el ECA 2015 Categoría 1-A2 (50 mg/L) con registro máximo de 50.9 mg/L y durante el último periodo de evaluación se presentó (02) valores de excedencia sobre ECA 2017 Categoría 1-A2 (50 mg/L) con un registro máximo de 146.06 mg/L.

En cuanto al NO<sub>2</sub>-N presento excedencias únicamente en el segundo periodo de evaluación con un registro puntual sobre ECA 2008 Categoría 1-A2 (1 mg/L) alcanzando un valor máximo de 0.05 mg/L en junio del 2008.

Asimismo, los sulfatos (SO<sub>4</sub>) presentaron (03) valores de excedencia sobre ECA 2015 Categoría 1-A2 (500 mg/L) y (04) valores de excedencia sobre el ECA 2017 Categoría 1-A2 (500 mg/L).

- Metales totales
  - Respecto a los metales todos los registros cumplieron con la LGA I en el primer periodo de evaluación.
  - Para el segundo periodo de evaluación se registran excedencias sobre los ECA 2008 Categoría 1-A2 para los parámetros Al, Fe, Mn. El Al registro un total de 13 valores por encima del ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.2 mg/L) alcanzado un valor máximo de 1.92 mg/L en abril de 2015. El Fe presento un único valor de excedencia sobre el ECA 2008 Categoría 1-A2 (1 mg/L) dicho valor de excedencia fue de 1.426 mg/L registrado en diciembre de 2015. El Mn tuvo un valor máximo de 0.71 mg/L (marzo, 2015) y excedió en (06) oportunidades el ECA 2008 Categoría 1-A2 (0.4 mg/L).
  - Para el siguiente periodo el Fe excedió el ECA 2015 Categoría 1-A2. El Fe mostro un valor máximo de 3.47 mg/L en marzo de 2017, sus registros excedieron en 03 oportunidades el máximo establecido por el ECA 2015 Categoría 1-A2 (1 mg/L). En el periodo correspondiente al ECA 2017 Categoría 1-A2 el Fe cumple con los límites establecidos.
  - Los demás registros metálicos cumplen con los límites de la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondientes.

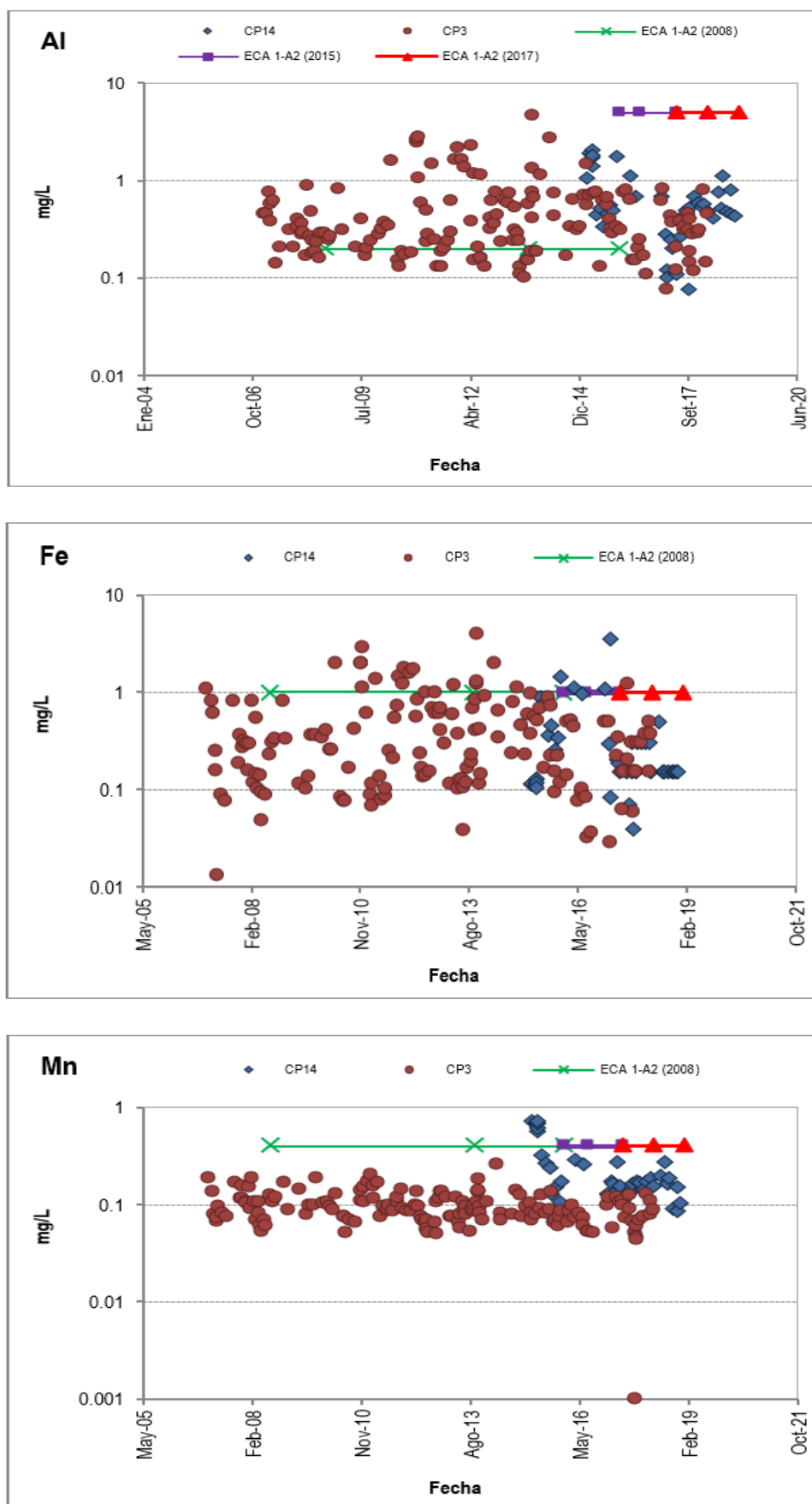
La evolución histórica de las concentraciones metálicas que mostraron excedencias se presenta en el Gráfico 3.2.5.3-23, *Valores de Metales Totales en la Quebrada Quishuar Corral*.

- Parámetros Microbiológicos:

Los registros de coliformes totales, coliformes fecales y huevos de helminto cumplen con los lineamientos establecidos por la LGA I y los ECA 2008, 2015 y 2017 en su categoría 1-A2 en los periodos de evaluación correspondiente.

Los coliformes totales registraron un valor máximo de 33 NMP/100mL y los Coliformes fecales de 2 NMP/100mL. En ambos casos los valores están por debajo de los límites establecidos para cada periodo

Gráfico 3.2.5.3-23 Valores de Metales Totales en la Quebrada Quishuar Corral



### Efluentes

A continuación, se presenta una descripción de la caracterización de los efluentes en los puntos de descargas autorizadas (DCP) sistematizados por microcuenca de interés: quebrada Honda, río Azufre, quebrada La Saccha, río San José, río Grande y río Shoclla.

El análisis de la calidad de las descargas se realizó en base a lo establecido por normativa siguientes:

- R.M. N° 011-96-EM/VMM Anexo 1 (Niveles Máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas) periodo 13/01/1996-13/01/2006
- R.M. N° 011-96-EM/VMM Anexo 2 (Niveles Máximos permisibles para efluentes líquidos para las actividades minero-metalúrgicas) periodo 14/01/2006-15/10/2015.
- D.S. N° 010-2010-MINAM (Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades) para el periodo de 16/10/2015 a diciembre de 2018.

En la Tabla 3.2.5.3-15, *Resumen de Cantidad de Excedencias Históricas en los DCP* se muestra un resumen de los valores y parámetros de excedencia. Cabe señalar que actualmente MYSRL viene cumpliendo con los LMP establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM en los 14 DCP.

**Tabla 3.2.5.3-15 Resumen de Cantidad de Excedencias Históricas en los DCP**

Microcuenca	Código	Parámetro (N° Excedencias)	Norma	Cuerpo receptor	Punto de control (CP)
Quebrada Honda	DCP1	Cu (01)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)	Quebrada Pampa Larga	CP1
		pH (01)			
	DCP12	As (01)	(D.S. N° 010-2010-MINAM)	Quebrada Río Colorado	
		Cu (02)	(D.S. N° 010-2010-MINAM)		
Río Azufre	DCP8	---	---	Quebrada Ocucha Machay	CP10
	DCP9	---	---	Quebrada Arnacocha	
	DCP10	---	---	Quebrada Chaquicocha	
La Saccha	DCP11	Cu (01)	(D.S. N° 010-2010-MINAM)	Quebrada La Saccha	CP11
		pH (02)			
Quebrada San José	DCP5	Fe (11)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)	Quebrada San José	CP5
	DCPLSJ2	Cu (01)	(D.S. N° 010-2010-MINAM)		
		pH (01)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)		
	VET-RSJ	pH (01)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)		
		Fe (03)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)		
Río Grande	DCP3/CP4	pH (05)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1 y 2) y (D.S. N° 010-2010-MINAM)	Río Grande	CP3
		STS (06)			
	DCP4	pH (01)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2)	Quebrada Encajón	
	DCP4B	---	---		
	DCP14	Fe Disuelto (01)	(D.S. N° 010-2010-MINAM)	Quebrada Quishuar Corral	CP14
Río Shoclla	DCP6	pH (07)	NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2) y (D.S. N° 010-2010-MINAM)	Quebrada Shillamayo	CP6
		STS (02)			
Fuente: MYSRI /WSP. 2019					

Fuente:  
MYSRL/WSP, 2019

Un resumen de los principales parámetros evaluados se presenta a continuación, mientras que los registros reportados durante el periodo de evaluación correspondiente se presentan en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.6, Informe de Laboratorio de Calidad de Agua Superficial y Efluentes, y Certificados de Calibración*.

#### **Microcuenca de la Quebrada Honda**

Dentro de la microcuenca de la Quebrada Honda se tienen dos (02) DCP: DCP1 y DCP12. Cabe señalar que el DCP1, no presenta descarga desde el año 2007. Estas descargas tienen como punto de control al CP1, el cual se encuentra ubicado en la quebrada Honda.

El DCP1 descargaba las aguas tratadas provenientes de la poza de regulación buffer pond Carachugo previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y EWTP Este (Pampa Larga) hacia la quebrada Pampa Larga (hasta el 2007, luego de este año las descargas han sido nulas) y el DCP12 descarga las aguas tratadas provenientes de la poza de regulación Llacanora, previamente tratadas en la planta AWTP Este hacia la quebrada río Colorado. El DCP12 presenta un régimen de descarga intermitente, dependiendo su flujo de la temporada del año.

- **Parámetros de Campo:**

En el DCP1 se registró una excedencia puntual en julio del 2004 de 9.04 unidades, ligeramente por encima del rango de cumplimiento (6 - 9 unidades), mientras que, en el DCP12 se cumplió con la normativa nacional.

El DCP1 en su periodo de descarga (2003 – 2007) presentó valores de caudal entre 0.1 L/s y 2500 L/s y el DCP12 registró valores de caudal entre 4.32 L/s y 39.79 L/s.

- **Parámetros Físicoquímicos:**

En la estación DCP12 los STS presentaron valores muy bajos en la descarga, siendo el máximo de 9 mg/L (abril 2015), mientras que en la estación DCP1 el valor máximo fue de 23 mg/L (diciembre 2003), ambos por debajo de la normativa nacional considerada para cada periodo.

- **Parámetros Orgánicos:**

En la estación DCP12 las aceites y grasas registraron el máximo valor descargado en agosto 2015 de 0.7 mg/L, muy por debajo del LMP (límite en cualquier momento) de 20 mg/L.

- **Parámetros Inorgánicos:**

El cianuro total reportó un valor máximo de 0.202 en diciembre 2003 para el DCP1, encontrándose por debajo del VCM de referencia (R.M. N° 011-96-EM/VMM Anexo 2) y 0.005 mg/L en agosto 2014 para el DCP12; muy por debajo del valor considerado en la normativa nacional para este periodo (R.M. N° 011-96-EM/VMM Anexo 1).

- **Metales:**

Para el DCP12 se registró excedencias para el periodo octubre de 2015-2018, un (01) valor para el As alcanzando un máximo de 0.13 mg/L y dos (02) valores de excedencia para el Cu con un valor máximo de 0.63 mg/L. Mientras, que el DCP1 reportó una excedencia puntual de Cu en abril 2006 (1.024 mg/L), por encima de la normativa nacional de los NMP (RM N° 011-96/VMM Anexo 1), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-24, *Valores de As en el DCP12* y Gráfico 3.2.5.3-25, *Valores de Cu en el DCP12*

Gráfico 3.2.5.3-24 Valores de As en el DCP12

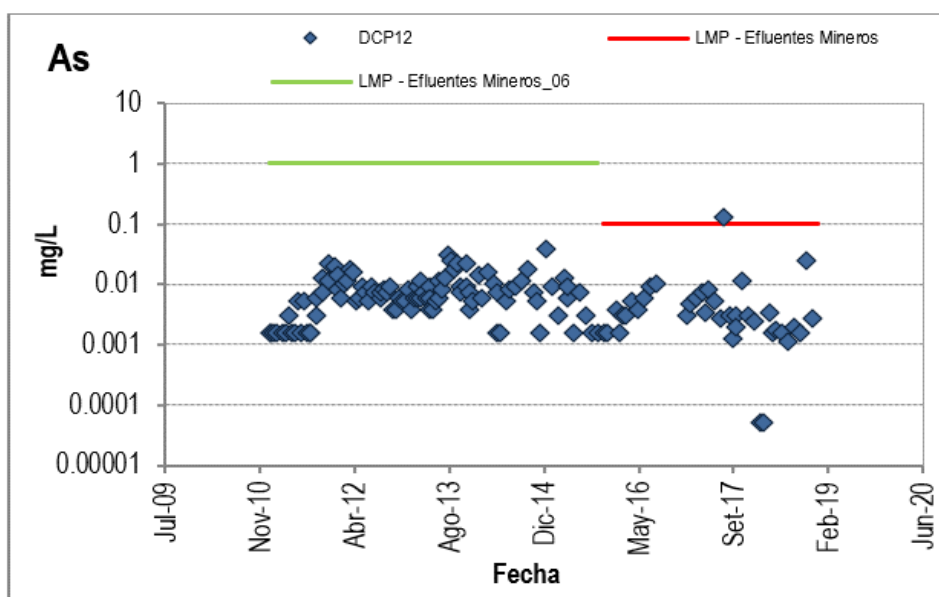
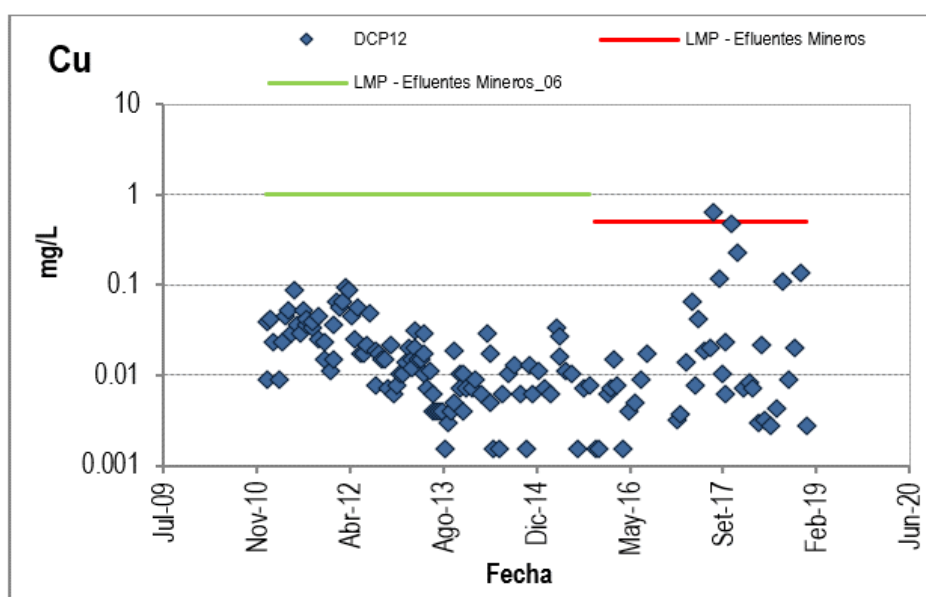


Gráfico 3.2.5.3-25 Valores de Cu en el DCP12



#### Microcuenca de río Azufre

En la microcuenca del río Azufre se tienen tres (03) DCP autorizados: DCP8, DCP9 y DCP10. Estos DCP descargan las aguas tratadas provenientes de la poza de regulación buffer pond Carachugo que recibe los efluentes tratados de las plantas EWTP Este (Pampa Larga) y EWTP Yanacocha Norte y de la poza de regulación Llacanora, que reciben los efluentes tratados de las plantas de tratamiento AWTP Este y AWTP Yanacocha Norte hacia la quebrada Ocucho Machay, quebrada Arnacocha y la quebrada Chaquicocha respectivamente. Estas descargas se caracterizan por presentar un régimen intermitente, cuyo flujo depende de la época del año y tienen como punto de control al CP10 ubicado en la quebrada Chaquicocha.

- Parámetros de campo

Los registros de pH variaron entre 6.03 y 8.87 unidades en la estación DCP8; 6.08 y 8.65 unidades en la estación DCP9 y 6.25 y 8.68 unidades en la estación DCP10, encontrándose todos los valores en el rango establecido en la norma vigente para cada periodo.

El DCP8 reportó valores de caudal entre 1 L/s y 111 L/s, el DCP9 registró valores entre 2.5 L/s y 66 L/s y el DCP10 presentó valores de caudal entre 45 y 220 L/s; coincidiendo los mayores caudales con los meses de la temporada húmeda. Para todos los DCP evaluados dentro de esta microcuenca no se registraron valores de excedencia cumpliendo con los NMP y/o LMP establecidos.

- **Parámetros Fisicoquímicos:**

Los STS variaron entre 1 mg/L y 11 mg/L en la estación DCP8, 1 mg/L y 23 mg/L en la estación DCP9 y 2 mg/L y 27 mg/L en la estación DCP10, encontrándose todos los valores por debajo del D.S. N°010-2010-MINAM (LCM – 50 mg/L).

- **Parámetros Orgánicos:**

Los valores de aceites y grasas presentaron un valor máximo de 12 mg/L en la estación DCP10 (diciembre, 2010), cumpliendo con el valor de referencia (LCM – 20 mg/L) establecido en el D.S. N° 010-2010-MINEM.

- **Parámetros Inorgánicos:**

El valor de cianuro total presentó un valor máximo de 0.078 mg/L en la estación DCP9 (setiembre, 2009), cumpliendo con el valor de referencia considerado para este periodo (VCM – 1 mg/L) establecido en el R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2.

- **Metales:**

Para el río azufre no se presentaron excedencias sobre los LMP correspondientes a cada periodo en ninguna de las tres estaciones evaluadas (DCP8, DCP9 y DCP10). Los principales valores de registros metálicos totales son descritos a continuación:

Los valores de Fe disuelto presentaron un valor máximo de 0.537 mg/L en la estación DCP10 (febrero, 2011), cumpliendo con el valor de referencia considerado para este periodo (LCM - 2 mg/L) establecido en el DS N°010 2010-MINEM.

Los valores de As presentaron un valor máximo de 0.076 mg/L en la estación DCP10 (febrero, 2011), cumpliendo con el valor de referencia considerado para este periodo (LCM – 0,1 mg/L) establecido en el DS N°010 2010-MINEM.

Los valores de Cd presentaron un valor máximo de 0.0643 mg/L en la estación DCP8 (junio, 2011). Se debe considerar que para dicha fecha la normativa vigente no contemplaba un valor límite para el Cd. Por lo tanto, todos los valores registrados, se encontraron dentro de los límites establecidos.

En el DCP8 el Cu tuvo un valor puntual excedencia de 0.425 mg/L (enero, 2016) acorde con la normativa vigente en esa fecha D.S. N° 010-2010-MINAM.

Finalmente, los registros de Cr VI, Hg, Pb y Zn se encontraron por debajo de los establecido en la norma vigente para cada periodo.

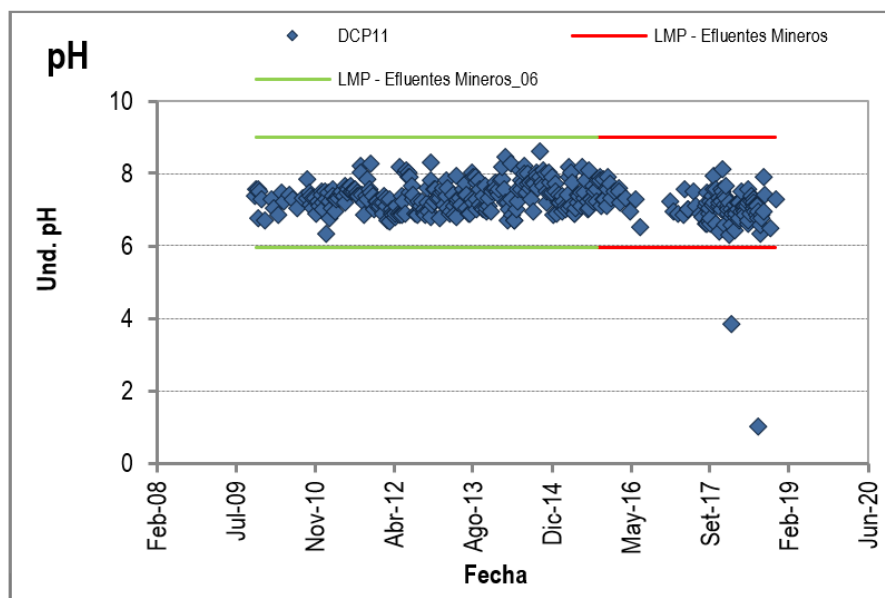
### **Microcuenca La Saccha**

Dentro de la microcuenca La Sacha se encuentra el DCP11, el cual descarga las aguas tratadas provenientes de la poza de descarga buffer pond Carachugo, que recibe los efluentes tratados de las plantas EWTP Este (Pampa Larga) y EWTP Yanacocha Norte. Este DCP tiene como punto de control al CP11 y se caracteriza por tener un régimen de flujo intermitente, el cual depende de la época del año. Por tanto, el caudal reportado fluctúa entre 2.5 L/s y 30 L/s.

- **Parámetros de Campo:**

Los registros de pH variaron entre 6.36 y 8.62 unidades, en el periodo 05/11/2009 - 12/10/2015, encontrándose todos los valores en el rango establecido en la norma vigente en dicho periodo (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1). Mientras que en el periodo 19/10/2015 - 12/12/2018, los registros de pH variaron entre 1.02 y 8.15 unidades, encontrándose 2 valores fuera de los límites establecidos en D.S. N°010-2010-MINAM (LCM, 6 - 9 unidades).

**Gráfico 3.2.5.3-26 Valores de pH en el DCP11**



- Parámetros Fisicoquímicos

Los valores de STS variaron entre 0.5 mg/L y 14 mg/L encontrándose dentro del D.S. N°010-2010-MINAM (LCM – 50 mg/L). y el R.M. N° 011-96/VMM.

- Parámetros Orgánicos:

Los valores de aceites y grasas presentaron un valor máximo de 7 mg/L (diciembre, 2010), cumpliendo con el valor de referencia (LCM – 20 mg/L) establecido en el D.S. N° 010-2010-MINEM.

- Parámetros Inorgánicos:

Los valores de cianuro total presentaron un valor máximo de 0.206 mg/L, cumpliendo con el valor de referencia considerado para este periodo (VCM - 1 mg/L) establecido en el R.M. N° 011-96/VMM – Anexo 2.

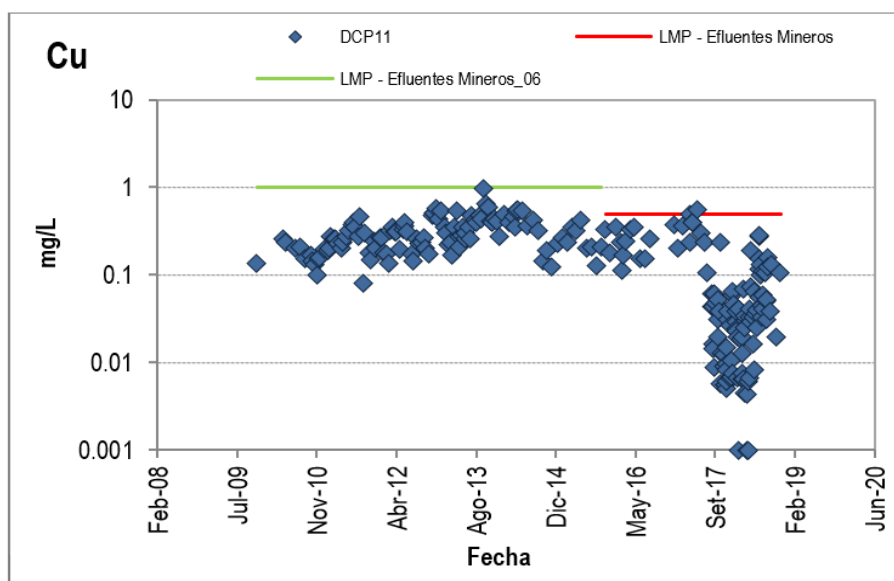
- Metales:

El valor de Fe disuelto presentó un valor máximo de 0.903 mg/L (febrero, 2011), cumpliendo con el valor de referencia considerado para este periodo (LCM – 2 mg/L) establecido en el D.S. N° 010-2010-MINEM.

Los valores de cobre al alcanzaron un valor máximo de 0.56 mg/L sobrepasando en 01 valor puntual los límites de la norma vigente en esta fecha D.S. N° 010-2010-MINEM.

Finalmente, los registros de Cr VI, As, Cd, Hg, Pb y Zn se encontraron por debajo de los establecido en la norma vigente para cada periodo



**Gráfico 3.2.5.3-27 Valores de Cu en el DCP11****Microcuenca del Río San José**

En la microcuenca de la quebrada San José se cuentan con tres (03) DCP: DCP5, DCPLSJ2 y VET-RSJ. Estos DCP descargan las aguas tratadas del reservorio San José proveniente de la poza de regulación Carachugo previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y EWTP Este (Pampa Larga), hacia la quebrada San José. El DCP5 se caracteriza por tener un flujo continuo y el DCPLSJ2 y VET-RSJ se caracterizan por tener un flujo intermitente.

La descarga DCP5 reportó valores de caudal entre 3 L/s y 83.3 L/s, el DCPLSJ2 registró valores de caudal entre 0.02 L/s y 82 L/s y el VET-RSJ registró valores de caudal entre 5 L/s y 1,300 L/s respectivamente.

- Parámetros de Campo:

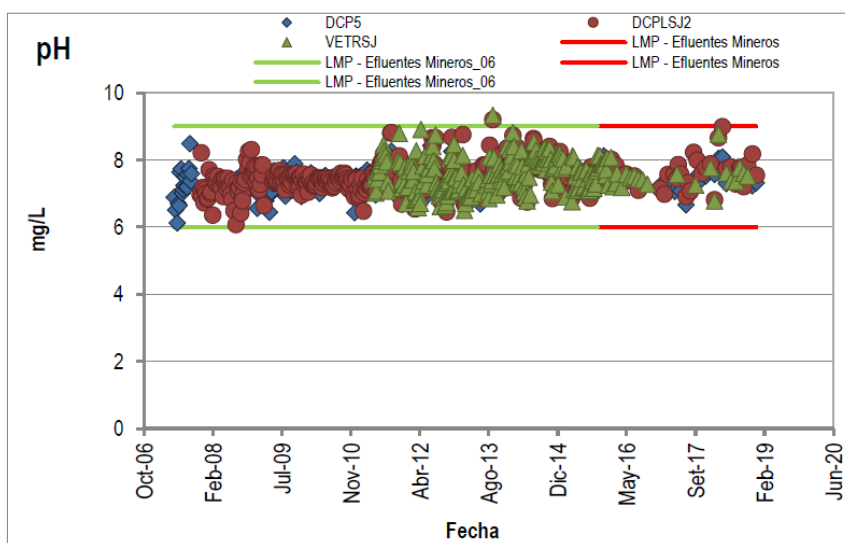
Los registros de pH variaron entre 6.12 y 8.48 unidades en la estación DCP5; entre 6.07 y 9.2 unidades en la estación DCPLSJ2 y entre 6.49 y 9.33 unidades en la estación VET-RSJ, presentándose dos (02) excedencias a los NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1) establecidos. En el periodo comprendido entre octubre de 2015 al 2018 todos los valores de pH están debajo del LMP (6 – 9 unidades) - (D.S. N° 010-2010-MINAM) registrándose un valor máximo de 8.99 unidades en este periodo y un mínimo de 6.81 unidades, tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-28, Valores de pH en los DCP5, VET-RSJ y DCPLSJ2.

- Parámetros Físicoquímicos:

La totalidad de valores registrados en las estaciones DCP5, DCPLSJ2 y VET-RSJ cumplieron con los límites descritos en las normativas DCP DS N°010-2010-MINAM (LCM – 50 mg/L) y el RM N° 011-96/VMM para el parámetro físicoquímico (STS) que es el único de este grupo que cuenta con límites en las normas descritas.

- Parámetros Orgánicos:

Los registros de Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, DQO y Detergentes (SAAM), se encontraron por debajo de los límites establecidos en la normativa vigente para cada periodo.

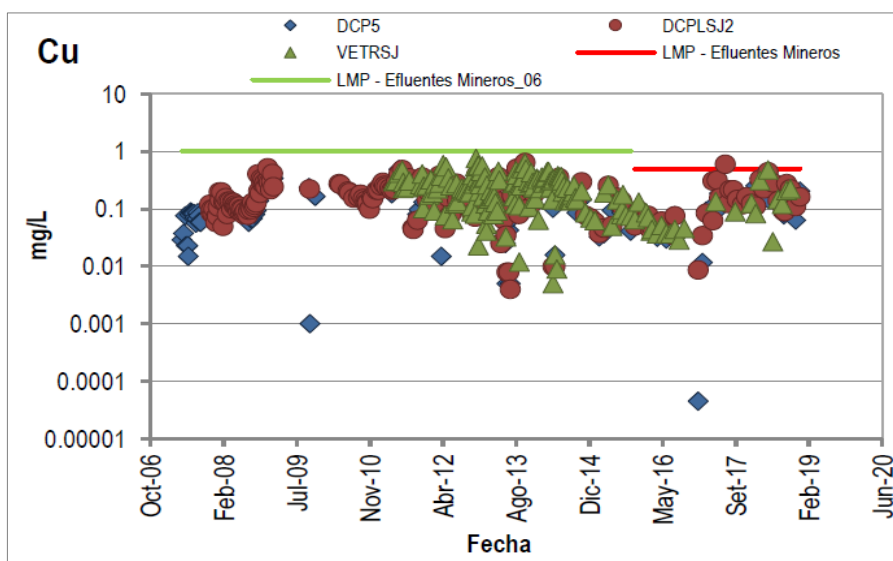
**Gráfico 3.2.5.3-28 Valores de pH en los DCP5, VETRJSJ y DCPLSJ2**

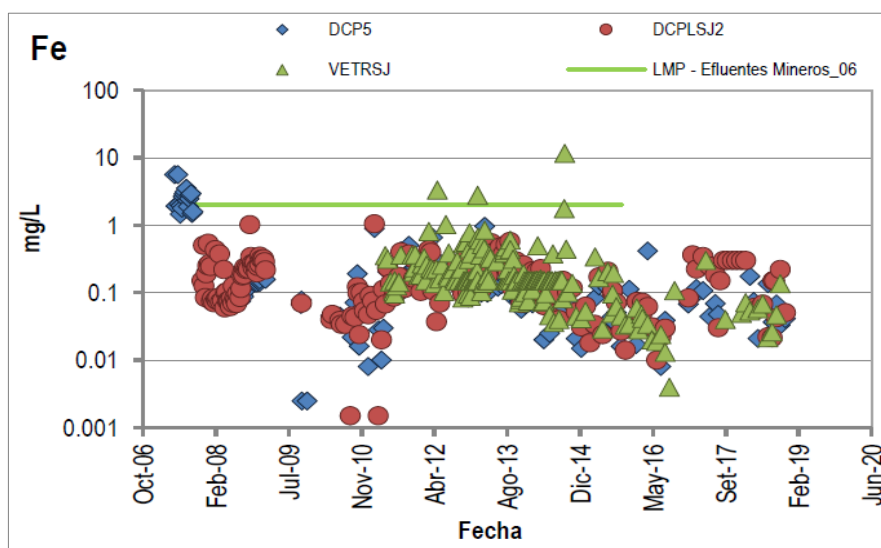
- Metales:

Para el DCP5, se presentan 11 valores de excedencia de 152 registros para la concentración de Fe total en comparación con los NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1). Estos valores de excedencia se registraron hasta septiembre de 2007 las cuales están asociadas a las características naturales de la cuenca. Cabe señalar que en adelante no se presentan excedencias producto de las mejoras en las plantas de tratamiento.

En relación con los nuevos LMP, en general no se registraron valores de excedencia para ningún parámetro evaluado, cumpliendo al 100%, a excepción de la estación DCPLSJ2, se registró un (01) valor puntual de excedencia para el Cu (julio, 2017) cuyo valor fue 0.601 mg/L (ver Gráfico 3.2.5.3-29, Valores de Cu en los DCP5, VETRJSJ y DCPLSJ2).

Para el VET-RSJ, se registró tres (03) valores de 153 que sobrepasan la concentración de hierro total establecidos en los NMP (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1) con un valor máximo de 11.578 mg/L. No se registraron excedencias para los LMP en el periodo reciente, tal como se observa en el Gráfico 3.2.5.3-30, Valores de Fe en los DCP5, VETRJSJ y DCPLSJ2.

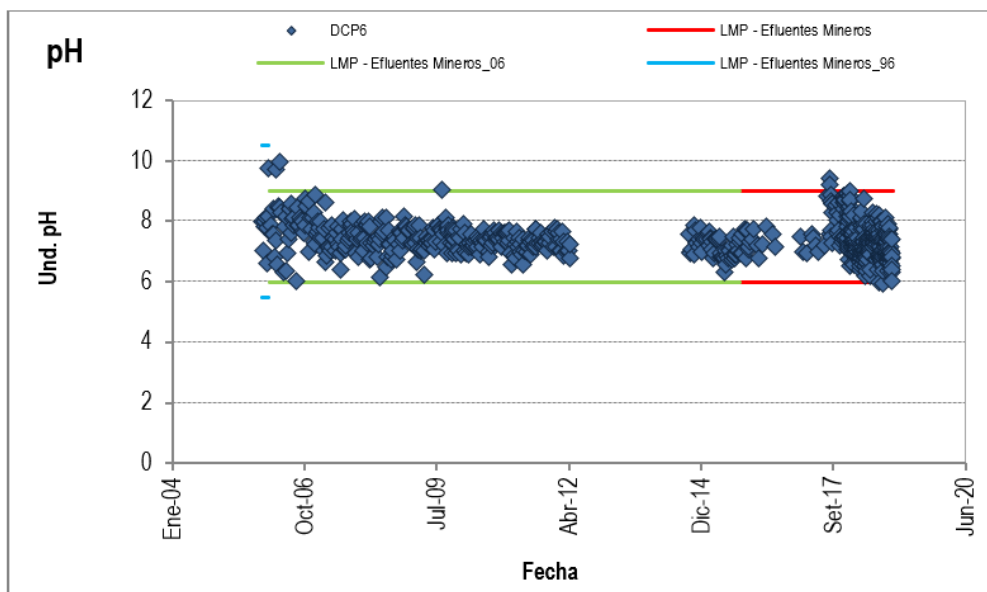
**Gráfico 3.2.5.3-29 Valores de Fe en los DCP5, VETRJSJ y DCPLSJ2**

**Gráfico 3.2.5.3-30 Valores de Fe en los DCP5, VETRJSJ y DCPLSJ2****Microcuenca del Río Shoclla**

En la microcuenca del río Shoclla se tiene el DCP6 que descarga el agua tratada proveniente de la poza La Nueva Quinua y la poza de contingencia La Quinua que reciben el efluente tratado de la planta de tratamiento AWTP La Quinua y EWTP La Quinua hacia la quebrada Shillamayo. Esta descarga se caracteriza por tener un régimen de flujo continuo con valores de caudal entre 7.4 L/s y 70 L/s, y tiene como punto de control al CP6 ubicado en el río Shoclla, aguas debajo del dique Shoclla.

- Parámetros de Campo:

Los registros de pH variaron entre 6.64 y 9.74 unidades, encontrándose todos los valores en el rango establecido en la norma vigente en dicho periodo (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 2). Mientras que, en el periodo 14/01/2006-15/10/2015, los registros de pH variaron entre 6.00 y 9.96 unidades, encontrándose tres (03) valores por encima del rango establecido en la norma vigente en dicho periodo (R.M. N° 011-96/VMM Anexo 1). Finalmente, desde el 16/10/2014 a la actualidad los registros variaron entre 5.99 y 9.4 unidades, encontrándose 04 valores fuera del rango establecido en el D.S. N° 010-2010-MINAM (LCM, 6 – 9 unidades), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-31, Valores de pH en el DCP6.

**Gráfico 3.2.5.3-31 Valores de pH en el DCP6**

## √ Metales

Para el DCP6, no se registró valores de excedencia en ninguno de los elementos evaluados como As, Cd, Cr VI, Cu, Pb, Hg y Zn en su forma total ni el Fe en su forma disuelta, cumpliendo con la norma criterio para todo el periodo de registro.

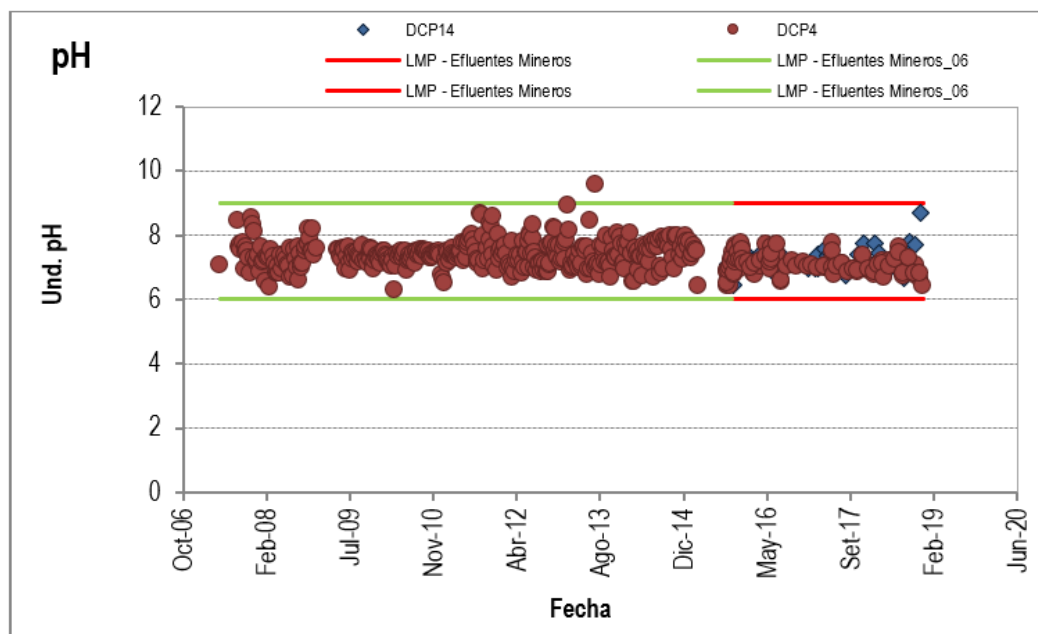
**Microcuenca del río Grande**

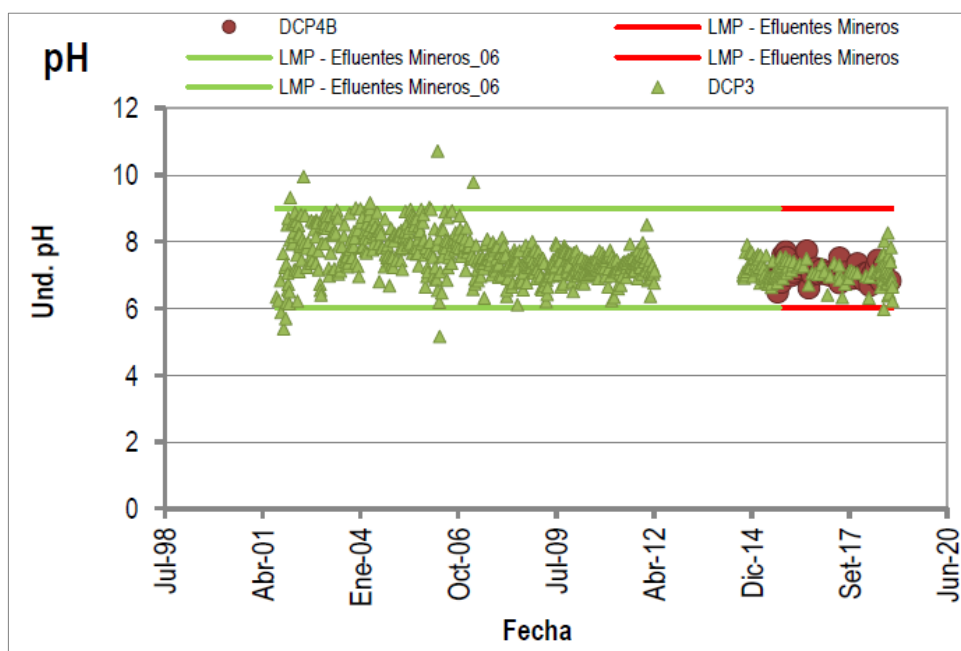
En la microcuenca del río Grande se tiene cuatro (04) puntos de descarga: DCP3/CP4, DCP4, DCP4B y DCP14. El DCP3 descarga las aguas tratadas de la poza de contingencia La Quinua previamente tratadas en las plantas EWTP Yanacocha Norte y EWTP Este (Pampa Larga) hacia el río Grande. Mientras que, el DCP4 y DCP4B descargan las aguas tratadas de la poza Violeta que recibe las aguas de las plantas EWTP Yanacocha Norte y EWTP Este hacia la quebrada Encajón. Estas descargas tienen como punto de control al CP3. Asimismo, El DCP14 descarga el agua tratada proveniente de la poza de regulación Llacanora que recibe las aguas tratadas de las AWTP Este hacia la quebrada Quishuar Corral.

El DCP3 reportó un máximo de 600 L/s, el DCP4 registró valores entre 4 L/s y 439 L/s, el DCP4B reportó entre 27.77 L/s y 325 L/s y el DCP14 registró valores entre 7 L/s y 10 L/s.

## √ Parámetros de campo y fisicoquímicos

Para al DCP3 (periodo 2001-2006), se registró un valor mínimo de pH (5.38 unidades) fuera del rango establecido en los NMP y dos (02) valores de STS con un máximo de 236 mg/L que sobrepasan los NMP (RM N° 011-96/VMM Anexo 2). Mientras que, para el DCP3 (periodo 2006 – 2015), se registraron tres (03) valores de pH con un máximo de 10.7 unidades de un total de 387 registros, excediendo los NMP y cuatro (04) valores de STS de un total de 389 registros con un máximo de 175 mg/L sobrepasando los NMP (RM N° 011-96/VMM Anexo 1). En relación con los LMP del DS N°010-2010-MINAM, se registró un valor de excedencia igual a 8.25 mg/L. La tendencia del registro histórico se presenta en el Gráfico 3.2.5.3-32, Valores de pH en el DCP14 y DCP4 y Gráfico 3.2.5.3-33, Valores de pH en el DCP3 y DCP4B.

**Gráfico 3.2.5.3-32 Valores de pH en el DCP14 y DCP4**

**Gráfico 3.2.5.3-33 Valores de pH en el DCP3 y DCP4B**

√ Metales

La descarga DCP4 no registró valores de excedencia respecto a los NMP y/o LMP establecidos en ningún parámetro evaluado. Asimismo, para el DCP4B y DCP14, puntos de descarga nuevos establecidos en la V MEIA SYE (Insideo, 2016), no se registraron valores de excedencia respecto de los LMP para ningún parámetro evaluado. Así mismo para el DCP14 en el periodo de octubre de 2015 al 2018 el Fe (Disuelto) presentó un valor puntual de excedencia sobre el LMP. El valor alcanzado por el Fe(disuelto) fue de 3.25 mg/L, tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.3-34, Valores de Fe (Disuelto) en el DCP14 y DCP4 y Gráfico 3.2.5.3-35, Valores de Fe (Disuelto) en el DCP3 y DCP4B.

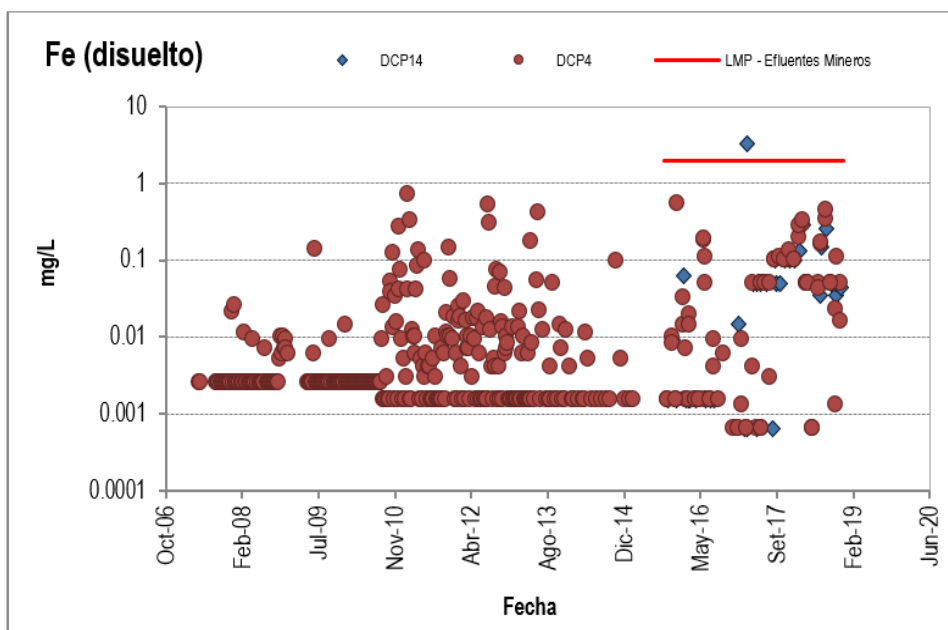
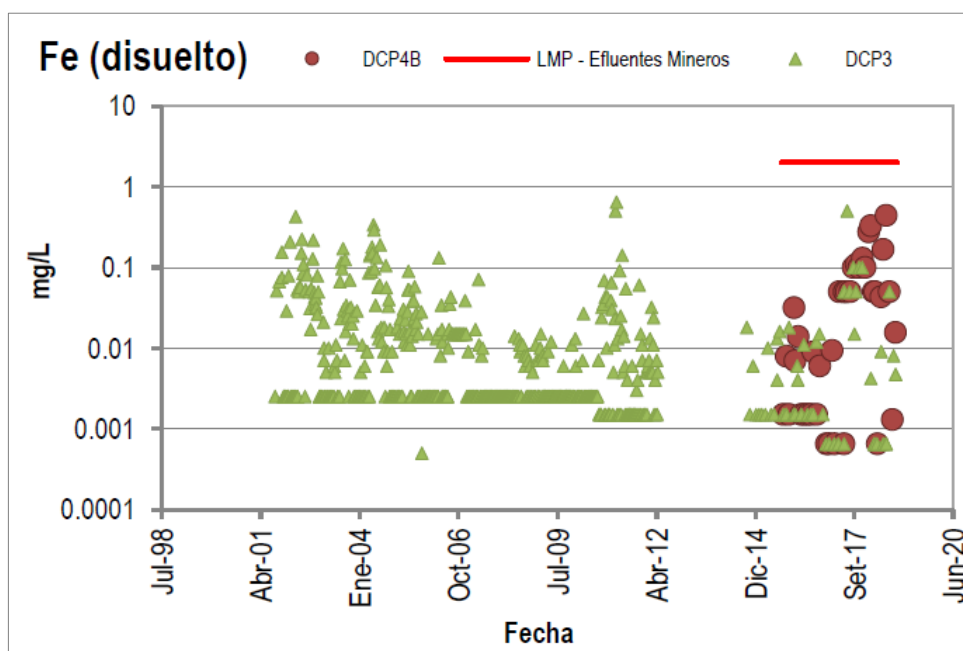
**Gráfico 3.2.5.3-34 Valores de Fe (Disuelto) en el DCP14 y DCP4**

Gráfico 3.2.5.3-35 Valores de Fe (Disuelto) en el DCP3 y DCP4B



### 3.2.5.3.5 Identificación de Fuentes Contaminantes

La unidad minera Yanacocha, hidrográficamente se encuentra delimitada por ocho (08) microcuencas y un (01) intercuenca. Las microcuencas se refieren a la Quebrada Honda, Río Azufre, Quebrada Saccha, Río San José, Río Grande, Río Shoclla, Quebrada Chacacoma y Quebrada SN1 e intercuenca SN2. Asimismo, está ubicado en la parte Norte del cinturón Orogénico Andino que atraviesa Perú en toda su longitud el cual está formado principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas Volcánicas del Terciario.

A continuación, se describen algunas de las fuentes contaminantes que influyen en los recursos hídricos superficiales desde tiempos previos al inicio de las operaciones de Yanacocha, entre ellas, se identifican las siguientes:

- Geológicamente, el proyecto minero Yanacocha se encuentra ubicado en la parte Norte del cinturón Orogénico Andino que atraviesa Perú en toda su longitud el cual está formado principalmente por rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas Volcánicas del Terciario. La zona mineralizada de Yanacocha está ubicada a lo largo de una perturbación de escala regional de este cinturón orogénico. Las orientaciones Noreste – Sureste de pliegues y sobrescurrimientos en las rocas sedimentarias del Cretáceo, son desviadas Este-Oeste a lo largo de la intersección con una zona estructural este-noreste trasandina, conocida con el nombre de corredor estructural Chicama – Yanacocha. Este corredor muestra tendencias estructurales a lo largo de unos 200 km de longitud comenzando en la costa Pacífica con un ancho de 30 a 40 km. Está definida por el desplazamiento de la línea de costa peruana, con múltiples fallas paralelas de orientación N50°E y el alineamiento este-noreste del depósito de Yanacocha.
- En las zonas de Chaquicocha y Cerro Negro, se identifica principalmente una mineralización variable. Asimismo, las características hidroquímicas que presentan las facies sulfatadas responden a aguas de flujo más profundos y con mayor tiempo de residencia en el sistema hidrogeológico y por lo general asociadas a los cuerpos de sílice donde se encuentra la mineralización con alto grado de sulfuración, mientras que las muestras bicarbonatadas parecen responder a flujos más superficiales y con velocidad de circulación más rápida entre las áreas de recarga y los puntos de descarga.

- De la evaluación de los registros basales e históricos de calidad del agua en las cuencas del área de estudio se evidencia que su calidad de manera natural se ve influenciada principalmente por la propia mineralogía de la zona, la cual en general condiciona la ocurrencia de flujos ácidos –dada la muy baja capacidad de regular el pH naturalmente– y propicia procesos de lixiviación de metales desde los minerales presentes en los depósitos del complejo Yanacocha, que se manifiestan con diversos grados de intensidad en función de las particularidades geoquímicas de cada quebrada y de la estacionalidad.

### 3.2.5.4 Calidad de Agua Subterránea

#### 3.2.5.4.1 Establecimiento de la Red de Muestreo en Piezómetros

MYSRL cuenta con un amplio registro histórico de niveles y análisis de la calidad de las aguas subterráneas asociadas al área operativa del proyecto. En la presente sección se describen las características químicas de las aguas subterráneas registradas en 64 piezómetros con la finalidad de complementar el modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidrogeológico asociado al área operativa de Yanacocha y evaluar la variación química de la calidad del agua subterránea desde el inicio de la actividad hasta el momento actual, para establecer la línea base de referencia de la presente MEIA Yanacocha.

La Tabla 3.2.5.4-1, *Estaciones de Muestreo de Agua Subterránea* presenta la ubicación y el periodo de información disponible para cada una de las estaciones de muestreo disponibles.

**Tabla 3.2.5.4-1 Estaciones de Muestreo de Agua Subterránea**

Nombre	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fechas de Información Disponible		Sector
	Este	Norte		desde	hasta	
LQ-1149	771903.87	9223778.36	3887.2	9-Mar-10	10-Ene-13	Oeste
LQ-1151	771679.89	9224088.35	3490	9-Mar-10	11-Ago-11	Oeste
LQMW-14A	768815	9224658	3588.33	3-Mar-09	27-May-19	Oeste
LQMW-16	770650	9225526	3544.91	3-Mar-09	14-May-19	Oeste
LQSPW-01	772689	9226647	3783.19	5-Ago-11	3-Mar-15	Oeste
LQPW-04R	773223.98	9225976.32	3721.09	26-Oct-05	27-Oct-11	Oeste
LQPW-05RR	773180.4	9225843.85	3700.2	8-Ago-08	27-Oct-11	Oeste
LQPW-15R	771990.14	9225698.3	3484.82	19-Sep-07	22-Sep-11	Oeste
LQPW-28NN	772257.5	9225515.9	3505.7	19-Feb-09	15-Nov-09	Oeste
LQPW-31NN	772941.4	9225448.9	3638.52	3-Jul-08	15-Sep-09	Oeste
LQPW-34	771916.17	9225715.39	3517.04	3-Jul-08	14-May-19	Oeste
LQSADPZ-1101	771869.13	9224282.73	3524.94	1-Jun-12	10-Ene-13	Oeste
LQSADPZ-1103	771853.51	9224150.1	3509.92	19-Dic-12	10-Ene-13	Oeste
LQSADPZ-1104	771843.57	9223650.21	3487.39	1-Jun-12	9-Ene-13	Oeste
LQSADPZ-1105R	771798.89	9224025.05	3495.15	21-Dic-12	9-Ene-13	Oeste
LQSADPZ-1106	771917.79	9223918.16	3494.09	19-Dic-12	9-Ene-13	Oeste
LQSADPZ-1107	771642.96	9223799	3471.04	1-Jun-12	9-Ene-13	Oeste
YSBLPZ-9001R	774972.86	9226927.3	3772.67	1-Oct-15	1-Oct-15	Oeste
YSBLPZ-4003R	774840	9226808	3782.7	1-Oct-15	1-Oct-15	Oeste
YSPW-07R	774737.15	9227008.87	3782.75	23-Jun-09	11-Ago-11	Oeste
YSPW-07RR	774737.15	9227008.87	3782.75	12-Jun-09	24-Ene-14	Oeste
BCPZ-02	775071.43	9225559.01	3829.12	3-Mar-09	12-Ago-11	Este
BCPZ-05	778654	9225593	3917.42	12-Jun-09	25-May-19	Este
CHQ4PZ-02	778916.89	9227786.77	3987.98	25-Jun-15	18-Sep-15	Este
CHQPW-09	777549.39	9226179.14	3942.34	16-Mar-10	21-Jul-14	Este
CHQPW-10	777571.31	9226232.36	3942	24-Feb-11	19-Jun-15	Este



Nombre	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fechas de Información Disponible		Sector
	Este	Norte		desde	hasta	
CHQPW-11	777646.56	9226223.07	3943.75	16-Mar-10	26-Oct-13	Este
CHQPW-12	777494.85	9226120.12	3983.36	16-Mar-10	21-Jul-14	Este
CHQPW-15	777726.21	9226267.48	3954.01	8-Mar-12	15-Jun-15	Este
CHQPW-17	778327.6	9225465.88	3960.01	7-Nov-12	18-Jun-15	Este
CHQPW-22	778025.17	9225540.44	3964.01	13-Jun-13	29-May-19	Este
CHQPW-23	777791.04	9225988.06	3691.36	13-Jun-13	17-Jun-15	Este
CHQRDMW-6001	777788	9226075	3950.12	27-Dic-06	22-sep-10	Este
CHQ4PZ-01	778581.60	9227182.36	4037.27	25-Jun-15	18-sep-15	Este
DMQPZ-02	778486.38	9228710.42	4048.5	24-Jun-15	28-May-19	Este
MMADPZ-1102R	778900.89	9230971.16	4049.65	27-Jun-13	28-May-19	Este
MMOW3	779546	9228312	3954	15-Sep-1994	19-Jul-18	Este
MMOW5	779655.36	9227831.81	3973	31-Ago-1996	19-Jul-18	Este
MMW-01	778957.83	9230526.02	3994	13-Jun-1996	1-Jul-13	Este
MMW-08	779675	9230068	4022.12	13-Jun-96	24-Abr-12	Este
MMW-16A	779585.78	9229924.03	4018.66	28-Mar-06	24-Abr-12	Este
MQS2PZ-01	779178.56	9231016.21	4103.59	25-Jun-15	21-sep-15	Este
MQS2PZ-02	779656.6	9230805.27	4075.75	24-Jun-15	21-sep-15	Este
MQS2PZ-03	778882.53	9230791.05	3996.79	24-Jun-15	24-Abr-19	Este
MSJ2PZ-03	775705.96	9225989.38	3884.25	25-Jun-15	30-May-19	Este
TOPW-01	771332.13	9225042.91	3536.14	2-Ago-07	21-May-12	Oeste
TOPW-04	771322.71	9225025.4	3534.29	22-Dic-10	29-Oct-14	Oeste
TOPW-07	770884.95	9225272.02	3524.43	28-Abr-12	29-Oct-14	Oeste
TOPW-08	770883.17	9225159.88	3517.17	25-May-12	14-May-19	Oeste
TOPW-11R	771127.7	9225609.77	3523.55	31-May-13	29-Oct-14	Oeste
TOPW-16	771245.06	9224914.77	3351.05	21-Abr-13	29-Oct-14	Oeste
CNADPZ-1103	766987	9224780	3628.08	5-Oct-11	27-May-19	Cerro Negro
CNADPZ-1107A	766467.73	9223440.86	3728.3	6-Oct-11	5-Jul-12	Cerro Negro
CNADPZ-1108	764589.56	9223942.64	3466.98	30-sep-11	27-May-19	Cerro Negro
CNADPZ-1109	764669.84	9225396.03	3324	30-sep-11	27-May-19	Cerro Negro
CNBLPZ-1101	767761	9226488	3490.87	6-Oct-11	27-May-19	Cerro Negro
CNBLPZ-1102	767739.85	9223445.05	3475.87	7-Oct-11	22-Ago-14	Cerro Negro
CNBLPZ-1104	767030	9223920	3619.25	5-Oct-11	27-May-19	Cerro Negro
CNBLPZ-1106	766717	9223062	3653.5	5-Oct-11	27-May-19	Cerro Negro
CNBLPZ-1109	764657	9224804	3482.55	28-Nov-13	29-Ago-18	Cerro Negro
CNBLPZ-1110	765802	9224734	3685.77	27-Oct-11	27-May-19	Cerro Negro
CNBLPZ-1111	766346	9225052	3676.57	30-sep-11	22-Oct-15	Cerro Negro
CNBLPZ-1113	765698	9224246	3817.94	15-Nov-11	11-Mar-15	Cerro Negro
CNGEPZ-1105	766017	9224218	3828.35	29-sep-11	29-Ago-18	Cerro Negro

De acuerdo con la distribución de las estaciones de muestreo entre los componentes del proyecto, los piezómetros se han agrupado en tres (03) sectores principales:

- Sector SE: se incluyen los piezómetros ubicados en el sector este de Yanacocha, en las proximidades del tajo, depósito de desmonte y pila de lixiviación de Maqui Maqui, tajo

Chaquicocha, tajo, depósito de desmonte y pila de lixiviación de Carachugo, tajo Marleny San José, depósito de desmonte Rosita y reservorio San José.

- Sector SO: se incluyen los piezómetros pertenecientes al sector oeste de Yanacocha, en las proximidades del tajo Yanacocha, tajo, depósito de desmonte y pila de lixiviación La Quinua y pila de lixiviación La Quinua 8.
- Sector Cerro Negro: se incluyen los piezómetros localizados en las proximidades del tajo y depósito de desmonte Cerro Negro.

De esta forma, 24 estaciones de muestreo se encuentran en el sector este, 27 estaciones de muestreo se localizan en el sector oeste y 13 estaciones de muestreo se ubican en el área operativa de Cerro Negro. En el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Mapa 3.8, Estaciones de Muestreo Hidroquímico*, se presenta la ubicación de los piezómetros y pozos de bombeo utilizados para la caracterización de la calidad de agua subterránea.

### 3.2.5.4.2 Normativa Aplicable

Cabe considerar que, al no existir lineamientos de comparación establecidos por la normatividad ambiental peruana para la evaluación de calidad de agua subterránea referido a manantiales, filtraciones, pozos y/o piezómetros, se consideran los siguientes enunciados:

- Evaluación de manantiales y filtraciones:** de acuerdo con lo descrito en el artículo 225° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (D.S. N° 001-2010-AG), define a los manantiales como "...puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas serán considerados como aguas superficiales para los efectos de evaluación y otorgamientos de derechos de uso de agua, toda vez que para su utilización no se requiere la realización de mecanismos ni obras específicas de extracción...".
- Evaluación de pozos y piezómetros:** no existe una definición expresa establecida en la Ley y Reglamento de Recursos Hídricos (D.S. N° 001-2010-AG).

En ese contexto, se concluye:

1. Teniendo en cuenta que los manantiales son considerados como aguas superficiales y las filtraciones como afloramientos superficiales, para la evaluación de las mismas se ha considerado de manera referencial los nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos por el D.S. N° 004-2017-MINAM. Bajo ese contexto, la comparación es netamente referencial y no un referente obligatorio de cumplimiento, sin embargo, sirve como herramienta para determinar la variación de los parámetros de interés que afectan la calidad del agua.

En esa línea, en el Apéndice D del Anexo F.1 Estudio Hidrogeológico (ver Apéndice F, *Estudio de Aguas Superficiales y Subterráneas*), se presentó correspondientemente la comparación de manantiales y filtraciones con los ECA para Agua para Categoría 3.

2. Para el caso de pozos y/o piezómetros, al no existir una definición expresa establecida por la normativa ambiental peruana, no se considera relevante su comparación, considerando que el uso inclusive de manera referencial de un estándar de calidad aplicable a agua superficial para evaluar la calidad de agua subterránea en pozos y/o piezómetros puede derivar en interpretaciones erradas y por ende fuera de la realidad.

Asimismo, cabe aclarar que el monitoreo de pozos y/o piezómetros es realizado de manera interna por Minera Yanacocha S.R.L. a efectos de verificar la estabilidad química de los componentes del Proyecto, por tanto, la ubicación y frecuencia de muestreo se realiza a partir de la experiencia obtenida en la etapa operativa. Asimismo, para aclarar que la red actual de monitoreo de agua subterránea con que cuenta Minera Yanacocha es suficiente para generar las hidrohipsas que se presentan en el estudio hidrogeológico, para ello se dispone de registros desde 01/06/1995 hasta la actualidad, correspondientes a un total de 965 piezómetros y/o pozos de bombeo. En ese sentido, al ser un control interno, no se remite las muestras a un laboratorio respectivo, puesto que es netamente con fines de verificación de la data muestreada.

### 3.2.5.4.3 Interpretación de Resultados

Un resumen de los principales resultados de manera gráfica se presenta a continuación, mientras que la totalidad de las mismas se presentan en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea*. En ese sentido, se describen a continuación los aspectos fisicoquímicos, el tipo de agua y la evolución de los parámetros más representativos que caracterizan las aguas subterráneas del proyecto en cada uno de los sectores que lo conforman.

#### Parámetros Físicos:

- Dentro de cada sector se observa que los pozos de bombeo y piezómetros están ubicados alrededor o en las proximidades de los principales componentes mineros; tajos, pilas de lixiviación, depósitos de desmonte, etc.
- En el sector Este las aguas de los piezómetros MMW-16A, MQS2PZ-01, MQS2PZ-02, MQS2PZ-03, MMW-01 y MMADPZ-1102R y el pozo MMW-08 situados alrededor del tajo Maqui Maqui Sur presentan valores de pH entre 2.21 y 7.58, conductividad eléctrica (CE) entre 26.00 y 909.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , STD entre 10.00 y 747.00 mg/L y Temperatura del agua entre 7.80 y 17.00°C.
- En general se trata de aguas ácidas, ya que todos los piezómetros se encuentran ubicados sobre litologías de origen volcánico afectadas por distintos tipos de alteración (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – ítem 3.2.5.4-1, Mapa 3.8, Estaciones de Muestreo Hidroquímico*). Los valores de conductividad eléctrica más bajos (inferiores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) corresponden a los piezómetros MMW-16A, MMW-01, MMW-08 y MQS2PZ-03. Se asume que en este sector existen dos flujos, uno somero y de rápida circulación desde la zona de cabecera hacia el lado SW del tajo Maqui Maqui y otro más profundo y lento que discurre por el lado NE del tajo.
- Los piezómetros DMQPZ-02, MMOW3, MMOW5, CHQ4PZ-02 y CHQ4PZ-01 situados entre la pila de lixiviación de Maqui Maqui y la pila de lixiviación de Carachugo presentan valores de pH entre 3.68 y 11.20, conductividad eléctrica (CE) entre 0.5 y 620.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , STD entre 38.00 y 520.00 mg/L y Temperatura del agua entre 1.00 y 18.00 °C. Los valores de pH más altos corresponden a los piezómetros MMOW3 y MMOW5, situados sobre depósitos volcánicos con alteración propilítica. En general, los valores de pH concuerdan con la litología del área. Las características fisicoquímicas identificadas son propias de aguas con poco tiempo de tránsito, excepto en el piezómetro CHQ4PZ-01 donde el valor de la conductividad es elevado, debido a una fuerte mineralización de las aguas durante su recorrido producto de la interacción con minerales propios de la alteración argílica (sulfatos, óxidos y arcillas) con fuerte tendencia al intercambio iónico.
- Alrededor del tajo Chaquicocha se encuentran los piezómetros BCPZ05 y CHQRDMW-6001, así como los pozos CHQPW-09, CHQPW-10, CHQPW-11 y CHQPW-12, los cuales presentan valores de pH entre 2.95 y 7.55, conductividad eléctrica (CE) entre 18.00 y 676.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , STD entre 13.00 y 541.00 mg/L y Temperatura del agua entre 8.70 y 14.20°C. Igual que ocurre con las perforaciones del tajo Maqui Maqui Sur, los valores de pH neutros o con tendencia a la neutralidad (entre 6.00 y 7.5) corresponden, principalmente, al piezómetro BCPZ-05, situado sobre depósitos fluvio-glaciares (ver Mapa 3.8). En general, se determina que las aguas que circulan a través de los cuerpos de sílice de Chaquicocha tienen una mayor velocidad de flujo y por tanto presentan menor grado de mineralización, mientras que las aguas que circulan por las alteraciones propilíticas y argílicas que constituyen la Unidad Hidrogeológica impermeable, como es el caso del piezómetro CHQRDMW-6001, presentan valores de conductividad eléctrica 298 y 676  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que denotan una velocidad de circulación mucho menor.
- Finalmente, los piezómetros BCPZ-02 y MSJ2PZ-03 situados aguas abajo del depósito de desmonte de Carachugo presentan valores de pH entre 6.11 y 7.58, conductividad eléctrica (CE) entre 102.00 y 626.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , STD entre 78.00 y 520.00 mg/L y Temperatura del agua entre 10.00 y 12.40°C. Los valores de conductividad eléctrica permiten asumir que el flujo interceptado por el piezómetro MSJ2PZ-03 es un flujo profundo y lento mientras el flujo interceptado por el piezómetro BCPZ-02 es más somero y con menor tiempo de residencia. Se considera que los valores de pH registrados son debidos a la afección de los depósitos por la alteración tipo propilítica.

- En el sector Oeste, el tajo Yanacocha alberga los pozos de bombeo YSPW-07R y YSPW-07RR con valores de pH entre 2.45 y 2.53, conductividad eléctrica entre 3340 y 4684  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 2290 y 3703 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 9.4 y 12.9. Las características fisicoquímicas son representativas de aguas profundas de flujo lento que favorece la mineralización de las aguas debido a la ubicación de ambas perforaciones en depósitos de sílice masiva.
- En la zona del complejo La Quinua, los pozos de bombeo LQPW-04R, LQPW-05RR, LQPW-28NN, LQPW-31NN, LQPW-34, LQPW-15R, TOPW-11R, TOPW-07, TOPW-08, TOPW-16, TOPW-04 y TOPW-01, y el piezómetro LQMW-16 distribuidos por el tajo La Quinua 3 presentan valores de pH entre 2.83 y 5.77, conductividad eléctrica entre 23.00 y 586.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 18.00 y 1059 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 9.90 y 14.20. En todos los casos, los valores de pH son propios de la litología del sustrato. A pesar de que en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – ítem 3.2.5.4-1, Mapa 3.8, Estaciones de Muestreo Hidroquímico*, varios pozos se localicen sobre depósitos sedimentarios (Sedimentos La Quinua), se puede asumir que el espesor de los mismos en esta zona es más reducido que, por ejemplo, en la zona del tajo la Quinua Sur, por lo que el nivel de agua interceptado por las perforaciones corresponde a volcánicos alterados. Los valores de conductividad eléctrica parecen representar un flujo más somero que el interceptado por los pozos de bombeo situados en el tajo Yanacocha, y posiblemente en contacto con depósitos volcánicos afectados por un grado de alteración menos mineralizado.
- Las estaciones de muestreo de calidad de agua subterránea en el tajo La Quinua Sur están representadas por los piezómetros LQSPW-01, LQ-1149, LQSADPZ-1101, LQSADPZ-1103, LQSADPZ-1104, LQSADPZ-1105R, LQSADPZ-1106 y LQSADPZ-1107, los cuales presentan valores de pH entre 4.58 y 7.02, conductividad eléctrica entre 16.00 y 661.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 11.00 y 464 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 12.50 y 17.50. Para resaltar, entre los depósitos de gravas inferior y superior que conforman La Quinua Sur, se encuentra un depósito de Ferricreta que sería el responsable de producir los pH más ácidos en los piezómetros LQSADPZ-1101, LQSADPZ-1103, LQSADPZ-1104, LQSADPZ-1105R y LQSADPZ-1107 durante los meses más húmedos. Las características fisicoquímicas en esta zona parecen representar dos tipos de flujos; uno somero, que procede, posiblemente, de la unidad compuesta por sedimentos de La Quinua y otro más profundo procedente de la unidad volcánica alterada, donde el grado de mineralización de las aguas está condicionado por la facilidad de reacción/solución de las litologías atravesadas.
- Finalmente, aguas abajo del depósito de arena de molienda se localiza el piezómetro LQMW-14A con valores de pH entre 6.03 y 7.38, conductividad eléctrica entre 60.00 y 75.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 26.00 y 53.00 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 11.30 y 15.80. Los valores registrados para cada parámetro son indicativos de flujos rápidos y someros. Teniendo en cuenta que el punto se localiza sobre materiales volcánicos.
- En el sector de Cerro Negro las estaciones de control de la calidad se distribuyen de la siguiente manera; aguas abajo del pad de lixiviación se localiza el piezómetro CNBLPZ-1101 con valores de pH entre 6.16 y 6.86, conductividad eléctrica entre 48.40 y 79.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 38.00 y 62.00 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 12.03 y 15.30. De acuerdo con las características geológicas del sector se trata de aguas jóvenes, de corto recorrido a través de litologías volcánicas, en este caso afectadas posiblemente por alteración de tipo propilítico que justificaría los valores de pH circun-neutros (entre 6.00 y 7.00), tal como se muestran en el Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Mapa 3.8, Estaciones de Muestreo Hidroquímico*.
- Desde la parte alta del tajo Cerro Negro Este, en dirección a la quebrada Arcuyo, se disponen los piezómetros CNADPZ-1103, CNADPZ-1109, CNBLPZ-1111, CNBLPZ-1110, CNGEPEZ-1105, CNBLPZ-1113 y CNADPZ-1108. Los monitoreos realizados desde el año 2011, presentan valores de pH entre 3.97 y 7.94, conductividad eléctrica entre 39.00 y 908.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 16.00 y 690.00 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 7.90 y 16.30. Los valores de pH circun-neutros a alcalinos (desde 6.50 a 8.00) corresponden a los piezómetros CNBLPZ-1111, CNBLPZ-1110, CNGEPEZ-1105 y CNADPZ-1108. Entre ellos se observan también variaciones en los valores de conductividad eléctrica debido al aumento de la mineralización de las aguas durante su recorrido hacia la parte baja del componente, por la zonación de las alteraciones (propilítica – argílica-sílice masiva) desde los márgenes hacia los cuerpos minerales principales.

- Los piezómetros de control de calidad en el depósito de desmonte del sector son; CNBLPZ-1104, CNBLPZ-1102, CNBLPZ-1106 y CNADPZ-1107. Presentan valores de pH entre 4.26 y 8.07, conductividad eléctrica entre 18.00 y 921.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , TDS entre 10.00 y 603.00 mg/L y Temperatura de agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 10.30 y 16.50. Los valores de pH más elevados (entre 6.46 y 8.07) corresponden a los piezómetros CNBLPZ-1104 y CNBLPZ-1102. La variación en la conductividad eléctrica es consecuencia de la gradación de las alteraciones.

#### **Iones Mayoritarios:**

A partir de la evolución histórica de los iones mayoritarios (Ca, Na+K, Mg,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$  y Cl) presentes en las aguas subterráneas de cada uno de los sectores en los que se divide la zona de proyecto se han identificado los tipos de agua subterránea predominante en cada caso (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea - ítem 3.2.5.4-2 Resultados Gráficos de Pozos y Piezómetros*).

A continuación, se describen los aspectos más relevantes identificados durante el análisis de los iones seleccionados en las aguas representadas por los piezómetros de cada sector.

- En el sector Este las aguas han quedado representadas finalmente por las muestras correspondientes a los siguientes pozos y piezómetros: MMOW3, MMOW5, MMW-01, CHQRDMW-6001, MW-16A, BCPZ-05, BCPZ-02, MMW-08, CHQPW-09, CHQPW-10, CHQPW-11, CHQPW-12, CHQ4PZ-01, CHQ4PZ-02, DMQPZ-02, MMADPZ-1102R, MQS2PZ-01, MQS2PZ-02, MQS2PZ-03 y MSJ2PZ-03.
- Los aniones dominantes en las aguas subterráneas de este sector son el bicarbonato y el sulfato. De manera más detallada, se observa que las mayores concentraciones del ion bicarbonato corresponden a los piezómetros MMOW3, MMOW5 y CHQ4PZ-02. Por el contrario, en los piezómetros MMW-01, CHQRDMW-6001, BCPZ-05, MMW-16A, CHQ4PZ-01, DMQPZ-02, MMADPZ-1102R, MQS2PZ-01, MQS2PZ-02, MQS2PZ-03 y MSJ2PZ-03 y en los pozos de bombeo MMW-08, CHQPW-09, CHQPW-10, CHQPW-11 y CHQPW-12, el anión dominante es el sulfato (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.30, 3.31 y 3.32*).
- En el caso de los piezómetros MMOW3 y MMOW5, las concentraciones en el ion bicarbonato se mantienen constantes prácticamente desde el inicio de los muestreos, en el año 1994 y 1996, respectivamente. Así, en las aguas del piezómetro MMOW3 los cationes dominantes fueron el calcio y el sodio manteniéndose constantes a lo largo de todo el periodo de registro. Un comportamiento similar presenta el magnesio, aunque en menor concentración. Esto es debido a que su presencia está asociada al calcio. Por el contrario, el potasio presenta variaciones que no pueden ser atribuidas a un aspecto estacional ya que se producen de manera arbitraria a lo largo de los años. En cuanto al ion sulfato se observa un decrecimiento de la concentración desde el año 1996 hasta el año 2004, momento a partir del cual la concentración de sulfato se mantiene en cantidades significativas, pero siempre inferiores a las de bicarbonato (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.33, 3.34, 3.35 y 3.36*).
- Un comportamiento similar presenta el agua del piezómetro MMOW5, para el cual en el año 1996 los cationes dominantes parecen ser el sodio y el potasio disminuyendo su concentración desde entonces e incrementando la de calcio que se mantiene hasta el año 2013 con ligeras variaciones en las concentraciones de los tres (03) cationes. En cuanto a la presencia de sulfato en el agua, las concentraciones no son tan significativas como en el piezómetro MMOW3, pero también se identifica un ligero decrecimiento del anión entre 1996 y 1997, a partir del cual las concentraciones permanecen constantes (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.31, 3.33, 3.35 y 3.36*).
- En los pozos de bombeo y piezómetros donde domina el ion sulfato no se puede determinar el dominio de ningún catión en particular, ya que en cada estación de muestreo las concentraciones de los diferentes cationes presentan el mismo comportamiento durante todo el periodo de registro. Únicamente se puede determinar que las mayores concentraciones de calcio, sodio, potasio y magnesio se registran en los piezómetros CHQ4PZ-01 y MSJ2PZ-03.



- En general, se determina que las aguas bicarbonatadas están asociadas a la circulación de las aguas a través de depósitos volcánicos afectados por los diferentes grados de alteración hidrotermal (propilítico-argílico) y/o a través de sedimentos fluvioglaciares (Sedimentos de La Quinua) mientras las aguas sulfatadas son resultado de la circulación de los flujos a través de los cuerpos de sílice. Las variaciones en el catión dominante (sodio y potasio o calcio, principalmente) pueden estar asociadas a procesos de intercambio durante la circulación de los flujos subterráneos. En cualquier caso, las variaciones no se pueden asociar a cambios estacionales, ya que se producen de manera arbitraria a lo largo de los diferentes años de registro, aunque algunos piezómetros como el CHQRDMW-6001 y el BCPZ-02 presenten este tipo de comportamiento, sin embargo, se trata de eventos puntuales.
- En cuanto a la presencia del ion cloruro, esta puede estar asociada a los depósitos sedimentarios presentes de forma localizada en varios puntos alrededor del tajo. Cabe destacar que se trata de depósitos fluvioglaciares que pueden presentar minerales evaporíticos como la halita, el yeso, etc., formados en ambientes lagunares. Estos minerales también pueden aparecer, en forma de venas o vetas, en las proximidades de los cuerpos mineralizados, ya que tienden a formarse durante las fases tardías de los procesos hidrotermales que generan la mineralización.
- En el sector oeste las aguas han quedado representadas por las muestras de los pozos YSPW-07RR y YSPW-07R situados en el tajo Yanacocha, de los pozos LQPW-04R, LQPW-05RR, LQPW-31NN, LQPW-28NN, LQPW-15R, LQPW-34, TOPW-01, TOPW-04, TOPW-16, TOPW-07, TOPW-08 y TOPW-11R situados en el tajo La Quinua 3, del piezómetro LQMW-16 ubicado en la parte alta del tajo La Quinua 3, de los piezómetros LQSADPZ-1101, LQSADPZ-1103, LQSADPZ-1106, LQSADPZ-1105R, LQSADPZ-1107, LQSADPZ-1104, LQSPW-01 y LQ-1149 situados en el tajo La Quinua Sur y del piezómetro LQMW-14A ubicado en la parte alta del depósito de arena de molienda.
- Al igual que en el sector este, a partir de los gráficos elaborados para los aniones mayoritarios presentes en las aguas subterráneas del sector oeste se determina que los iones dominantes son el bicarbonato y el sulfato, siendo este último, dominante en todo el complejo La Quinua, excepto en la parte baja del tajo La Quinua Sur y en el depósito de arena de molienda (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.37, 3.38 y 3.39*).
- De manera más detallada, se observa que en los piezómetros LQSPW-01, LQ-1149, LQSADPZ-1106, LQSADPZ-1107 y LQSADPZ-1104 el ion dominante es el bicarbonato. Este hecho está asociado a la ubicación de las perforaciones sobre los denominados sedimentos de La Quinua, caracterizados por depósitos fluvioglaciares, que justifican la presencia del anión. En el caso del piezómetro LQMW-14A el ion dominante también es el bicarbonato a pesar de disponerse sobre depósitos volcánicos alterados (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – ítem 3.2.5.4-1 Mapa 3.8, Estaciones de Muestreo Hidroquímico*). Sin embargo, puede ocurrir que la alteración interceptada por la perforación sea de tipo propilítico (presencia de clorita, epidota, calcita y plagioclasa albitizada), lo que justificaría los pH circun-neutros y la baja mineralización de las aguas.
- En cuanto a las concentraciones del ion sulfato se observa que los mayores valores corresponden a los pozos YSPW-07RR, YSPW-07R, LQPW-04R, LQPW-05RR, LQPW-31NN, LQPW-28NN, LQPW-15R, LQPW-34, TOPW-01, TOPW-04, TOPW-16, TOPW-07, TOPW-08, TOPW-11R y a los piezómetros LQMW-16, LQSADPZ-1101, LQSADPZ-1103 y LQSADPZ-1105R. Dentro de este grupo, se observa una distribución espacial de dos subgrupos; así en las aguas de los pozos de bombeo situados en el lado oriental; LQPW-04R, LQPW-05RR, LQPW-31NN, del tajo La Quinua 3 el catión dominante es el sodio, mientras en las aguas de los pozos LQPW-28NN, TOPW-04, TOPW-16, LQPW-15R, LQPW-34, TOPW-07 y los piezómetros LQSADPZ-1103 y LQSADPZ-1105R, situados en el lado más occidental del mismo tajo y en la parte alta del tajo La Quinua Sur, respectivamente, así como los pozos en el tajo Yanacocha (YSPW-07RR, YSPW-07R), el catión dominante es el calcio (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.38 y 3.42*).
- En general las concentraciones de los iones dominantes se mantienen constantes a lo largo del tiempo, con pequeñas variaciones en las concentraciones de cationes como calcio, sodio y magnesio (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.40, 3.41 y 3.42*).

- De forma análoga a lo descrito para el sector este, la composición química natural de las aguas subterráneas en este sector corresponde a dos tipos de flujos; uno profundo caracterizado por facies sulfatadas, con mayor tiempo de residencia a través de los cuerpos de sílice donde se encuentra la mineralización, y uno más superficial caracterizado por facies bicarbonatadas, con circulación más rápida a través de las unidades acuíferas constituidas, en este caso, por los denominados sedimentos fluvio-glaciares de La Quinua.
- En el sector de Cerro Negro la calidad de las aguas subterráneas queda representada por los piezómetros CNBLPZ-1101, CNADPZ-1103, CNADPZ-1109, CNBLPZ-1111, CNBLPZ-1110, CNADPZ-1105, CNBLPZ-1113 y CNADPZ-1108, CNBLPZ-1104, CNBLPZ-1102, CNBLPZ-1106 y CNADPZ-1107A. Se determina que, igual que en los otros dos (02) sectores los aniones dominantes son el bicarbonato y el sulfato (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.44, 3.45 y 3.46*).
- De manera más detallada, se observa que en los sondeos CNBLPZ-1101, CNBLPZ-1102, CNADPZ-1103, CNBLPZ-1110 y CNBLPZ-1113 domina el ion bicarbonato y en general, el catión dominante en todos ellos es el sodio, aunque el calcio también se presenta en concentraciones significativas. La variación entre la presencia de uno u otro es propia de la capacidad de intercambio existente entre ambos (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.44, 3.47 y 3.49*).
- Por el contrario, se determina que en los piezómetros CNADPZ-1108, CNADPZ-1109 y CNBLPZ-1106 el ion dominante es el sulfato (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – ítem 3.2.5.4-2 Resultados Gráficos de Pozos y Piezómetros*). Al igual que ocurre con las aguas bicarbonatadas, la presencia de calcio o sodio es variable debido a su capacidad de reemplazo en minerales arcillosos. Cabe destacar que en todos ellos se observa, de forma continuada, una cierta cantidad de magnesio (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.45 y 3.48*).
- En cuanto a la concentración del ion cloruro son los piezómetros CNBLPZ-1110 y CNBLPZ-1104 los que presentan las mayores concentraciones durante el primer año de muestreo ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.46*).
- A partir de los parámetros fisicoquímicos y los iones mayoritarios identificados en los diferentes pozos de bombeo y piezómetros distribuidos por el proyecto se puede afirmar que, en general, el tipo de agua dominante en el área de proyecto es de tipo sulfatado, con pH ácidos y valores de conductividad superiores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , representando flujos profundos que circulan a través de los cuerpos mineralizados (sílice masiva). También se identifican, aunque en menor proporción y de manera más local, aguas de tipo bicarbonatado, con valores de pH  $>6$  y conductividades eléctricas por debajo de los 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que reflejan flujos someros a través de sedimentos fluvio-glaciares (Sedimentos de La Quinua) y/o unidades volcánicas de baja permeabilidad.

### **Análisis de la Evolución Histórica de los Principales Parámetros**

Con el fin de analizar la evolución de los principales parámetros considerados de interés (fisicoquímicos, aniones, así como metales minoritarios y trazas) para la evaluación de la calidad de las aguas subterráneas en el área de proyecto, se han elaborado gráficos de pH, conductividad eléctrica, sulfato, aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, mercurio, manganeso y plomo para el periodo 1994-2019 que permitan identificar posibles variaciones temporales y determinar sus causas.

A continuación, se realiza una descripción y caracterización de las tendencias para las tres áreas operativas en Yanacocha. Cabe destacar que para representar el parámetro de pH se han empleado valores de campo y laboratorio indistintamente, a fin de disponer de información suficiente para observar tendencias en la evolución del parámetro (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3,*



*Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea - ítem 3.2.5.4-2 Resultados Gráficos de Pozos y Piezómetros).*

pH:

- Sector Este; se observan dos tipos de agua; por un lado, las muestras que presentan un pH ácido con valores de pH comprendidos entre 2 y 6 unidades de pH, y en segundo lugar un grupo de muestras alcalinas o básicas con valores de pH entre 6 y 8 unidades de pH. En ambos grupos se observa que los valores se mantienen constantes, sin que se observe una tendencia al aumento o disminución con el tiempo. Sin embargo, en la estación MMOW5 se observa que en el periodo comprendido entre 1996 y 2006 se observan valores esporádicos de pH entre 8 y 11.5 unidades de pH. Igualmente, en la estación MMOW3 los valores de pH entre 1995 y 1996 son ligeramente más neutros, casi básicos, que en años posteriores cuando varían entre circun-neutros a ligeramente ácidos (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.51*).
- Sector Oeste; igual que en el sector este, se observan dos tipos de agua claramente definidos; unas ácidas representadas por los pozos de bombeo LQPW-04R, TOPW-04, TOPW-07, TOPW-08, TOPW-16, TOPW-11R y el piezómetro LQMW-16 ubicados en la zona del tajo La Quinua 3 y los pozos YSPW-07R y YSPW-07RR ubicados en el tajo Yanacocha, y otras neutras representadas por los piezómetros LQMW-14A, LQSADPZ-1107 y LQ-1149 situados en el Depósito de Arena de Molienda y en el tajo La Quinua Sur, respectivamente. En general, no se observan variaciones significativas del parámetro a lo largo del tiempo (entre 2011 y 2014) hasta la fecha (2019) (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.52*).
- Sector Cerro Negro, igual que en los otros dos sectores, se presenta dos tipos de agua; entre ácida a ligeramente ácida y neutra a básica. En ningún caso se observan tendencias en las variaciones del parámetro, las cuales se producen de manera puntual como en los piezómetros CNADPZ-1107 y CNBLPZ-1109, ubicados alrededor del depósito de desmonte y en la parte alta del tajo, respectivamente. Los valores de pH más altos (entre 7.5 y 8.10) están representados por los piezómetros CNBLPZ-1102 y CNBLPZ-1110, también situados alrededor del depósito de desmonte y en la parte alta del tajo, respectivamente (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.53*).

Conductividad Eléctrica:

- Sector Este; se observa que en general las aguas de este sector son poco mineralizadas (inferiores a 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) excepto en aquellos piezómetros situados alrededor del tajo Maqui Maqui (MMADPZ-1102R y MQS2PZ-01) o en las proximidades de otros componentes como la pila de lixiviación de Maqui Maqui y la pila de lixiviación de Carachugo (CHQ4PZ-01) o aguas abajo del depósito de desmonte de Carachugo (MSJ2PZ-03), donde los valores del parámetro tienden a presentar conductividades entre 500 y 910  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores de conductividad más elevados corresponden a flujos que circulan por zonas fuertemente mineralizadas, durante un periodo de tiempo mayor (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.54*).
- En el caso del piezómetro MMOW5 se observa una tendencia decreciente del parámetro desde el inicio de los monitoreos, en 1996, hasta su estabilización a partir de 1997, con pequeñas variaciones anuales que parecen coincidir con los meses húmedos. En el caso del piezómetro CHQRDMW-6001 los valores de conductividad cada vez más elevados pueden ser atribuidos a la captación de agua cada vez más profunda.
- Sector Oeste; los valores de conductividad eléctrica, tanto en el área operativa de La Quinua, como en el área operativa de Yanacocha y La Quinua Sur Gravas se han mantenido constantes a lo largo del periodo analizado. Tan solo el pozo de bombeo YSPW-07R y el piezómetro LQ-1149 presentan tendencias decrecientes en el parámetro desde el año 2009 hasta el año 2013. Los valores se encuentran dentro del rango de aguas fuertemente mineralizadas y con flujo más lento y profundo en el primer caso, y aguas más someras y con menor tiempo de residencia en el sistema para el segundo (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.55*).

- Sector Cerro Negro; la variación más significativa la presenta el piezómetro CNBLPZ-1113, el cual, al inicio del muestreo en 2011, presenta valores superiores a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y al final del mismo (en el año 2013) la conductividad registrada es inferior a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Este hecho está relacionado con el proceso de muestreo. Es muy probable que inicialmente el piezómetro no se purgase correctamente y el agua muestreada correspondiese a agua estancada. Los sucesivos muestreos han permitido que el agua en el sondeo se renueve, siendo los últimos años representativos de la verdadera calidad del flujo subterráneo interceptado por la perforación (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.56*).

#### Sulfatos

- Sector Este; solo los piezómetros MMW01 y MMOW3, situados alrededor del tajo Maqui Maqui y entre la pila de lixiviación de Maqui Maqui y la pila de lixiviación de Carachugo, respectivamente, presentan una tendencia en la concentración del ion. En el primer caso (MMW01), la concentración del ion sulfato en 1996, fue de aproximadamente 28 mg/L, disminuyendo hasta encontrarse por debajo del límite de detección en 1997. Durante todo el año 1998, la concentración se incrementó hasta valores de 30 mg/L, sin embargo, en el año 1999 se produjo nuevamente una disminución hasta 20 mg/L. Igualmente, en el caso del piezómetro MMOW3, se observan concentraciones de hasta 115 mg/L en 1995, que en 1994 llegan a estar por debajo del límite de detección (inferiores a 20 mg/L) hasta el año 2005. Desde entonces hasta el año 2008 la concentración del ion se ha mantenido constante (entre 22 y 24 mg/L), momento a partir del cual decae nuevamente (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.57*).
- En ambos casos, las variaciones pueden estar asociadas a las etapas de minado, momento en el que se expone material fresco al ambiente provocando la oxidación de los sulfuros y el contacto de estos con las precipitaciones que aportan mayor o menor cantidad del anión al sistema.
- En el caso del pozo de bombeo MMW-08, las variaciones puntuales están posiblemente asociadas a los momentos en los que el pozo se encontraba operativo, ya que la oscilación del agua dentro de la perforación por efecto de la bomba provoca la oxidación de los sulfuros presentes, de forma natural en la litología que atraviesa, provocando un incremento del ion en las aguas.
- Sector Oeste; los registros de concentración de sulfato en el área de La Quinua sur, al igual que en el área de Yanacocha son puntuales, por lo que no es posible establecer un análisis temporal (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.58*).
- Sector Cerro Negro; se observan varias tendencias decrecientes del ion como las de los piezómetros CNADPZ-1108, CNBLPZ-1113, CNBLPZ-1110, CNBLPZ-1111, CNADPZ-1107A y CNBLPZ-1104, todos ellos en general alrededor del tajo Cerro Negro, desde el año 2011 hasta el año 2013. Por el contrario, los piezómetros CNBLPZ-1102 y CNBLPZ-1109, que son los más alejados de los componentes presentan concentraciones del ion más o menos constantes desde el inicio de los muestreos (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.59*).

#### Metales Minoritarios (aluminio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, plomo y manganeso):

- Sector Este; en general, no se observan tendencias, sin embargo, se identifica que durante los meses de junio y septiembre del año 2015 se registran concentraciones significativas de aluminio en los piezómetros situados alrededor del tajo Maqui Maqui (MQS2PZ-01, MQS2PZ-02 y MQS2PZ-03) o en las proximidades del mismo, sobre cuerpos de sílice masiva (DMQPZ-02, CHQ4PZ-01 y CHQ4PZ-02). Estos piezómetros también presentan concentraciones de cadmio, cobre, hierro y manganeso cada vez más elevadas durante el mismo periodo. Este comportamiento también se observa en los pozos de bombeo situados en el tajo Chaquicocha (CHQPW-15, CHQPW-22 y CHQPW-23). En cuanto a otros metales, los piezómetros CHQ4PZ-01 y CHQ4PZ-02 presentan también concentraciones de plomo. La causa del incremento en las concentraciones de los metales minoritarios en las aguas subterráneas está asociada a la litología que caracteriza el

sector y posiblemente a la captación de aguas cada vez más profundas durante el desarrollo de los muestreos. (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.60, 3.61, 3.62, 3.63, 3.64, 3.65 y 3.66*).

- En el caso del plomo el piezómetro que registra mayores concentraciones (entre 0.54 y 1.3 mg/L) de forma continuada durante el año 2006 al año 2009 es el CHQRDMW-6001, situado en el tajo Chaquicocha (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.65*).
- En cuanto a la concentración de hierro, cabe destacar que el piezómetro MMOW3 presenta una tendencia, claramente, descendente desde el inicio del muestreo en el año 2001 hasta el final en el año 2013 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.64*).
- Las concentraciones de cadmio no son significativas, sin embargo, como en el resto de los metales se observa que los mayores registros corresponden a los meses de junio y septiembre del año 2015 en los piezómetros MQS2PZ-01, MQS2PZ-02 y MMADPZ-1102R, así como en los pozos de bombeo CHQPW-22 y CHQPW-23 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.61*).
- Sector Oeste; se presentan las variaciones de cada uno de estos metales en este sector. Las mayores variaciones de aluminio (Figura 3.67) se observan en los piezómetros LQMW-16 y LQ-1149, situados en el tajo La Quinua 3 y el tajo La Quinua Sur, respectivamente. En el primer caso, se observa un decrecimiento progresivo de la concentración, desde valores superiores a 100 mg/L en 2009, hasta valores inferiores a 20 mg/L en 2013. En el caso del piezómetro LQ-1149, el comportamiento es opuesto. Se observa que desde el año 2011 hasta el año 2013 se produce un ligero incremento en su concentración (de 0.40 a 2.00 mg/L) (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.67, 3.68, 3.69, 3.70, 3.71, 3.72 y 3.73*).
- En cuanto a la concentración de cadmio se observa en general una tendencia ascendente en las aguas de los pozos de bombeo LQPW-05RR, LQPW-15R, TOPW-01, TOPW-04, TOPW-07 y TOPW-16, todos ellos dispuestos en los tajos La Quinua 2 y 3, respectivamente, desde el año 2008 hasta el año 2014, aproximadamente (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.68*).
- Por el contrario, las concentraciones de cobalto y manganeso presentan en general concentraciones constantes a lo largo del tiempo. En el caso del manganeso se observan variaciones puntuales, sin relevancia o sin registro suficiente como para determinar la causa de las mismas (caso de los pozos de bombeo TOPW-04 y TOPW-16) (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.69 y 3.73*).
- En el caso del cobre, hierro y plomo las concentraciones se presentan dispersas a lo largo del tiempo, sin ser posible determinar una tendencia definida en ningún caso. Solo en el caso del hierro y el plomo se puede determinar una cierta tendencia ascendente de ambos metales en los pozos LQPW-05RR, TOPW-01, TOPW-04, TOPW-07 y de hierro en los piezómetros LQ-1149, LQPW-34. En el resto de las estaciones del sector, ambos metales, se encuentran, en general, por debajo del límite de detección (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.70, 3.71 y 3.72*).
- Sector Cerro Negro; se presentan las variaciones de cada uno de estos metales en el sector. En cuanto a las concentraciones de aluminio, cobre, Hierro, plomo y manganeso no se observan tendencias definidas, más bien de manera generalizada se observa que las concentraciones se mantienen más o menos constantes a lo largo del tiempo. Sin embargo, en todos los casos se observa un decrecimiento de la concentración de los metales en las aguas del piezómetro CNBLPZ-1113, desde el inicio del muestreo en 2011 hasta el año 2013 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figuras 3.74, 3.75, 3.76, 3.77, 3.78, 3.79 y 3.80*).

- Respecto al cadmio y al cobalto, en general las aguas de Cerro Negro presentan concentraciones por debajo del límite de detección para ambos metales. Sin embargo, al igual que ocurre con el resto de los metales, el piezómetro CNBLPZ-1113 presenta tendencias decrecientes en ambos casos. Por el contrario, las concentraciones de los dos metales en las aguas de los piezómetros CNBLPZ-1106 se mantiene constante.

#### Metales traza (arsénico y mercurio):

- Sector Este; para el caso del arsénico, las concentraciones no superan, en ningún caso, el 1 mg/L. En general no se observan variaciones salvo en el piezómetro CHQRDMW-6001, situado en el tajo Chaquicocha, donde se observa un decrecimiento de la concentración del metal desde el año 2006 hasta el año 2009. Las mayores concentraciones (entre 0.5 y 0.7 mg/L) corresponden al pozo de bombeo CHQPW-22, también ubicado en el tajo Chaquicocha, y al piezómetro MSJ2PZ-03, aguas debajo del tajo Carachugo (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.81*).
- Respecto al mercurio, por lo general, las concentraciones se encuentran por debajo del límite de detección. Las estaciones que presentan cierta concentración del metal en las aguas son los piezómetros CHQ4PZ-01, CHQ4PZ-02 y MSJ2PZ-03, situados entre la pila de lixiviación de Maqui Maqui y la pila de lixiviación de Carachugo, y aguas debajo del tajo Carachugo, respectivamente (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.82*).
- Sector Oeste; los pozos de bombeo TOPW-01, TOPW-04, TOPW-16 y LQPW-05RR situados en los tajos La Quinua 2 y 3, así como los piezómetros LQ-1149 y LQSADPZ-1104 ubicados en el tajo La Quinua Sur, presentan una tendencia ascendente en la concentración de arsénico entre los años 2009 y 2014 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.83*).
- Con relación al mercurio, no se presenta tendencias en cuanto a la concentración de mercurio en las aguas subterráneas de este sector. Únicamente, cabe destacar que el pozo de bombeo LQPW-34, en el tajo La Quinua 3, presentan concentraciones por debajo del límite de detección excepto en el año 2010. Igualmente, el piezómetro LQ-1149 en el tajo La Quinua Sur presentan un ligero incremento de la concentración del metal, desde en el año 2011 al 2013. Las mayores concentraciones del elemento (0.02 mg/L) han sido registradas en el pozo de bombeo LQPW-05RR, en el sector La Quinua 2 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.84*).
- Sector Cerro Negro; al igual que ocurre con los metales minoritarios, no presenta tendencias definidas en la concentración de arsénico. En general, los valores parecen mantenerse constantes a lo largo del tiempo, excepto en los piezómetros CNBLPZ-1102, CNBLPZ-1110 y CNBLPZ-1113 donde la concentración decrece progresivamente desde el inicio de los muestreos en 2011 hasta 2013 (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.85*).
- En cuanto al mercurio, por lo general las concentraciones identificadas están por debajo del límite de detección o se mantienen constantes por debajo de 0.001 mg/L. Únicamente cabe destacar la tendencia decreciente en la concentración del metal para el piezómetro CNBLPZ-1113, aguas abajo del tajo Cerro Negro, igual que para el resto de los metales (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.3, Estadísticas y Gráficas de Calidad de Agua Subterránea – Figura 3.86*).
- Como conclusión se determina que las aguas ácidas, con mayor valor de conductividad eléctrica y mayor concentración de metales siempre están asociadas a las zonas de los tajos por contener el cuerpo mineral o presentar las alteraciones típicas de las zonas próximas a estos cuerpos. En este caso la excepción queda representada por el tajo La Quinua Sur debido a la presencia de depósitos fluvioglaciares cubriendo el cuerpo de sílice. Por el contrario, las aguas neutras, con valores de conductividad más bajos y con menor contenido en metales pueden proceder de otros sectores menos mineralizados, ser producto de la intercepción de la

alteración más periférica (tipo propilítica) o representar flujos con menor tiempo de residencia en el sistema.

- La presencia de metales minoritarios en las aguas subterráneas tales como el hierro, cobre, aluminio, cadmio, cobalto, entre otros, así como metales traza tipo arsénico, es resultado de la geología que caracteriza el área de proyecto. Cabe recordar que Yanacocha se trata de un yacimiento epitermal de alta sulfuración, generado por fluidos hidrotermales ácidos. Entre los metales que pueden contener se encuentran el cobre, plomo, zinc, arsénico, etc. y altas cantidades de azufre en estado oxidado. Algunos minerales comunes en este tipo de yacimiento son el cuarzo, alunita, pirita y enargita.

### 3.2.5.5 Ruido Ambiental

La presente subsección describe las condiciones de línea base de ruido ambiental previas al inicio de las actividades propuestas como parte de la II MEIA de Yanacocha, su desarrollo considera lo establecido en los Términos de Referencia (TDR) comunes para los Estudios de Impacto Ambiental Detallados (Categoría III) de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General Mineros Metálicos a nivel de Factibilidad, publicados mediante Resolución Ministerial N° 116-2015-MEM/DM.

#### Red de Muestreo

##### **Estaciones de Muestreo de Seguimiento y Control (MYSRL)**

Para caracterizar las condiciones de línea base de ruido ambiental se consideran un total de veintidós (22) estaciones de muestreo, diez (10) estaciones (RHA, RHB, Rkm24, RSH-AP, RGRA, RCO, RCA, RPO, RZ y RSJ) provenientes del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control ejecutado por MYSRL, vigente hasta antes de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (marzo de 2019), y doce (12) estaciones de línea base (GRPO-R01, SHIL-R02, APAL-R03, CUSH-R04, PBCO-R05, PRCO-R06, BELL-R07, QCOR-R09, TUAL-R11, CARH-R12, TREST-R13 y PRCA-R14) provenientes de la I MEIA Yanacocha, estas últimas sirven para ampliar la evaluación de los niveles de ruido ambiental hasta áreas con potenciales receptores específicos en zonas colindantes a la Unidad Minera Yanacocha.

La justificación correspondiente al periodo de registro de evaluación de las condiciones de línea base de ruido ambiental se basan en el mismo sustento legal considerado para calidad de aire (ver Subsección 3.2.5.1, *Calidad de Aire*). Considerando el criterio de evaluación más conservador (abarcando como mínimo dos épocas de estiaje y de lluvia) se asegura que el registro histórico empleado para la evaluación de ruido ambiental es adecuado, consistente y representativo del área del Proyecto, mostrando una tendencia congruente asociada a la estacionalidad. El periodo de registro considerado para la evaluación de este componente ambiental está comprendido entre el primer trimestre de 2012 y el cuarto trimestre de 2018.

El consolidado de las estaciones de muestreo de ruido ambiental consideradas para la caracterización de la línea base de la II MEIA Yanacocha se presenta en la Tabla 3.2.5.5-1, *Estaciones de Muestreo de Ruido Ambiental*. Asimismo, en la Figura 3.2.5.5-1, *Estaciones de Muestreo de Ruido Ambiental*, se muestra su distribución espacial.

**Tabla 3.2.5.5-1 Estaciones de Muestreo de Ruido Ambiental**

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Zona de Aplicación	Periodo de Evaluación
		Este	Norte			
Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control - MYSRL <sup>1</sup>						
RHA	En el caserío Huambocancha Alta a 2 m de la carretera, frente a la iglesia y a la escuela del caserío.	769835	9214490	2,936	Zona Residencial	1er trimestre 2012 al 4to Trimestre del 2018
RPB	En el caserío Porcón Bajo, a 2 m de la carretera, frente a la Iglesia y Escuela del caserío.	767424	9215726	3,197		



Código	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Zona de Aplicación	Periodo de Evaluación
		Este	Norte			
RKm24	En el Km24 de la carretera Cajamarca – Bambamarca.	765512	9220192	3,612	Zona Industrial	
RSH-AP	Al Noroeste del serpentín 1 La Quinua; en el acceso del depósito y margen izquierdo de Qda. Shillamayo.	770411	9228266	3,591		
RGRA	En río Grande, a 450 m aguas arriba del Dique Río Grande.	771873	9221159	3,290		
RCO	Ubicada al Norte de la Plataforma de Lixiviación Yanacocha.	774195	9230575	3,965		
RCA	Ubicada al Noreste del Tajo Maqui Maqui.	778123	9231262	4,048		
RPO	Ubicada al Este de la Plataforma de Lixiviación Maqui Maqui.	780823	9229428	4,017		
RZ	Al Sureste del tajo Chaquicocha cerca al acceso que lleva hacia el dique río Azufre.	779556	9224774	3,787		
RSJ	Ubicada al Sur del Reservorio San José, en el depósito de desmonte Sam José Sur.	775700	9223902	3,974		
Línea Base I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019)						
CUSH-R04	Ubicado en el I.E. N°821364 Cushuro Quehuilla, en el caserío Cushurobamba	778346	9233830	3,882	Zona de Protección Especial	18-19/09/2017
PRCO-R06	Ubicado en el caserío Porvenir de Combayo	782864	9224648	3,617		25-26/09/2017
TUAL-R11	Ubicado en el caserío Tual	770030	9218322	3,450		04-05/10/2017
GRPO-R01	Ubicado en la Granja Porcón	761106	9222650	3,253	Zona Residencial	28-29/09/2017
SHIL-R02	Ubicado en el sector La Pajuela	770976	9229219	3,627		16-17/09/2017
APAL-R03	Ubicado en el caserío La Quinua	772730	9232102	3,717		29-30/09/2017
PBCO-R05	Ubicado en el caserío Pabellón de Combayo	782869	9226824	3,772		03-04/09/2017
BELL-R07	Ubicado en el caserío Bellavista alta	783981	9223586	3,562		12-13/09/2017
QCOR-R09	Ubicado en el caserío Quishuar Corral	771858	9223091	3,458		26-27/09/2017
CARH-R12	Ubicado en el caserío Carhuaquero	777336	9219430	3,500		19-20/09/2017
TREST-R13	Ubicado en el caserío Tres Tingos	779586	9222689	3,637		22-23/09/2017
PRCA-R14	Ubicado en el caserío Porcón Alto	765477	9217461	3,510		20-21/09/2017
Nota: ¹ Programa de Monitoreo vigente hasta antes de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (marzo 2019).						

Es importante indicar que los informes correspondientes a los muestreos realizados en el periodo 2012 - 2018 ya han sido presentados a la autoridad respectiva según la frecuencia establecida en los compromisos del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control ejecutado por MYSRL. Los cargos de la presentación de los informes se adjuntan en el Apéndice H, Informes de Monitoreo – Anexo H.5, Cargos de Informes de Monitoreo.

Los informes emitidos por el laboratorio SGS correspondiente al muestreo realizado en las estaciones de línea base de la I MEIA Yanacocha se presentan en el Apéndice H, Informes de Monitoreo – Anexo H.1 Informe de Monitoreo de Calidad de Aire, Ruido y Vibraciones.

## **Metodología**

Para el análisis y presentación de la información de ruido ambiental disponible, se procedió a actualizar la base de datos considerando los registros del año 2018 para las diez (10) estaciones que forman parte del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control implementado por MYSRL. Asimismo, a fin de complementar y cotejar los resultados del programa de monitoreo se procesaron los registros de las mediciones correspondientes al muestreo realizado el año 2017, en las doce (12) estaciones de línea base ubicadas áreas con potenciales receptores específicos cercanos a la Unidad Minera Yanacocha.

## **Marco normativo**

En cuanto al marco normativo empleado para la caracterización de las condiciones de ruido ambiental para la II MEIA Yanacocha, se emplea la siguiente normativa:

- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, DS N° 085-2003-PCM.

Asimismo, este reglamento hace referencia a los criterios descritos en las siguientes normas técnicas:

- ISO 1996-1/1982: Acústica – Descripción y Mediciones de Ruido Ambiental, Parte I: Magnitudes Básicas y Procedimientos.
- ISO 1996-2/1987: Acústica – Descripción y Mediciones de Ruido Ambiental, Parte II: Recolección de datos pertinentes al uso de suelo.

## **Lineamientos de Niveles de Ruido**

Para la evaluación de los resultados obtenidos en las estaciones de muestreo de ruido ambiental, se han considerado los lineamientos establecidos en el DS N° 085-2003-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, que establece valores de emisión sonora en horarios diurno y nocturno. Asimismo, la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para niveles de emisión sonora diferencian cuatro (04) zonas: comercial, industrial, de protección especial y residencial.

Para efectos de evaluación, las zonas de aplicación consideras son:

- Zona de protección especial: Aplicable para las estaciones CUSH-R04, PRCO-R06 y TUAL-R11, emplazadas cerca a colegios de los centros poblados,
- Zona residencial: Aplicable para las estaciones RHA, RPB, GRPO-R01, SHIL-R02, APAL-R03, PBCO-R05, BELL-R07, QCOR-R09, CARH-R12, TREST-R13 y PRCA-R14, ubicadas cerca a los centros poblados.
- Zona industrial: Aplicable para las estaciones RKm24, RSH-AP, RGRA, RCO, RCA, RPO, RZ y RSJ, ubicadas cerca al área de operaciones de la Unidad Minera Yanacocha.

La Tabla 3.2.5.5-2, *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*, presenta los niveles de presión sonora aplicables al tipo de zona, en horario diurno y nocturno.

**Tabla 3.2.5.5-2 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido**

Zona de Aplicación <sup>1</sup>	Horario	
	Diurno <sup>2</sup> ( $L_{AeqT}$ ) <sup>4</sup>	Nocturno <sup>3</sup> ( $L_{AeqT}$ ) <sup>4</sup>
Zona de Protección Especial	50 dB	40 dB
Zona Residencial	60 dB	50 dB
Zona Comercial	70 dB	60 dB
Zona Industrial	80 dB	70 dB



Zona de Aplicación <sup>1</sup>	Horario	
	Diurno <sup>2</sup> (L <sub>AeqT</sub> ) <sup>4</sup>	Nocturno <sup>3</sup> (L <sub>AeqT</sub> ) <sup>4</sup>
<b>Notas:</b> <sup>1</sup> Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Ruido (DS N° 085-2003-PCM). <sup>2</sup> Se refiere al período de 07:01–22:00 horas. <sup>3</sup> Se refiere al período de 22:01–07:00 horas del día siguiente. <sup>4</sup> Nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A.		

### **Evaluación de Resultados**

Para la evaluación de los resultados registrados en las estaciones de monitoreo de ruido ambiental se consideran los estándares establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM (ver Tabla 3.2.5.5-2, *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*).

Los resultados de la evaluación de los niveles de ruido ambiental se presentan de forma diferenciada para horarios diurno y nocturno, presentándose las gráficas según las zonas de establecidas para las estaciones de muestreo (zona de protección especial, zona residencial y zona industrial).

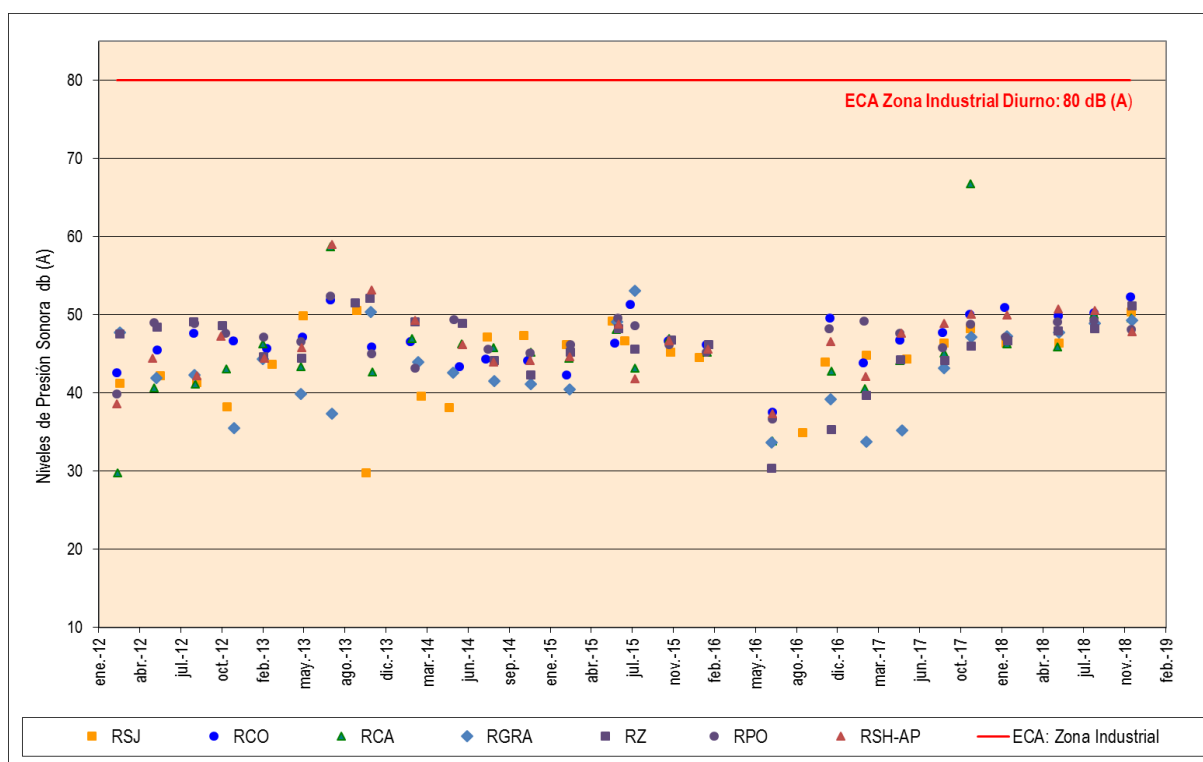
#### **Horario Diurno**

- **Zona Industrial – Con Voladura y Sin Voladura**

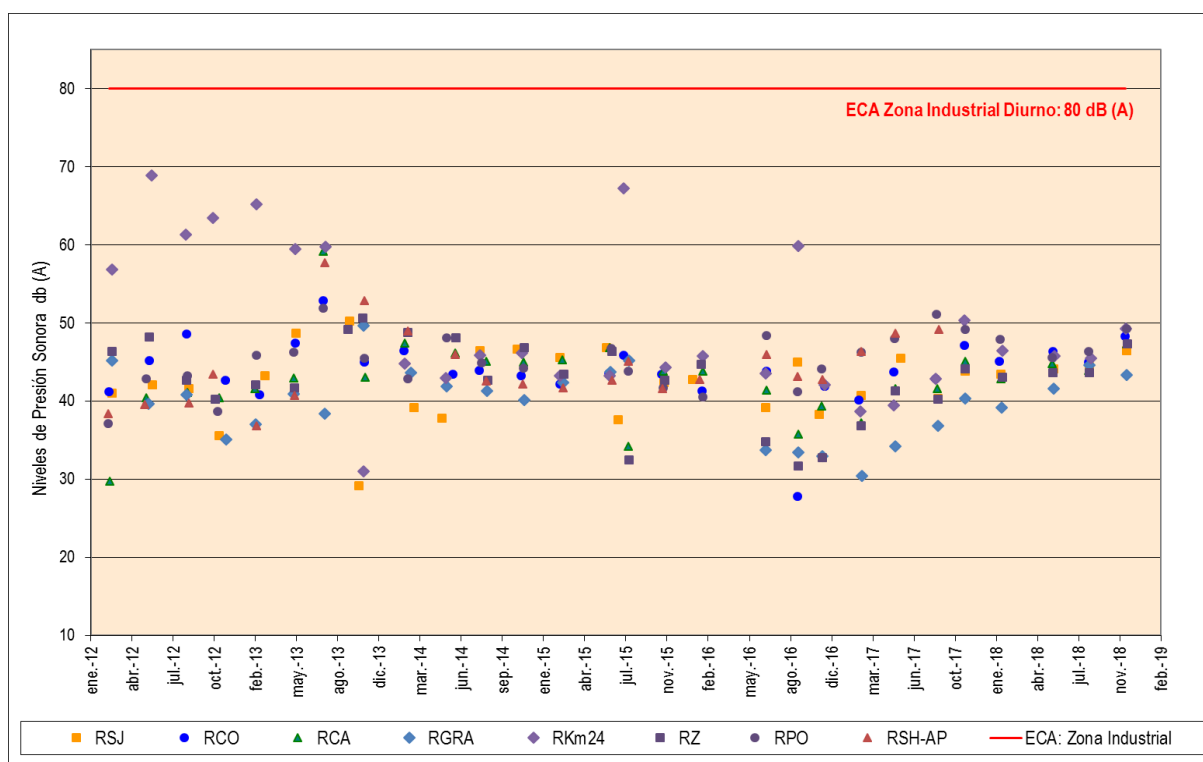
Se debe precisar que los registros en horario diurno, con y sin voladura, han sido tomados en estaciones de muestreo aplicables a zona industrial (Rkm24, RSH-AP, RGRA, RCO, RCA, RPO, RZ y RSJ), y todas corresponden al Programa de Monitoreo de Control de Seguimiento de MYSRL.

Los resultados de niveles de ruido ambiental con voladura durante el periodo 2012 - 2018 registraron valores que fluctúan entre 29.8 dB(A) y 66.8 dB(A), ambos registrados en la estación RCA, en los meses de febrero de 2012 y julio de 2013, respectivamente. En ese sentido, no se registran excedencias al estándar establecido para zonas del tipo industrial (80 dB(A)), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-1, *Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial – Horario Diurno con Voladura*.

Cabe señalar que en la estación Rkm24 no se monitorea los niveles de ruido diurno con voladura, ya que la estación no se encuentra ubicada en el área de operaciones, sin embargo, se considera como zona industrial por su cercanía a la carretera Cajamarca-Bambamarca.

**Gráfico 3.2.5.5-1 Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial - Horario Diurno con Voladura**

Los valores diurnos de presión sonora sin voladura fluctúan entre 27.8 dB(A) y 68.9 dB(A), registros correspondientes a la estación RCO (setiembre 2016) y Rkm24 (mayo 2012), respectivamente (ver Gráfico 3.2.5.5-2, Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial – Horario Diurno sin Voladura ).

**Gráfico 3.2.5.5-2 Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial - Horario Diurno sin Voladura**

Nótese que los rangos de registro de los niveles de presión sonora con y sin voladura no presentan diferencias considerables en su amplitud y en todos los casos se cumple con el estándar de calidad ambiental para ruido en horario diurno (80 dB(A)) establecido para zonas de tipo industrial, lo que nos permite inferir que el efecto de las voladuras sobre los niveles de ruido ambiental es poco significativo, inclusive en las estaciones de muestreo más cercanas a las operaciones de la Unidad Minera Yanacocha, como RCO, RCA y RZ; esto resultados reflejan la efectividad de los controles implementados por MYSRL para el control de las voladuras.

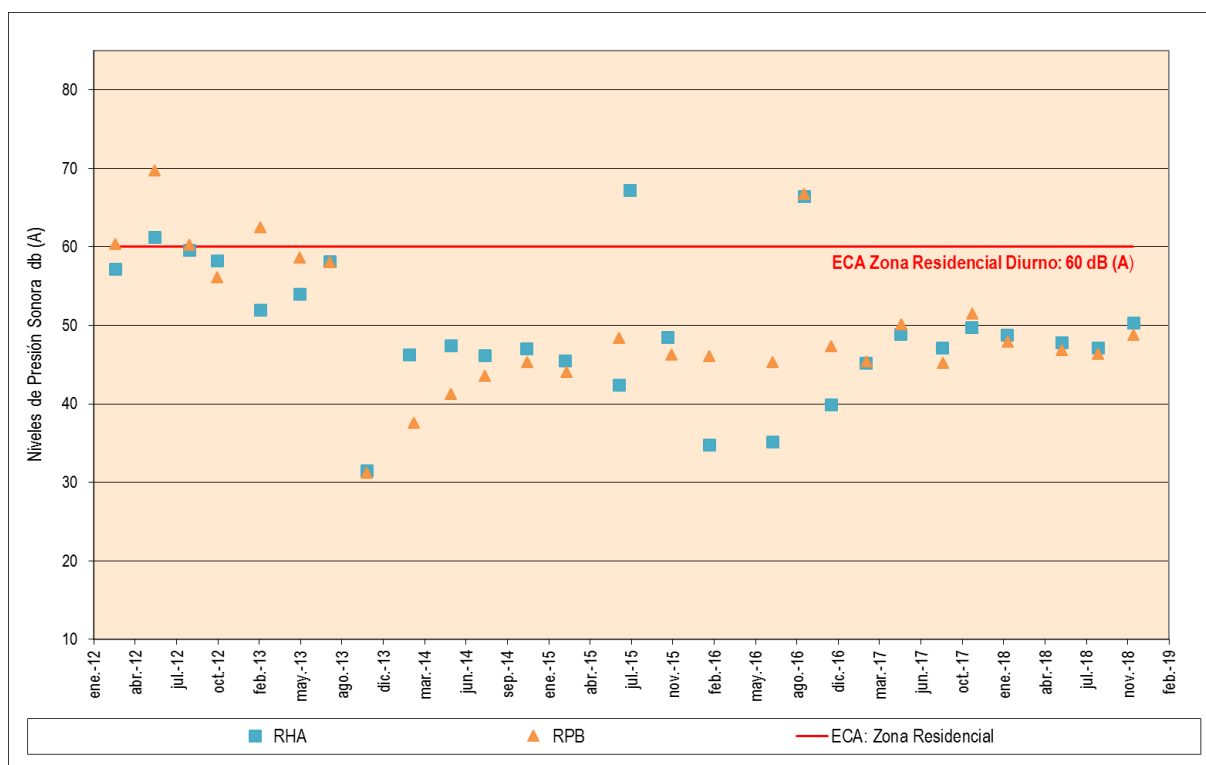
#### • Zona Residencial

Las estaciones de Zona Residencial corresponden al programa de monitoreo de MYSRL (RHA y RPB) y a la línea base de la I MEIA Yanacocha (GRP-R01, SHIL-R02, APAL-R03, PBCO-R05, BELL-R07, QCOR-R09, CARH-R12, TREST-R13, PRCA-R14), al encontrarse fuera del área de operaciones, el monitoreo realizado fue sin ocurrencia de voladuras.

Los resultados de niveles de ruido diurno sin la ocurrencia de voladuras durante el periodo 2012 – 2018 fluctúan entre 31.2 dB(A) y 69.7 dB(A), ambos valores registrados en la estación RPB, en los meses de octubre de 2013 y mayo de 2012, respectivamente,

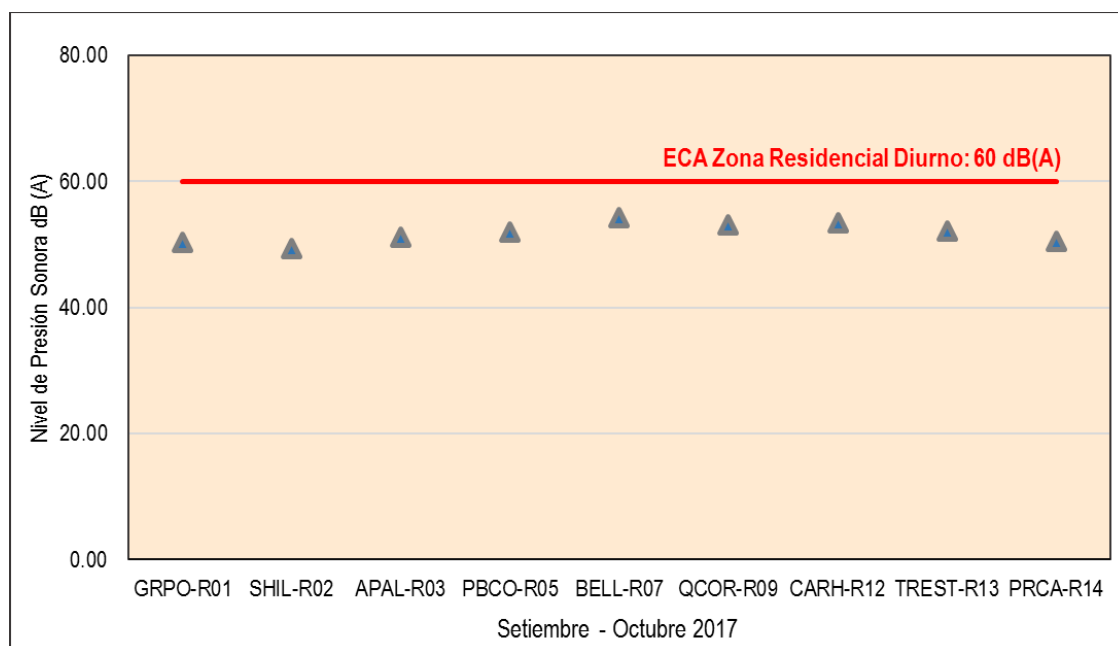
Las estaciones RHA y RPB han registrado algunos valores puntuales por encima del estándar de calidad ambiental para ruido establecido para una zona de tipo residencial en horario diurno (60 dB(A)), lo que estaría asociado a su cercanía a la vía interprovincial de la carretera Cajamarca - Bambamarca, en la cual transitan vehículos pesados y livianos influyendo directamente en el incremento de los niveles de presión sonora de forma ocasional (ver el Gráfico 3.2.5.5-3, *Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Diurno*).

**Gráfico 3.2.5.5-3 Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial - Horario Diurno**



Asimismo, los resultados de niveles de ruido diurno para la zona residencial registrados en las estaciones de línea base, fluctúan entre los 49.35 dB(A) y 54.24 dB(A), correspondientes a las estaciones SHIL-R02 y BELL-R07, respectivamente; cumpliendo en todos los casos con el estándar de calidad ambiental para ruido establecido (60 dB(A)), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-4, *Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Diurno (Estaciones de Línea Base)*.

**Gráfico 3.2.5.5-4 Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Diurno (Estaciones de Línea Base)**

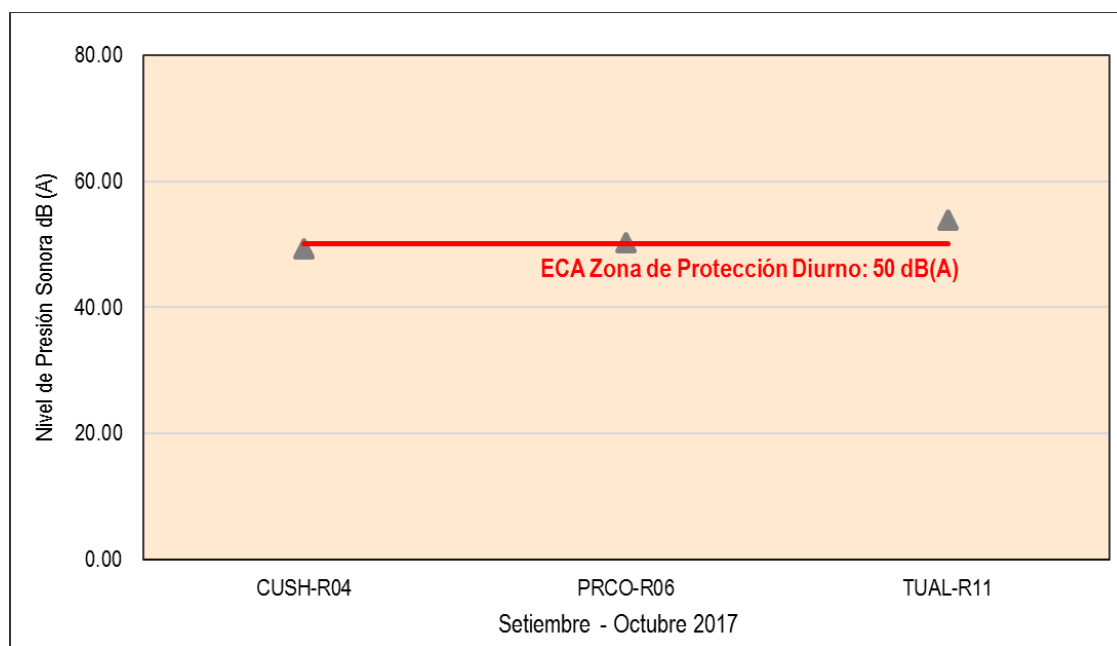


- Zona de Protección Especial**

En esta categorización se han evaluado los niveles de presión sonora registrados en las estaciones: CUSH-R04, PRCO-R06 y TUAL-R11, provenientes de la línea base ambiental de la I MEIA Yanacocha. Al respecto, las estaciones PRCO-R06 y TUAL-R11 registraron valores de 51.40 dB(A) y 51.33 dB(A), respectivamente, excediendo ligeramente el ECA aplicable (50dB(A)), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-5, *Niveles de Presión Sonora en Zona de Protección Ambiental – Horario Diurno (Estaciones de Línea Base)*.

Dichas excedencias están asociadas al ruido de fondo ocasionado por factores naturales como presencia de intensas ráfagas de vientos y precipitaciones durante el muestreo respectivo y, por ende, no necesariamente son atribuibles a las actividades de la unidad minera.

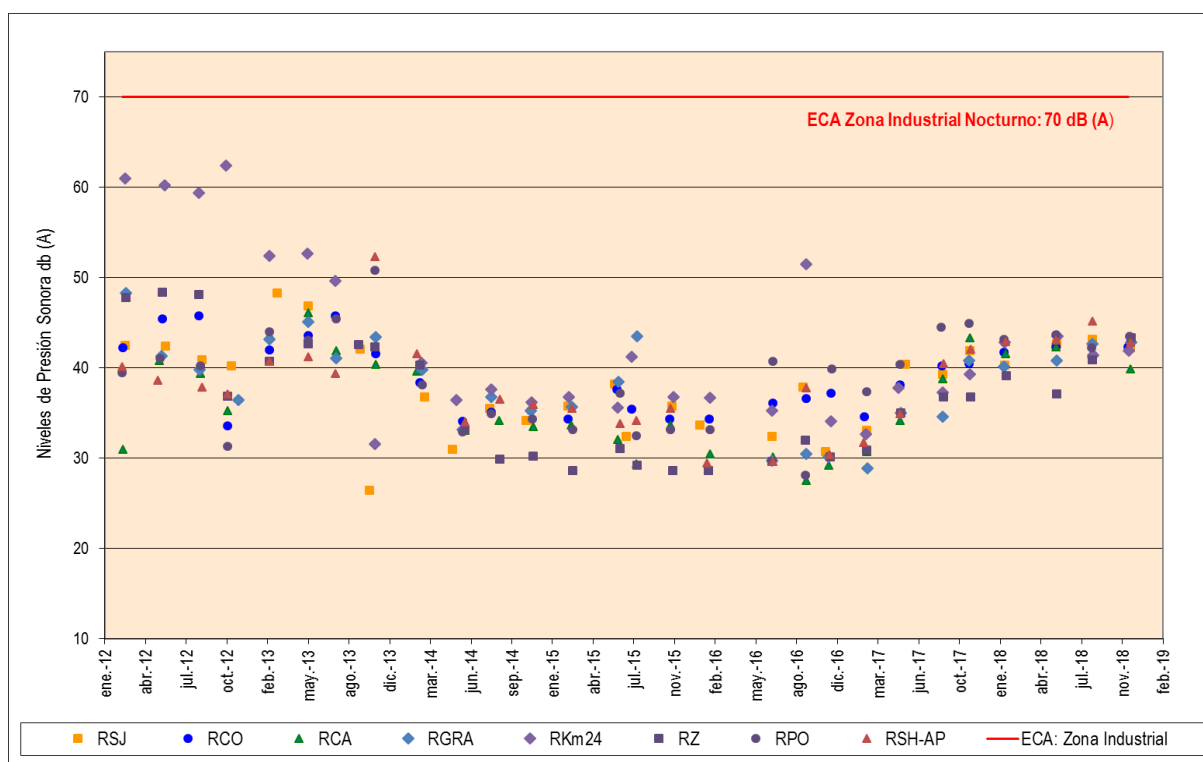
**Gráfico 3.2.5.5-5 Niveles de Presión Sonora en Zona de Protección Especial – Horario Diurno (Estaciones de Línea Base)**



#### Horario Nocturno

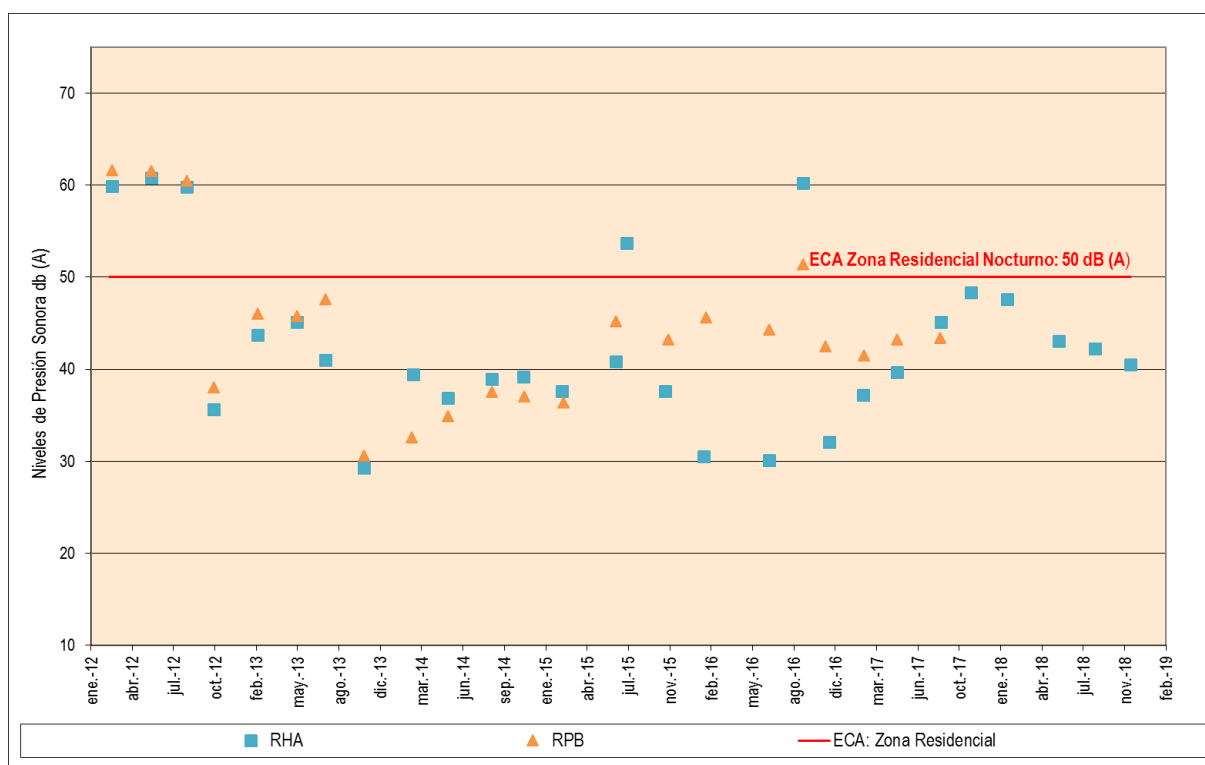
- Zona Industrial**

Para el caso de mediciones en horario nocturno, los resultados de niveles de ruido ambiental correspondientes a zona industrial, durante el periodo 2012 - 2018 fluctúan entre los 26.4 dB(A) y 62.4 dB(A), registrados en las estaciones RSJ (octubre 2013) y Rkm24 (octubre 2012), respectivamente, encontrándose por debajo del estándar de calidad ambiental para ruido, establecido para una zona de tipo industrial en horario nocturno equivalente a 70 dB(A), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-6, *Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial – Horario Nocturno*.

**Gráfico 3.2.5.5-6 Niveles de Presión Sonora en Zona Industrial - Horario Nocturno**

- Zona Residencial**

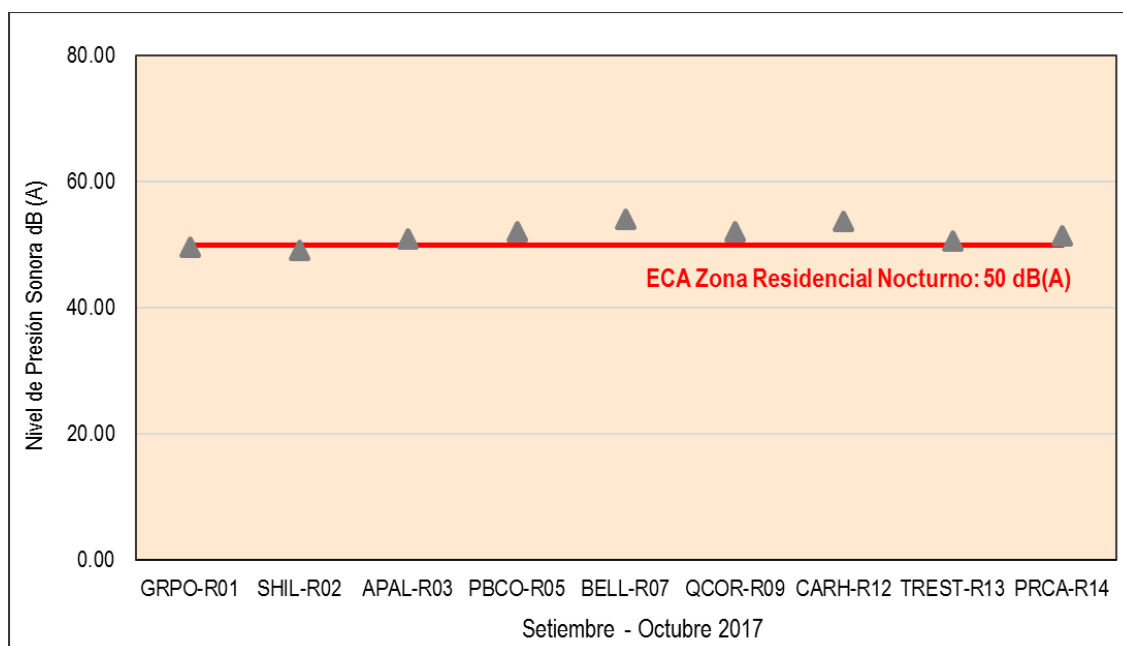
Los resultados de niveles de ruido nocturno para la zona residencial durante el periodo 2012-2018 fluctuaron entre 29.3 dB(A) y 61.6 dB(A), valores registrados en las estaciones RHA (octubre 2013) y RPB (febrero 2012), respectivamente. En el primer semestre del año 2012 se registraron valores por encima del estándar (entre los 60 y 61 dB(A)), posteriormente se registra un descenso significativo de los niveles de presión sonora, cumpliendo con el estándar de calidad ambiental para ruido establecido para una zona de tipo residencial en horario nocturno (50 dB(A)), a excepción de registros puntuales correspondientes al año 2015 y 2016, que sobrepasan dicho estándar. Se debe notar que estas excedencias coinciden con los registros tomados en horario diurno, en las que también se excedió el estándar aplicable; así pues, el incremento puntual de los niveles de ruido también está asociados a la cercanía que tienen las estaciones RHA y RPB a la vía interprovincial de la carretera Cajamarca - Bambamarca, en la cual transitan vehículos pesados y livianos, que influyen en el incremento de emisión sonora. Para más detalles de lo descrito ver el Gráfico 3.2.5.5-7, Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Nocturno.

**Gráfico 3.2.5.5-7 Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial - Horario Nocturno**

Para el caso de mediciones realizadas en las estaciones de línea base correspondiente a la categoría de zona residencial, los resultados de niveles de presión sonora fluctúan entre 49.11 dB(A) y 53.98 dB(A), registrados en las estaciones SHIL-R02 y BELL-R07, respectivamente; encontrándose que algunos en algunas de las estaciones se sobrepasan ligeramente el estándar de calidad ambiental para ruido establecido para una zona de tipo residencial en horario nocturno equivalente a 50 dB(A), esto se debería a factores naturales como precipitaciones en el momento del muestreo e intensas ráfagas de viento sobre el follaje y al tránsito esporádico de vehículos ligeros y el ruido de las bocinas emitidos por estos vehículos, no identificándose relación alguna con las operaciones mineras, tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-8, Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Nocturno (Estaciones de Línea Base..



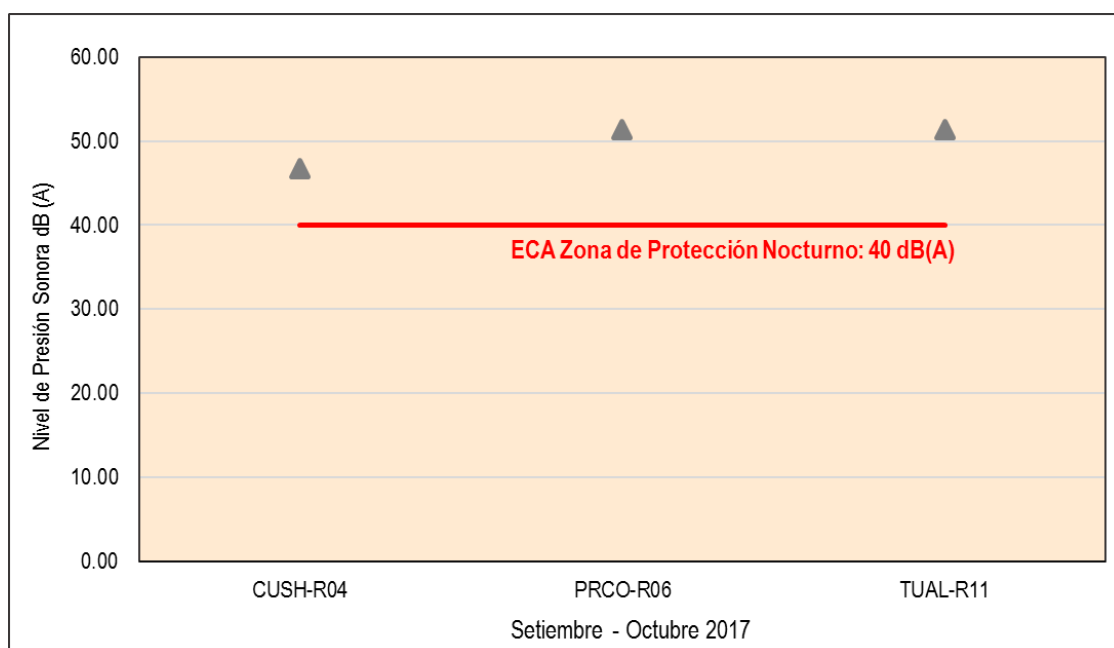
**Gráfico 3.2.5.5-8 Niveles de Presión Sonora en Zona Residencial – Horario Nocturno (Estaciones de Línea Base)**



- Zona de Protección Especial**

Para el caso de las estaciones provenientes de la línea base ubicadas en zonas de protección especial (CUSH-R04, PRCO-R06 y TUAL-R11), los niveles de presión sonora registrados sobrepasan el estándar de calidad ambiental para ruido en horario nocturno equivalente a 40 dB(A), esto se debería probablemente a factores naturales como precipitaciones en el momento del muestreo e intensas ráfagas de viento sobre el follaje, no identificándose relación alguna con las operaciones mineras, tal como se muestra en el Gráfico 3.2.5.5-9, Niveles de Presión Sonora en Zona de Protección Especial – Horario Nocturno (Estaciones de Línea Base).

**Gráfico 3.2.5.5-9 Niveles de Presión Sonora en Zona de Protección Especial – Horario Nocturno (Estaciones de Línea Base)**



## **Conclusiones**

Las mediciones de nivel de presión sonora equivalente efectuadas en horario diurno y nocturno, en zona industrial, en las estaciones RSJ, RCO, RGRA, RKM24, RSH-AP, RCA, RPO y RZ, registraron valores por debajo del lineamiento establecido en el ECA, 80 dB(A) y 70 dB(A), respectivamente.

Los registros diurnos y nocturnos han manifestado similar tendencia para zonas residenciales, correspondientes a las estaciones RHA y RPB, a partir del año 2013, salvo valores puntuales reportados en los años 2015 y 2016 (un registro por año) que escapan a la tendencia observada, y se encuentran por encima del ECA establecido. En referencia a las excedencias citadas, como parte del muestreo realizado en las estaciones de línea base se cuenta con la estación PRCA-R14 ubicada en el mismo sector y también cercana a la carretera Cajamarca-Bambamarca, en esta se cumple con el ECA establecido para zonas residenciales en horario diurno pero se registra una ligera excedencia del estándar en horario nocturno, en ese sentido, se puede inferir que las excedencias en las estaciones ubicadas en este sector son atribuibles al tránsito vehicular pesado y liviano de la carretera cercana, considerando además que las estaciones se encuentran a una distancia considerablemente significativa (mayor a 5 Km aproximadamente) del área de operaciones de MYSRL.

Asimismo, los resultados de niveles de ruido efectuadas en el horario diurno y nocturno, en zona de protección especial en las estaciones CUSH-R04, PRCO-R06 y TUAL-R11, registraron algunos valores ligeramente por encima del ECA aplicable, estas excedencias son atribuibles a factores naturales, ajenos a las operaciones de MYSRL.

### **3.2.6 Otros Aspectos**

#### **3.2.6.1 Pasivos Ambientales**

De acuerdo con la Actualización del Inventario Inicial de Pasivos Ambientales Mineros aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 102-2015-MEM/DM, no se han registrado pasivos ambientales en el área del Proyecto de la Unidad Minera Yanacocha.

#### **3.2.6.2 Niveles de Vibraciones**

El desarrollo de la presente sección describe las condiciones del nivel de vibraciones para la II MEIA, considerando lo establecido en los Términos de Referencia (TDR) comunes para los Estudios de Impacto Ambiental Detallados (Categoría III) de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General Mineros Metálicos a nivel de Factibilidad, publicados mediante R.M. N° 116-2015-MEM/DM.

El análisis de los resultados de los muestreos permitirá conocer los niveles de vibraciones en las condiciones previas a las actividades propuestas como parte de la II MEIA Yanacocha.

#### **Red de Muestreo de Niveles de Vibraciones**

Para la caracterización de las condiciones de línea base del área de estudio de la II MEIA se han considerado los registros recabados en un total de 17 estaciones de muestreo, de las cuales cinco (05) corresponden al Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL (V-01, V02a, V-03, V1 y VLQ), vigente hasta antes de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (marzo de 2019), y doce (12) estaciones corresponden a la línea base de la I MEIA (GRPO-V01, SHIL-V02, APAL-V03, CUSH-V04, PBCO-V05, PRCO-V06, BELL-V07, QCOR-V09, TUAL-V11, CARH-V12, TREST-V13 y PRCA-V14).

El periodo de registro considerado para la evaluación de los niveles de vibraciones va desde el segundo semestre de 2012 al segundo semestre de 2018. En ese sentido, la red de muestreo descrita previamente resulta apropiada para caracterizar las condiciones actuales de niveles de vibraciones, por ser representativa temporal y espacialmente, ver Figura 3.2.6.2-1, *Estaciones de Muestreo de Niveles de Vibraciones*.

La descripción detallada de las estaciones consideradas para la caracterización de los niveles de ruido se presenta en la Tabla 3.2.6.2-1, *Estaciones de Muestreo de Niveles de Vibraciones*.

Tabla 3.2.6.2-1 Estaciones de Muestreo de Niveles de Vibraciones

Código	Descripción	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Periodo de Evaluación
		Este	Norte		
Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control - MYSRL <sup>1</sup>					
V1	Aproximadamente a 200 m del PAD de Lixiviación Carachugo Etapa 9 y el cerro Mirador.	775571	9227774	3,856	Segundo semestre 2012 – Segundo semestre 2018
VLQ (V-2) <sup>3</sup>	Ubicado al sur del tajo La Quinua, a 240 m del reservorio Quishuar – La Quinua.	772458	9224314	3,623	
V-01	Al Sureste del Tajo Chaquicocha, cerca al acceso que lleva hacia el dique río Azufre	779556	9224774	3,787	
V02a (V-02) <sup>2</sup>	Ubicado al Este de la Plataforma de Lixiviación Maqui	780823	9229428	4,017	
V-03	Ubicada al Sur del reservorio San José, en el depósito de desmonte San José Sur	775700	9223902	3,974	
Línea Base MEIA Yanacocha (Stantec, 2019)					
GRPO-V01	Ubicado en la Granja Porcón	761106	9222650	3,253	28/09/2017
SHIL-V02	Ubicado en el sector La Pajuela	770976	9229219	3,627	16-17/09/2017
APAL-V03	Ubicado en el caserío La Quinua	772730	9232102	3,717	30/09/2017
CUSH-V04	Ubicado en el caserío Cushurubamba	778346	9233830	3,882	18/09/2017
PBCO-V05	Ubicado en el caserío Pabellón de Combayo	782869	9226824	3,772	03/10/2017
PRCO-V06	Ubicado en el caserío Porvenir de Combayo	782864	9224648	3,617	25/09/2017
BELL-V07	Ubicado en el caserío Bellavista alta	783981	9223586	3,562	13/10/2017
QCOR-V09	Ubicado en el caserío Quishuar Corral	771858	9223091	3,458	26/09/2017
TUAL-V11	Ubicado en el caserío Tual	770030	9218322	3,450	04/10/2017
CARH-V12	Ubicado en el caserío Carhuaquero	777336	9219430	3,500	20/09/2017
TREST-V13	Ubicado en el caserío Tres Tingos	779586	9222689	3,637	22/09/2017
PRCA-V14	Ubicado en el caserío Porcón Alto	765477	9217461	3,510	21/09/2017
Nota:					
<sup>1</sup> Programa de monitoreo vigente hasta antes de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (marzo 2019).					
<sup>2</sup> La estación V-02a reemplaza a la estación V-02.					
<sup>3</sup> La estación VLQ reemplaza a la estación V-2.					

Es importante indicar, que los informes correspondientes al muestreo del periodo 2012 al 2018 ya han sido presentados a la autoridad respectiva con la frecuencia establecida en los compromisos del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control ejecutado por MYSRL. Los cargos de la presentación de los informes se adjuntan en el Apéndice H, Informes de Monitoreo – Anexo H.5, *Cargos de Informes de Monitoreo*.

Los informes emitidos por el laboratorio SGS correspondiente al muestreo de línea base de la I MEIA se presentan en el Apéndice H, Informes de Monitoreo – Apéndice H.1 *Informe de Monitoreo de Calidad de Aire, Ruido y Vibraciones*.

### Metodología

Para el análisis y presentación de la información recabada en las estaciones de muestreo se actualizó la base de datos elaborada en Excel hasta el 2018, considerando la información consignada en los informes cursados a la autoridad competente (ver Apéndice H, *Informes de Monitoreo – Anexo H.5 Cargos de Informes de Monitoreo*).

Las normas especializadas internacionales más usadas y vigentes para medir los efectos de las vibraciones son la ISO-2631-2 y DIN 4150-3, la primera establece límites para la percepción humana asociada a las aceleraciones mientras que la segunda propone valores indicativos para evaluar el efecto de las vibraciones, en estructuras, asociadas a acciones de carácter internas o externas.

En el presente documento se consideró como norma de comparación lo establecido en la ISO 2631-2, norma recomendada en los Términos de Referencia (TDR) comunes para los Estudios de Impacto Ambiental Detallados (Categoría III) de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General Mineros

Metálicos a nivel de Factibilidad, publicados en la R.M. N° 116-2015-MEM/DM. Cabe aclarar que no se ha realizado la comparación de los resultados con la norma técnica alemana DIN 4150-3 puesto que se requeriría contar con niveles de vibración basados en el parámetro de la velocidad pico de partícula (VPP) expresados en mm/s, lo cual no ha sido registrado como parte del programa de monitoreo de control y seguimiento de Yanacocha. Sin embargo, como parte del desarrollo del modelo de simulación de los niveles de vibración generados por voladuras, éstas se han evaluado según lo dispuesto en la norma alemana en mención (ver Subsección 8.2.2, *Voladuras*, del Apéndice V, *Modelaciones – Anexo V.2, Modelamiento de Ruido Ambiental y Vibraciones*).

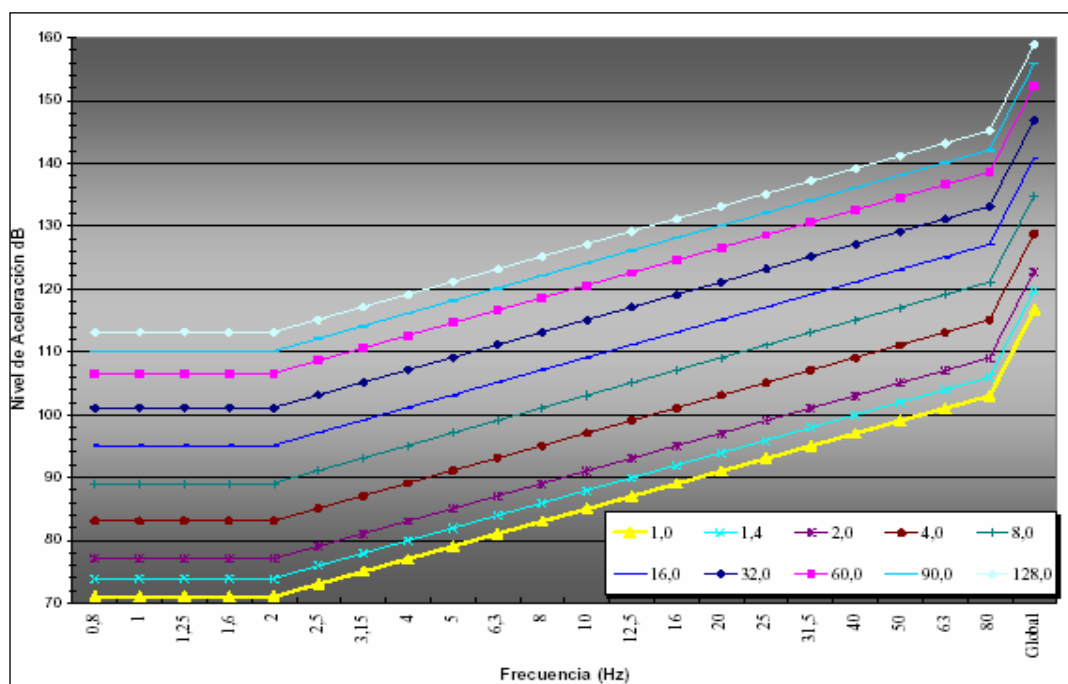
### Marco Referencial

La evaluación de los niveles de vibración reportados en las estaciones consideradas para la línea base de la II MEIA, se realizó conforme a lo establecido en la Norma ISO 2631- 2 "Evaluación de exposición humana a vibraciones del cuerpo entero, Parte 2: Vibración continua e inducida por impacto en edificios (1 a 80 Hz)", la cual es aplicable a la exposición de seres humanos a vibraciones de cuerpo entero y a los choques en los edificios desde el punto de vista del confort y de las molestias de los ocupantes.

Las curvas basales según la ISO 2631-2 representan magnitudes de aproximadamente igual respuesta del individuo con respecto a las molestias y/o quejas por interferencias en sus actividades, de modo de tener las magnitudes de vibración expresadas en términos de múltiplos de estas curvas base. El criterio definido en ISO 2631-2 se basa en elevar estas curvas multiplicándolas por un factor. Para valores por debajo de estas curvas, es probable que no aparezca queja (Ver Tabla 3.2.6.2-2, Estándar ISO 2631-2 y Gráfico 3.2.6.2-1, Curvas Basales Según ISO 2631-2).

**Tabla 3.2.6.2-2 Estándar ISO 2631-2**

Uso del recinto afectado	Periodo	Curva Base
Área Crítica de Trabajo	Diurno	1
	Nocturno	1
Residencial	Diurno	2
	Nocturno	1.4
Oficinas	Diurno	4
	Nocturno	4
Almacén y Comercial	Diurno	8
	Nocturno	8
Fuente: ISO 2631-2.		

**Gráfico 3.2.6.2-1 Curvas Basales Según ISO 2631-2**

Es necesario indicar que, los niveles de vibración obtenidos son expresados en decibeles (dB) y se representa con la siguiente fórmula matemática:

$$La = 20 \log (a / a_{ref}) \text{ (dB)}$$

Donde:

La: Nivel de vibración

a: Valor efectivo de la vibración medida

a<sub>ref</sub>: Valor efectivo de la vibración de referencia, igual a 10<sup>-6</sup> (m/s<sup>2</sup>)

### **Evaluación de Resultados**

La evaluación de los resultados obtenidos en las estaciones del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL y en las estaciones de línea base de la I MEIA consideran lo referido en la Tabla 3.2.6.2-2, *Estándar ISO 2631-2*.

En vista que los registros de niveles de vibración no cuentan con información sobre las frecuencias (Hz) en las que fueron hechas las mediciones, no fue posible construir las curvas de resultados para cada medición efectuada en todas las estaciones de muestreo y así poder compararlas con las curvas base de la norma ISO 2631-2 del Gráfico 3.2.6.2-1, *Curvas Basales Según ISO 2631-2*, por esta razón, para poder realizar una evaluación de los resultados de los muestreos de vibraciones se tomará en cuenta de manera referencial los niveles de vibración globales [dB] de la curva base que le corresponda.

### **Red de Muestreo del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control (MYSRL)**

Los resultados de las mediciones de los niveles de vibraciones realizadas entre el 2012 y 2018, en las cinco (05) estaciones evaluadas como parte del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL y su correspondiente equivalencia calculada teniendo en cuenta de manera referencial los niveles de vibraciones globales [dB] de la curva base para fines de comparación con lo establecido en la ISO 2631-2, se presentan en la Tabla 3.2.6.2-3, *Resultado del Muestreo de Niveles de Vibraciones*.

Tabla 3.2.6.2-3 Resultado del Muestreo de Niveles de Vibraciones

Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Nivel de aceleración (dB) <sup>1</sup>	Zona de Aplicación	Curva Base	Nivel según Curva Base ref. (dB)
V-01	Oct-12	09:50	0.0172	84.711	Almacén y comercial	8	135
	Feb-13	10:50	0.0211	86.486			
	May-13	13:12	0.0398	91.998			
	Jul-13	--	--	--			
	Set-13	13:41	0.0178	85.008			
	Oct-13	13:00	0.0096	79.645			
	Feb-14	13:00	0.0145	83.227			
	May-14	--	--	--			
	Jun-14	11:55	0.0139	82.860			
	Ago-14	07:55	0.0126	82.007			
	Nov-14	15:00	0.0118	81.438			
	Feb-15	12:50	0.0115	81.214			
	Jun-15	16:00	0.0103	80.257			
	Jul-15	15:55	0.0126	82.007			
	Oct-15	12:55	0.0123	81.798			
	Ene-16	12:55	0.0136	82.671			
	Jun-16	10:50	0.0131	82.345			
	Nov-16	16:30	0.0122	81.727			
	Feb-17	16:30	0.0122	81.727			
	May-17	14:30	0.0127	82.076			
	Ago-17	15:30	0.0117	81.364			
V02a (V-02)	Oct-12	10:35	0.018	85.105	Almacén y comercial	8	135
	Feb-13	08:50	0.0507	94.100			
	May-13	14:07	0.0637	96.083			
	Jul-13	11:50	0.0654	96.312			
	Set-13	--	--	--			
	Oct-13	11:50	0.0232	87.310			
	Feb-14	08:00	0.0172	84.711			
	May-14	--	--	--			
	Jun-14	12:00	0.0164	84.297			
	Ago-14	12:00	0.0136	82.671			
	Nov-14	12:00	0.0139	82.860			
	Feb-15	10:00	0.0123	81.798			
	Jun-15	13:00	0.0116	81.289			
	Jul-15	11:55	0.0118	81.438			
	Oct-15	15:50	0.0116	81.289			
	Ene-16	15:50	0.0114	81.138			
	Jun-16	09:50	0.0102	80.172			
	Nov-16	17:30	0.0097	79.735			
	Feb-17	14:50	0.0097	79.735			
	May-17	15:30	0.0105	80.424			
V-03	Oct-12	12:50	0.0179	85.057	Almacén y comercial	8	135
	Feb-13	15:50	0.0589	95.402			
	May-13	12:06	0.0381	91.618			
	Jul-13	--	--	--			

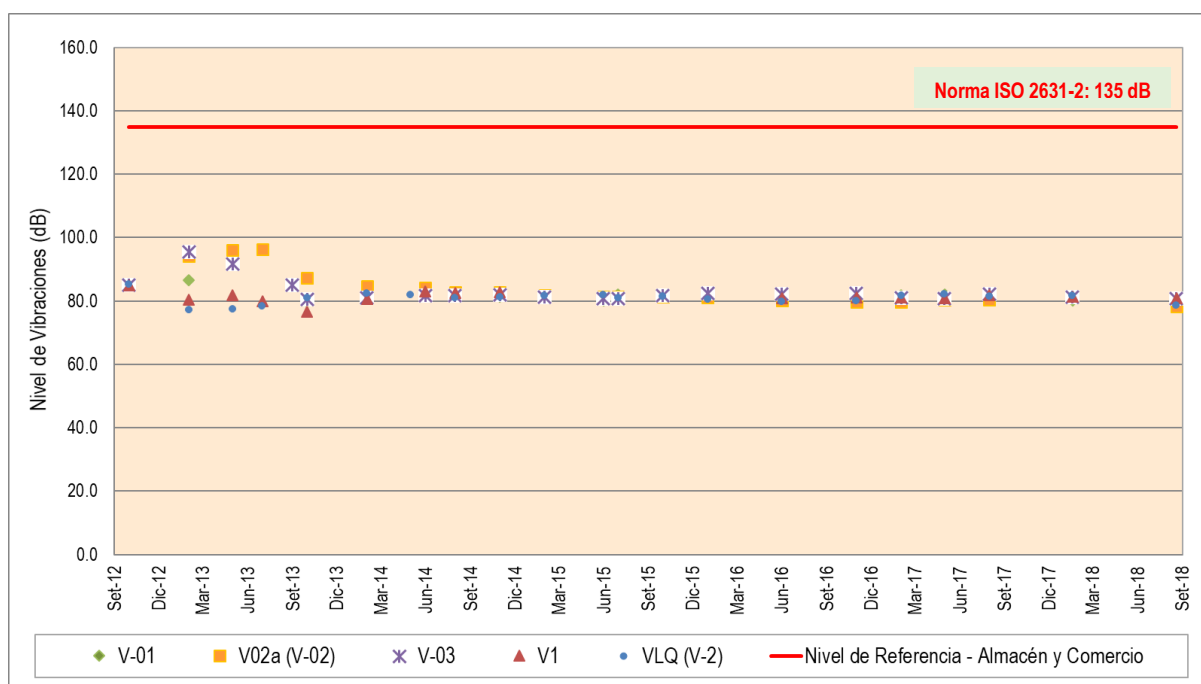
Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Nivel de aceleración (dB) <sup>1</sup>	Zona de Aplicación	Curva Base	Nivel según Curva Base ref. (dB)
	Set-13	16:01	0.0178	85.008			
	Oct-13	08:20	0.0107	80.588			
	Feb-14	16:00	0.0112	80.984			
	May-14	--	--	--			
	Jun-14	12:00	0.0123	81.798			
	Ago-14	08:00	0.0121	81.656			
	Nov-14	11:00	0.0126	82.007			
	Feb-15	13:00	0.0116	81.289			
	Jun-15	13:00	0.0109	80.749			
	Jul-15	10:55	0.0109	80.749			
	Oct-15	11:55	0.0121	81.656			
	Ene-16	11:55	0.0132	82.411			
	Jun-16	14:50	0.0129	82.212			
	Nov-16	18:00	0.0132	82.411			
	Feb-17	16:30	0.0112	80.984			
	May-17	14:20	0.0109	80.749			
	Ago-17	15:10	0.0127	82.076			
	Oct-17	12:15	0.0115	81.214			
	Ene-18	14:30	0.0109	80.749			
	Ago-18	13:30	0.0067	76.521			
V1	Oct-12	11:00	0.0176	84.910	Almacén y comercial	8	135
	Feb-13	12:50	0.0105	80.424			
	May-13	16:11	0.0122	81.727			
	Jul-13	13:55	0.0098	79.825			
	Set-13	--	--	--			
	Oct-13	13:55	0.0068	76.650			
	Feb-14	16:00	0.0109	80.749			
	May-14	--	--	--			
	Jun-14	12:00	0.0141	82.984			
	Ago-14	08:00	0.0133	82.477			
	Nov-14	10:00	0.0137	82.734			
	Feb-15	--	--	--			
	Jun-15	--	--	--			
	Jul-15	--	--	--			
	Oct-15	--	--	--			
	Ene-16	--	--	--			
	Jun-16	14:50	0.0112	80.984			
	Nov-16	07:00	0.0114	81.138			
	Feb-17	14:10	0.0114	81.138			
	May-17	14:10	0.0112	80.984			
	Ago-17	12:05	0.0123	81.798			
	Oct-17	16:20	0.0116	81.289			
	Ene-18	14:25	0.0111	80.906			
	Ago-18	13:20	0.0102	80.172			
VLQ (V-2)	Oct-12	10:50	0.0181	85.154	Almacén y comercial	8	135
	Feb-13	10:50	0.0072	77.147			
	May-13	11:23	0.0075	77.501			
	Jul-13	09:50	0.0082	78.276			
	Set-13	--	--	--			
	Oct-13	11:55	0.0111	80.906			
	Feb-14	13:00	0.0131	82.345			
	May-14	11:55	0.0126	82.007			
	Jun-14	--	--	--			



Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Aceleración (m/s²)	Nivel de aceleración (dB) <sup>1</sup>	Zona de Aplicación	Curva Base	Nivel según Curva Base ref. (dB)
	Ago-14	12:00	0.0111	80.906			
	Nov-14	15:00	0.0116	81.289			
	Feb-15	13:00	0.0123	81.798			
	Jun-15	11:00	0.0124	81.868			
	Jul-15	14:55	0.0113	81.062			
	Oct-15	14:50	0.0118	81.438			
	Ene-16	14:50	0.0105	80.424			
	Jun-16	14:50	0.0098	79.825			
	Nov-16	13:30	0.0101	80.086			
	Feb-17	14:30	0.0121	81.656			
	May-17	15:05	0.0128	82.144			
	Ago-17	14:10	0.0119	81.511			
	Oct-17	12:20	0.0121	81.656			
	Ene-18	14:30	0.0086	78.690			
	Ago-18	16:30	0.0106	80.506			
<b>Fuente:</b> Stantec, 2019. <b>Nota:</b> <sup>1</sup> Valor calculado a partir de la aceleración (m/s²).							

El Gráfico 3.2.6.2-2, *Resultados de Niveles de Vibraciones*, presenta los resultados de niveles de vibraciones obtenidos en las estaciones del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de MYSRL, y el estándar de comparación aplicable considerando que el uso del recinto afectado corresponde al de Almacén y Comercial para todas las estaciones en evaluación (ver Tabla 3.2.6.2-2, Estándar ISO 2631-2).

Así, la evaluar los niveles basales de vibraciones ubicadas en zona industrial (en su equivalente a almacén y comercial según ISO 2631-2) ha considerado la curva basal 8. Comparando los registros obtenidos se observa que, en todos los casos, estos se encuentran por debajo del nivel de referencia establecido (135 dB). En vista de la cercanía de las estaciones de muestreo a las operaciones de la Unidad Minera Yanacocha, estos resultados ponen en evidencia la efectividad de los controles en la operación para los trabajos de voladura.

**Gráfico 3.2.6.2-2 Resultados de Niveles de Vibraciones****Línea Base de la I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019)**

A continuación, se muestran los resultados de las mediciones de vibración registradas en las estaciones de línea base de la I MEIA Yanacocha, entre septiembre y octubre del 2017. Para su evaluación se tienen en cuenta de manera referencial los niveles de vibración globales [dB] de la curva base que le corresponda según lo establecido en la Tabla 3.2.6.2-4, *Resultado de Muestreo de Niveles de Vibraciones - Línea Base de la I MEIA*. Cabe indicar que este monitoreo se realizó en el marco de las políticas de responsabilidad social de MYSRL con el objetivo de cubrir áreas con potenciales receptores específicos colindantes a la Unidad Minera Yanacocha.

La curva a tomar en cuenta para cada estación de muestreo de vibraciones fue definida considerando la Tabla 3.2.6.2-2, *Estándar ISO 2631-2*, y teniendo como referencia la zona de aplicación establecida para cada estación en la evaluación de ruido ambiental (ver Subsección 3.2.5.6, *Ruido Ambiental*). En la Tabla 3.2.6.2-4, *Resultado de Muestreo de Niveles de Vibraciones - Línea Base de la I MEIA*, se presenta el nivel de referencia considerado para la evaluación de cada una de las estaciones.

**Tabla 3.2.6.2-4 Resultado de Muestreo de Niveles de Vibraciones - Línea Base de la I MEIA**

Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Con Voladura (dB)	Zona de Aplicación	Curva Base	Nivel según Curva Base Ref. (dB)
CUSH-V04	18-sep	11:00	69.80	Área Crítica de Trabajo	1	117
PRCO-V06	25-sep	13:00	69.70			
TUAL-V11	04-oct	15:00	68.40			
GRPO-V01	28-sep	15:00	71.10	Residencial	2	122
SHIL-V02	16-sep	13:00	68.60			
APAL-V03	30-sep	12:00	69.50			
PBCO-V05	03-oct	12:00	69.30			
BELL-V07	13-oct	15:00	69.33			
QCOR-V09	26-sep	16:00	69.29			
TUAL-V11	04-oct	15:00	68.40			
CARH-V12	20-sep	13:00	70.60			
TREST-V13	22-sep	12:00	69.60			

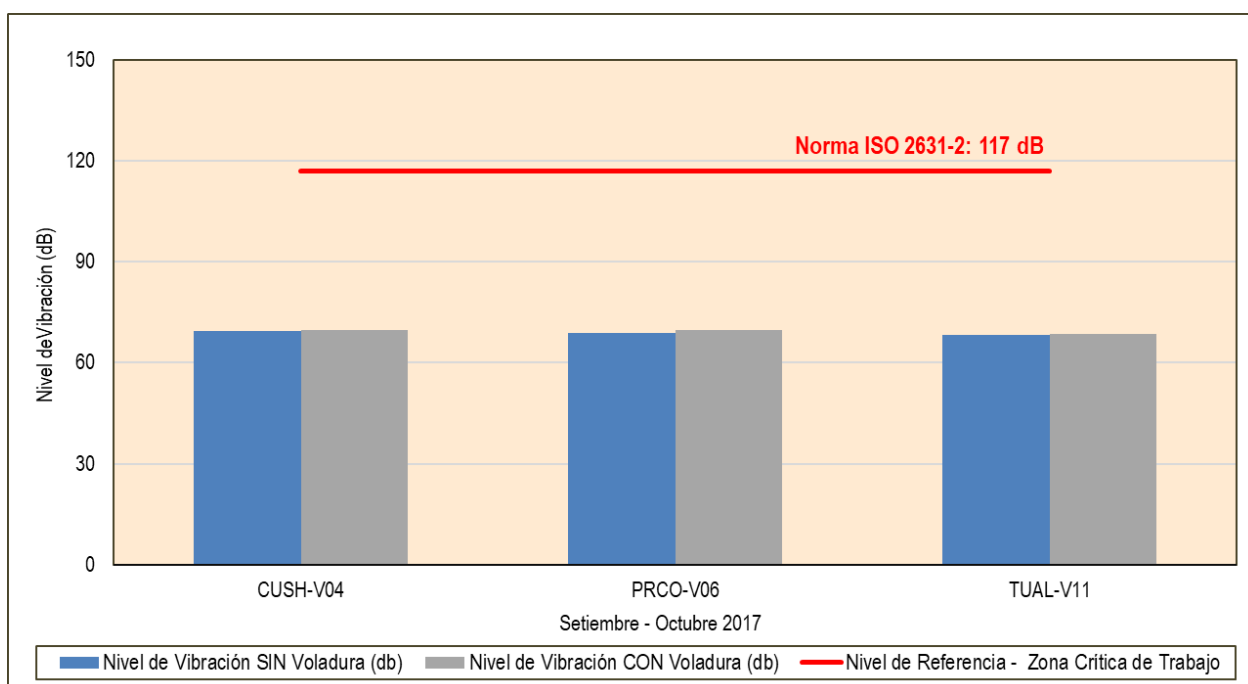
Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Con Voladura (dB)	Zona de Aplicación	Curva Base	Nivel según Curva Base Ref. (dB)
PRCA-V14	21-sep	21-sep	68.40			
Estaciones de Muestreo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Sin Voladura (dB)	Zona de Aplicación	Curva Base para Vibración	Nivel Según Curva Base Referencial
CUSH-V04	18-sep	12:00	69.50	Área Crítica de Trabajo	1	117
PRCO-V06	25-sep	14:00	68.94			
TUAL-V11	04-oct	16:00	68.17			
GRPO-V01	28-sep	15:00	69.66	Residencial	2	122
SHIL-V02	17-sep	10:00	68.20			
APAL-V03	30-sep	13:00	68.80			
PBCO-V05	03-oct	14:00	68.10			
BELL-V07	13-oct	16:00	68.30			
QCOR-V09	26-sep	17:00	68.60			
TUAL-V11	04-oct	16:00	68.17			
CARH-V12	20-sep	11:00	69.90			
TREST-V13	22-sep	13:00	69.30			
PRCA-V14	21-sep	14:00	70.10			
Fuente: Stantec, 2019.						

Seguidamente se presenta una breve descripción de los resultados de los niveles de vibración con y sin voladura obtenidos en las doce (12) estaciones de línea base de la I MEIA Yanacocha, diferenciando su zona de aplicación:

- Zona Crítica de Trabajo**

Tal como se observa en la Tabla 3.2.6.2-5, *Resultado de Muestreo de Niveles de Vibraciones - Línea Base de la I MEIA*, los niveles de vibración con y sin voladuras registrados en las estaciones CUSH-V04, PRCO-V06 y TUAL-V11, correspondientes a Zona Crítica de Trabajo (Curva basal 1), se presentan por debajo de los niveles máximos establecidos por la norma internacional ISO 2631-2 (117 dB), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.6.2-3, *Niveles de Vibraciones CON y SIN Voladura – Área Crítica de Trabajo*.

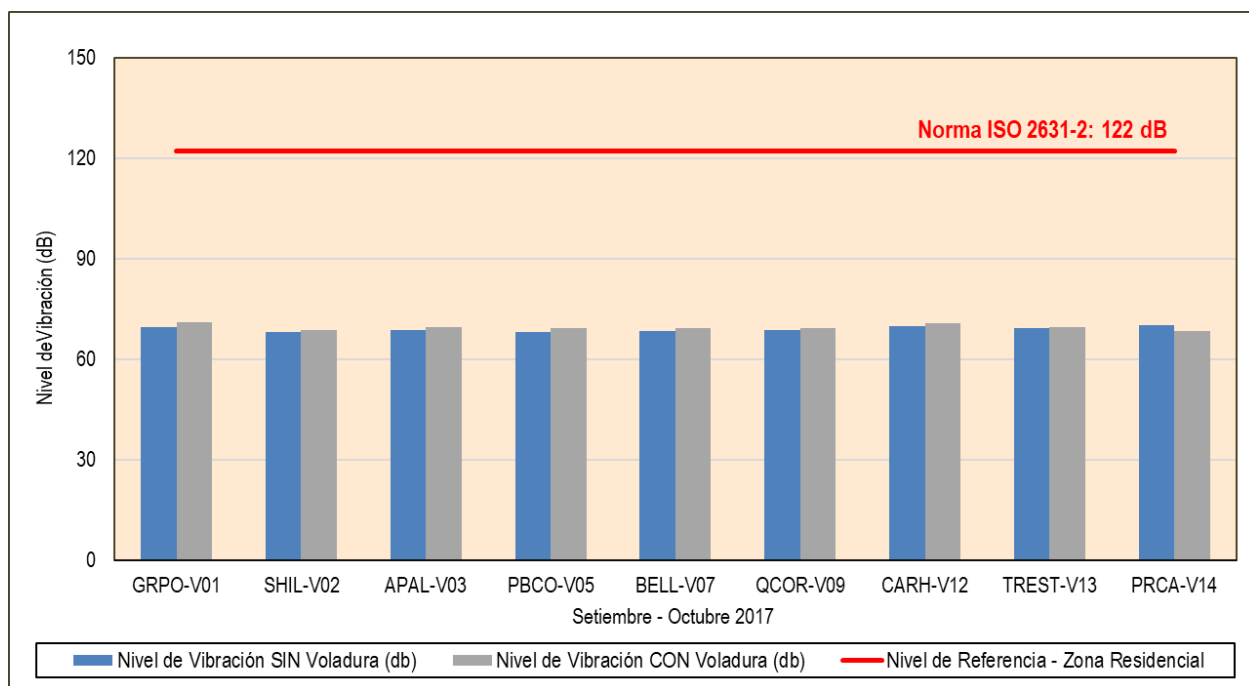
**Gráfico 3.2.6.2-3 Niveles de Vibraciones CON y SIN Voladura – Área Crítica de Trabajo**



- **Zona Residencial**

Los resultados de niveles de vibraciones con y sin voladuras en las estaciones GRPO-V01, SHIL-V02, APAL-V03, PBCO-V05, BELL-V07, QCOR-V09, CARH-V12, TREST-V13 y PRCA-V14, correspondientes a Zona Residencial (Curva basal 2), se presentan por debajo de los niveles máximos establecidos por la norma internacional ISO 2631-2 (122 dB), tal como se muestra en el Gráfico 3.2.6.2-4, Niveles de Vibraciones CON y SIN Voladura – Zona Residencial.

**Gráfico 3.2.6.2-4 Niveles de Vibraciones CON y SIN Voladura – Zona Residencial**



### **Conclusiones**

Los resultados obtenidos para las estaciones que forman parte del Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control ejecutado por MYSRL, fluctuaron entre 76.52 y 96.31 dB, valores correspondientes a la estación V03 y V02a, respectivamente. Encontrando así, que la totalidad de los registros de vibraciones están por debajo del nivel de referencia considerado (135 dB) para la categoría de Almacén y Comercial (ver Tabla 3.2.6.2-2, *Estándar ISO 2631-2*).

En cuanto a los resultados de niveles de vibraciones en las estaciones de línea base se puede observar que los registros con voladura son ligeramente superiores a los tomados sin voladura, sin embargo, todos se encontraron por debajo de los niveles máximos establecidos por la norma internacional ISO 2631-2. Cabe indicar que para la evaluación de estos resultados las estaciones CUSH-V04, PRCO-V06 y TUAL-V11, se categorizaron como Área Crítica de Trabajo (Curva basal 1), mientras que las estaciones GRPO-V01, SHIL-V02, APAL-V03, PBCO-V05, BELL-V07, QCOR-V09, TUAL-V11, CARH-V12, TREST-V13 y PRCA-V14, fueron categorizadas como Residencial (Curva basal 2).

### **3.2.6.3 Sismicidad**

El desarrollo de esta subsección tiene como objetivo describir las características sísmicas y analizar el riesgo sísmico en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha, considerando el enfoque probabilístico y determinístico.

A continuación, se desarrolla la sismotectónica regional a fin de comprender la relación entre las fallas existentes y la actividad sísmica en la región, mediante el análisis de la tectónica regional y el registro histórico de eventos.

### **Sismotectónica Regional**

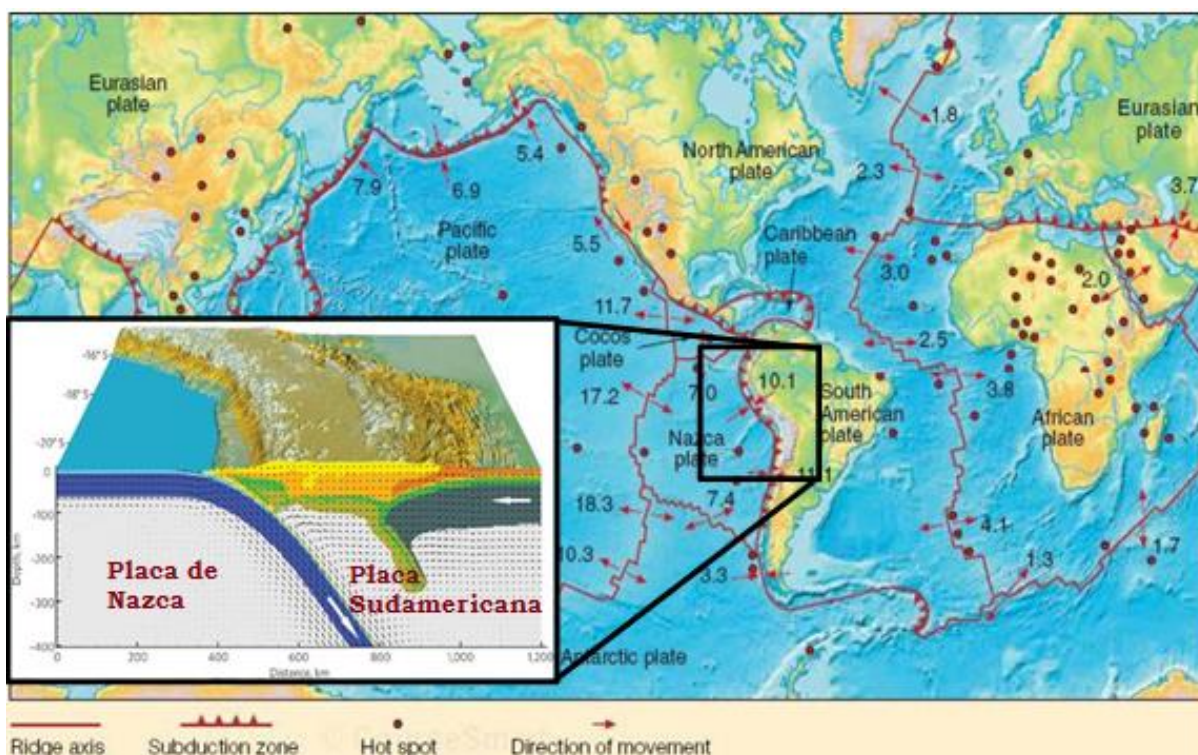
El Perú se encuentra ubicado en una de las regiones con alto índice de actividad sísmica, formando parte del Cinturón Circumpacífico donde han ocurrido más del 80% de los eventos sísmicos en el mundo. El marco tectónico regional a mayor escala está gobernado por la interacción de la placa de Nazca y la placa continental Sudamericana, que sucede en un plano de subducción en el subsuelo del océano Pacífico en la costa de Perú. Los movimientos en la zona de subducción han generado sismos cuyas magnitudes varían entre 8.5 y 9.5 en la escala de Richter, los cuales se conocen como sismos de intraplaca.

Los rasgos tectónicos superficiales más importantes relacionados con el territorio peruano, como lo enumera Castillo y Alva (1993), se detalla a continuación:

- La fosa oceánica Perú - Chile.
- La dorsal de Nazca.
- La porción hundida de la costa norte de la península de Paracas, asociada con un zócalo continental más ancho.
- La cadena de los Andes.
- Las unidades de deformación y sus intrusiones magmáticas asociadas.
- Sistemas regionales de fallas normales, inversas y sobre escurrimientos.

Éstos están conectados con la alta actividad sísmica y con otros fenómenos telúricos de la región, como consecuencia de la interacción de dos placas convergentes, tal como se observa en la Figura 3.2.6.3-1, *Geometría de la Zona de Subducción*.

**Figura 3.2.6.3-1 Geometría de la Zona de Subducción**



Fuente: Sobolev y Babeyko (2005).

La deformación en la corteza se caracteriza por fallas inversas, de rumbo predominantemente norte a noroeste en los Andes, el cual presenta un bajo ángulo de buzamiento hacia el suroeste o noreste, como corresponda. El sistema de fallas subandino localizado a lo largo del flanco oriental de los Andes, representa la parte más oriental de esta deformación de la corteza. El contacto de la unidad de deformación supra Terciaria está asociado con las unidades más antiguas y con el sistema de fallas normales e inversas. Otro rasgo importante en la unidad Andina lo constituyen los depósitos volcánicos que son antiguos hacia el norte de la zona de transición, y modernos y antiguos hacia el sur (Deza y Carbonell, 1978).

La subducción continúa durante más de 60 millones de años, el cual ha dado origen al proceso de formación de la cordillera de los Andes debido a levantamientos, plegamientos y fallamientos de las rocas de la placa Sudamericana.

### **Distribución Espacial de la Actividad Sísmica**

La actividad sísmica en el Perú está distribuida en dos fajas sísmicas longitudinales en los Andes: una occidental, exclusivamente producto de la subducción; y la otra, oriental que involucra tanto a procesos de subducción, como también a procesos secundarios, tal como la acción compresiva del escudo brasilero contra el cinturón andino (Castillo y Alva, 1993).

Por otro lado, la actividad sísmica en la porción oceánica está constituida por sismos superficiales (<70 km de profundidad focal), concentrados casi exclusivamente entre la fosa marina y la línea de costa; esta área concentra gran parte de los sismos que ocurren en el país. Todos los sismos en la porción oceánica corresponden a la zona de subducción; por otro lado, en la porción continental se incluyen los sismos generados en la zona de Benioff, con profundidades focales mayores a 70 km, así como los sismos continentales superficiales.

En relación a los sismos continentales superficiales, en el Perú existen agrupaciones sísmicas superficiales, como en el caso de Tumbes y al norte de Moyobamba. Los sismos de 1968, 1990, 1991 y 2005 no han permitido realizar observaciones en la superficie como para determinar la actividad sísmica superficial. Asimismo, se han detectado sismos superficiales e intermedios, cuyo número aumenta en la zona subandina.

En la Figura 3.2.6.3-2, *Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas*, se muestra la distribución de las intensidades máximas para el Norte del Perú. Este mapa muestra las intensidades máximas por medio de curvas isosistas en la escala Mercalli Modificada, incluyendo eventos históricos ocurridos en el Perú hasta el 31 de diciembre de 1981. Como se puede observar la zona de la costa y el área denominada zona subandina, localizada en la selva alta, presentan mayor intensidad sísmica.

### **Sismicidad en el Área de Estudio de la II MEIA Yanacocha**

La Unidad Minera Yanacocha se ubica en una zona que, de acuerdo con la clasificación del Instituto Geofísico del Perú (IGN), es considerada medianamente sísmica por la magnitud e intensidad de los sismos ocurridos a lo largo de su historia. Esta zona es afectada por la actividad tectónica que tiene su origen en sismos con hipocentros superficiales y profundos. Los más profundos están asociados al proceso de subducción de la Placa de Nazca (oceánica) bajo la Placa Sudamericana (continental) y los sismos superficiales, en cambio, están relacionados con fallas regionales que existen a lo largo de la Cordillera Andina siendo estos sismos menores tanto en magnitud como en frecuencia.

### **Sismicidad Histórica**

Los registros históricos de la zona indican que durante el periodo comprendido entre los años de 1606 a 1906 ocurrieron algunos eventos sísmicos que pudieron haberse sentido con una intensidad regular a fuerte en el área de estudio de la II MEIA Yanacocha.

Los más importantes sismos que han ocurrido en el área de estudio se describen a continuación:

- Sismo del 24 de febrero de 1619, con una intensidad aproximada de IX en la escala Modificada de Mercalli (MMI), el terremoto destruyó la ciudad de Trujillo.
- Sismo del 2 de setiembre de 1759, con una intensidad aproximada de VII en la escala Modificada de Mercalli (MMI), el terremoto fue sentido en Trujillo.



Para el periodo de 1906 a 1963 existieron registros instrumentales, de baja confiabilidad en lo que respecta a la localización, magnitud y profundidad del hipocentro. En ese periodo los sismos más importantes que pudieron haberse sentido en el área de estudio son los mencionados en la Tabla 3.2.6.3-1, *Registros Históricos de Eventos Sísmicos Importantes*.

**Tabla 3.2.6.3-1 Registros Históricos de Eventos Sísmicos Importantes**

Fecha	Intensidad- Magnitud de Mercalli (MMI)	Magnitud - Escala de Richter
<b>Periodo entre los años de 1606 a 1906</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>14/02/1619</li> <li>02/09/1759</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IX en Trujillo</li> <li>VII en Trujillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7.8</li> <li>ND</li> </ul>
<b>Periodo entre los años de 1906 a 1963</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>20/05/1917</li> <li>14/05/1928</li> <li>18/07/1928</li> <li>05/03/1937</li> <li>21/06/1937</li> <li>30/03/1952</li> <li>19/08/1955</li> <li>17/02/1956</li> <li>30/08/1963</li> <li>24/09/1963</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VI en Trujillo</li> <li>V Piura, Cutervo, Chota, Jaén y Cajamarca</li> <li>V en Cajamarca, Chilete, Contumazá, Trujillo y Molinopampa</li> <li>VI en Trujillo</li> <li>VII en Trujillo</li> <li>VI en Cutervo</li> <li>V en Trujillo y Chimbote</li> <li>V en Chimbote</li> <li>IV - V en Trujillo y Chiclayo</li> <li>VI en Chimbote, V en Trujillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ND</li> <li>7.3</li> <li>7.0</li> <li>ND</li> <li>6.75</li> <li>ND</li> <li>ND</li> <li>ND</li> <li>6.6</li> <li>7.0</li> </ul>
<b>Fuente:</b> Silgado, E., 1978, Histórica de los Sismos más Notables Ocurredos en el Perú (1513-1974). Boletín INGEMMET, Serie C, N.º 3, Geodinámica e Ingeniería Geológica.		

El Centro Nacional de Información sobre Sismos de los EE.UU. (USGS National Earthquake Information Center) indica que el registro de eventos sísmicos históricos, el cual cuenta con información cualitativa acerca de eventos sísmicos desde 1598 hasta 1981, reporta 3,782 eventos sísmicos de diferentes intensidades en un radio de 300 km, alrededor de las operaciones de Yanacocha (NEIC: Earthquake Search Results). Los registros cuantitativos, que contienen datos desde 1,973 hasta la fecha, reportan un total de 2,786 eventos sísmicos para la misma área.

### **Riesgo Sísmico**

Como parte de la caracterización sísmica del área de estudio de la II MEIA Yanacocha se incluye la descripción de los resultados de los informes de riesgo sísmico realizados por Knight Piésold (2005) y Golder (2018), este último se realizó considerando los componentes que formarán parte de la II MEIA (Depósito de Relaves Pampa Larga, Depósito de Relaves La Quinua y DAM Norte Etapa 2). A continuación, se muestran los resultados considerando el enfoque del análisis probabilístico y determinístico del riesgo sísmico.

#### ***Análisis de Riesgo Sísmico Probabilístico***

El riesgo sísmico es la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor a un valor fijado. El área de estudio de la II MEIA está bajo la influencia de dos principales fuentes de eventos sísmicos: la zona de subducción entre la placa continental Sudamericana y la placa de Nazca (conocida como el plano Wadati - Benioff); y una serie de sistemas de fallas geológicas activas de la región, ubicadas en un radio de 300 km del área de estudio. Sin embargo, dentro de la zona crítica (radio de 100 km) del área de estudio no se han reconocido fallas activas (Machare y Rodríguez, 1991).

La fuente de datos sobre intensidades sísmicas de sismos históricos es el trabajo de Silgado (1969, 1973, 1978 y 1992), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en Perú. Un mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú ha sido presentado por Alva Hurtado *et al.* (1984), las mismas que se muestran gráficamente en la Figura 3.2.6.3-2, *Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas*, en donde se observa, que el área de estudio se encuentra ubicada en la zona de máxima intensidad sísmica VI en la escala Mercalli Modificada (MM). Sin embargo, de acuerdo con la historia sísmica del área en estudio (400 años), han ocurrido sismos de intensidad VII MM.



Además, en zonas cercanas al área de estudio para el proyecto han ocurrido intensidades máximas de VIII MM.

En abril del 2005, se realizó el estudio denominado Revisión de la Información Existente de Riesgo Sísmico, a cargo de Knight Piésold (KP, 2005) el cual se presenta en el Apéndice J, *Evaluaciones de Riesgo Sísmico*, el estudio en mención hace una revisión de todos los estudios de riesgo sísmico realizados en la Unidad Minera Yanacocha hasta el 2005, así como otras fuentes de información existentes como el estudio de Sismicidad en el Perú por Castillo y Alva (1993), y estudios y mapas obtenidos dentro del Programa de Estudio Global de Peligro Sísmico (GSHAP, por sus siglas en inglés) para Latinoamérica y el Caribe, y la región norte de los Andes. Los datos recogidos en los estudios de riesgos sísmico fueron analizados estadísticamente buscando determinar la aceleración máxima del suelo, para ello se efectuó un gráfico de correlación entre la aceleración máxima esperada y el tiempo de retorno determinado por los diferentes autores, eliminándose los datos dispersos. La interpolación lineal de los datos está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Aceleración} = 0.0551 \times \ln(\text{período de retorno}) - 0.119$$

Los resultados de la interpolación lineal de los datos producen una serie de valores de aceleración máxima del suelo (%g) calculados para diferentes periodos de retorno, estos valores fueron los recomendados para el diseño de ingeniería de los componentes mineros aprobados y/o implementados en la Unidad Minera Yanacocha.

En la Tabla 3.2.6.3-2, *Parámetros de Diseño Sísmico*, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el estudio realizado por Knight Piésold (2005) que incluye los valores de aceleración máxima del suelo expresados en porcentaje de la gravedad (% g) y los periodos de retorno de los sismos de diferentes magnitudes (M). ¿

**Tabla 3.2.6.3-2 Parámetros de Diseño Sísmico**

Periodo de Retorno (años)	Aceleración Máxima del Suelo (%g)	Magnitud del Sismo (M)
100	0.13	7
250	0.19	-
500	0.22	7.5
1,000	0.26	8
10,000	0.39	-
Fuente: Knight Piésold, 2005.		

Recientemente, Golder (2018) desarrolló un análisis de peligro sísmico específico del sitio en la zona del Depósito de Relaves Pampa Larga, y como resultados presentó espectros de respuesta de aceleración horizontal de peligro uniforme (UHRs, del inglés, *Uniform Hazard Response Spectra*) específico del sitio, probabilísticamente estimados para diferentes periodos de retorno, el detalle de los resultados obtenidos se presenta en el informe adjunto en el Apéndice J, *Evaluaciones de Riesgo Sísmico*.

#### **Análisis de Riesgo Sísmico Determinístico**

El análisis determinístico consiste en relacionar los efectos sísmicos observados y la sismicidad asociada a fallas activas o potencialmente activas, a fin de determinar los efectos epicentrales y su atenuación en el sitio. Si las fallas del Cuaternario están presentes y son capaces de provocar sismos de magnitud suficiente para producir una ruptura en la mitad de la longitud de falla, sus efectos epicentrales son atenuados por la distancia más corta entre la falla y el lugar de interés.

El Sismo Base de Operación (OBE, por sus siglas en inglés) se puede determinar como el mayor sismo que se espera que se produzca una vez durante la vida del Proyecto. Por otra parte, el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés) para cada fuente sismogénica considerada, se determina en base a la información del catálogo de sismos históricos e instrumentales.

El OBE está definido como un evento que las instalaciones deberían soportar sin interrupción de sus operaciones, y está generalmente entre un periodo de retorno de 475 y 1000 años. Basados en los

resultados del análisis realizado por Knight Piésold (2005), se recomendó usar un valor de 0.25 g para diseños de instalaciones iniciales.

Por su parte, el MCE se define como el sismo más grande que una zona sismogénica puede producir en las condiciones tectónicas conocidas. Una obra civil debe estar diseñada de tal manera que en el caso poco probable de que se produzca el mencionado sismo y ocasione daños considerables a las instalaciones, no causaría una ruptura catastrófica o colapso.

El Sismo Máximo de Diseño (MDE, por sus siglas en inglés) está definido como un evento que la instalación debería soportar sin causar falla estructural que resulte en pérdida de su contención. Según la estimación preliminar de Knight Piésold (2005), se encuentra en el rango entre 0.37 – 0.45 g y un periodo de retorno de 10,000 años.

Actualmente se cuenta con el análisis de peligro sísmico específico del sitio determinístico (DSHA, del inglés, *Deterministic Seismic Hazard Assessment*), desarrollado por Golder (2018), que incluye los espectros de respuesta específicos del sitio del Sismo Máximo Creíble (MCE, del inglés, *Maximum Credible Earthquake*) determinísticamente estimados para el percentil 50 (mediana) y el percentil 84. Los parámetros sísmicos provistos fueron desarrollados para condiciones de sitio con una velocidad promedio de ondas de corte en los 30 m superiores (es decir, VS,30) de 525 m/s, conforme a los resultados de los estudios geotécnicos desarrollados.

Con base en la ubicación de los nuevos depósitos a evaluar, respecto a la traza de la falla La Quinua, Golder definió los espectros de respuesta determinísticos de aceleraciones en la zona del Depósito de Relaves La Quinua y del DAM Norte Etapa 2, asociados con el MCE para la mediana y el percentil 84. Los resultados obtenidos se detallan en el informe adjunto en el Apéndice J, *Evaluaciones de Riesgo Sísmico*.

#### 3.2.6.4 Calidad de Sedimentos

Con el fin de caracterizar la calidad y características físico-químicas de los sedimentos asociados a los hábitats acuáticos dentro del área de estudio y comparar las condiciones del sedimento entre los diferentes periodos de evaluación, se ha utilizado información secundaria proveniente de los diferentes monitoreos de vida acuática realizados entre los periodos 2012-2018, durante la temporada húmeda y seca del 2015 como parte de la V MEIA SYE (INSIDEO, 2016), así como de la línea base durante la temporada seca 2017 y temporada húmeda 2018 como parte de la I MEIA Yanacocha (STANTEC, 2019); en este último, se consideraron puntos de muestreo adicionales a los puntos establecidos en el Programa de Monitoreo de Control y Seguimiento de Yanacocha.

#### Parámetros Evaluados y Estándares de Referencia

La definición de los parámetros para la evaluación de la calidad de los sedimentos se ha efectuado en función de los siguientes criterios:

- Naturaleza geológica del cuerpo de agua superficial.
- Actividades existentes en el área.
- Características hidrográficas y régimen hidrológico.
- Identificación de fuentes de contaminación (natural y antropogénica).

En ese sentido, se consideró la caracterización de los principales parámetros ambientales como pH, materia orgánica y metales totales (incluido Hg) en las estaciones de muestreo de la línea base, ubicadas en las distintas subcuencas y microcuencas del área de estudio. Para el caso de la materia orgánica se utilizó información de los monitoreos del 2013 y el muestreo del periodo 2017-2018; mientras que, para el pH, este parámetro solo fue analizado con información del periodo 2017-2018.

Debido a la carencia de estándares o lineamientos nacionales aplicables a la calidad de sedimentos, los resultados del contenido de metales pesados en sedimento fueron comparados referencialmente con los estándares de calidad de la Guía de Calidad de Sedimentos de Canadá (CSQG, por sus siglas en inglés; CCME, 2003), la cual establece dos tipos de estándares: ISQG (*Interim Sediment Quality Guidelines*); por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos y PEL (*Probable Effect*

Level); sobre las cuales se encuentran con frecuencia efectos biológicos adversos). De esta forma, debido a su concentración en el sedimento es posible conocer el potencial contaminante de los metales pesados presentes en relación con los hábitats, y como podría afectar a la biota acuática.

### **Estaciones de Muestreo**

Las estaciones de muestreo consideradas para la caracterización de la calidad de sedimentos corresponden a las mismas estaciones históricas de muestreo hidrobiológico que fueron consideradas como parte de los monitoreos biológicos de hidrobiología durante las temporadas húmeda y seca (JJR; 2012; SNC-LAVALIN, 2013; INSIDEO, 2014; FCISA, 2015 y 2016; Ausenco, 2017 y 2018), del estudio de línea base del periodo 2015 elaborado por INSIDEO (V MEIA Yanacocha Suplementario Este, 2016), y de los eventos de muestreo hidrobiológico realizado por Stantec, uno efectuado en octubre del 2017 (época seca) y otro en enero del 2018 (época húmeda), como parte de la I MEIA Yanacocha. La Tabla 3.2.6.4-1, *Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Sedimentos* y la Figura 3.3.2-2, *Estaciones de Muestreo Hidrobiológico y Calidad de Sedimentos* muestra la descripción y ubicación geográficas de las estaciones hidrobiológicas utilizadas para la caracterización del sedimento, para las microcuencas del río Azufre (subcuenca de río Azufre), quebrada Honda (subcuenca de quebrada Honda), río Grande (subcuenca de río Grande), río Shoclla, quebrada Chachacoma e intercuenca SN2 (subcuenca del río Rejo), quebrada San José y quebrada la Saccha (subcuenca del río Quinuaro).

**Tabla 3.2.6.4-1 Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Sedimentos**

Estación de Muestreo	Localidad	Estación Equivalente	Coordenadas UTM (WGS84 zona 17S)		Altitud (msnm)	Subcuenca (UH Nivel 7)	Microcuenca (UH Nivel 8)	Periodo de evaluación
			Este	Norte				
Programa de Monitoreo de Seguimiento y Control de Hidrobiología y Calidad de Sedimentos (2012-2018)								
CAR1	Ubicado en la quebrada Amacocha, parte baja		780900	9226662	3750	Río Azufre	Río Azufre	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16
CAZ2	Ubicado en el río Azufre		781122	9224355	3600	Río Azufre	Río Azufre	TH 12,TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16
CAZ3	Ubicado en el río Azufre		780888	9226179	3729	Río Azufre	Río Azufre	TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15
CCH1	Ubicado en la quebrada Chaquicocha, parte baja		781091	9224279	3600	Río Azufre	Río Azufre	TH 12,TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16
COM1	Ubicado en la quebrada Ocucha Machay, parte baja		780490	9225932	3750	Río Azufre	Río Azufre	TH 12,TS 12, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16
CQU1	Ubicado en la quebrada Quecher		780967	9226649	3750	Río Azufre	Río Azufre	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15
CSJ1	Ubicado en la quebrada San José, parte baja		779129	9220071	3410	Río Quinuaro	Quebrada San José	TH 12,TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
HCU1	Ubicado en el río Cushuro		774985	9233401	3650	Quebrada Honda	Quebrada Honda	TH 12,TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15
HHO3	Ubicado en la quebrada Honda		776088	9232094	3754	Quebrada Honda	Quebrada Honda	TH 12,TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18

Estación de Muestreo	Localidad	Estación Equivalente	Coordenadas UTM (WGS84 zona 17S)		Altitud (msnm)	Subcuenca (UH Nivel 7)	Microcuenca (UH Nivel 8)	Periodo de evaluación
			Este	Norte				
HLV1	Ubicado en la quebrada Vízcatcha		776025	9232253	3750	Quebrada Honda	Quebrada Honda	TH 12, TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 17, TS 17, TS 18
PCB1	Ubicado en la quebrada Corral Blanco		770898	9223824	3450	Río Grande	Río Grande	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
PEN1	Ubicado en la quebrada Encajón, parte baja		771417	9223049	3393	Río Grande	Río Grande	TH 12, TS 12, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
PGR3	Ubicado en el río Grande, parte baja		771816	9221905	2900	Río Grande	Río Grande	TH 12, TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
PGR4	Ubicado en el río Grande, parte alta		771299	9223107	3300	Río Grande	Río Grande	TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
PV11	Ubicado en la quebrada Viscachayoc		771912	9221288	3550	Río Grande	Río Grande	TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
QEN	Ubicado en la quebrada Encajón, parte alta		772398	9223820	3750	Río Grande	Río Grande	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
QPCN3	Ubicado en la quebrada S/N		767863	9226756	3500	Río Rejo	Río Shoclla	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15
RCH1	Ubicado en la quebrada Chachacoma		762783	9224353	3483	Río Rejo	Quebrada Chachacoma	TH 14, TS 14, TH 15, TS 15
RSA2	Ubicado en el río Shoclla, parte baja		767392	9227167	3300	Río Rejo	Río Shoclla	TH 12, TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
RSA3	Ubicado en el río Shoclla, parte alta		768214	9228109	3450	Río Rejo	Río Shoclla	TH 12, TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
RT11	Ubicado en el río Tinte		762824	9224577	3450	Río Rejo	Intercuenca SN2	TH 12, TS 12, TH 13, TS 13, TH 14, TS 14, TH 15, TS 15, TH 16, TS 16, TH 17, TS 17, TH 18, TS 18
<b>Muestreo Hidrobiológico y Calidad de Sedimentos de Línea Base (INSIDEO, 2015; y MWH, 2017-2018)</b>								
LTOT	Ubicado en la laguna Totorá	HB-06	780743	9230123		Río Azufre	Río Azufre	TS 17, TH 18
QTOT	Ubicado en la quebrada Totorá	HB-07	781301	9228934		Río Azufre	Río Azufre	TS 15, TS 17, TH 18
QHCAR	Ubicado en la quebrada Huáscar		778955	9225879		Río Azufre	Río Azufre	TH 15, TS 15
QOM	Ubicado en la quebrada Ocucha		779422	9227057		Río Azufre	Río Azufre	TH 15, TS 15

Estación de Muestreo	Localidad	Estación Equivalente	Coordenadas UTM (WGS84 zona 17S)		Altitud (msnm)	Subcuenca (UH Nivel 7)	Microcuenca (UH Nivel 8)	Periodo de evaluación
			Este	Norte				
	Machay, parte alta							
QCH	Ubicado en la quebrada Chaquicocha, parte alta		778706	9225474		Río Azufre	Río Azufre	TH 15, TS 15
QSJ	Ubicado en la quebrada San José, parte alta	HB-01	776113	9223477		Río Quinuario	Quebrada San José	TH 15, TS 15, TS 17, TH 18
QDLS	Ubicado en la quebrada La Saccha, parte alta	HB-02	777493	9224004		Río Quinuario	Quebrada La Saccha	TH 15, TS 15, TS 17, TH 18
QPL4	Ubicado en la quebrada Pampa Larga		776125	9230256		Quebrada Honda	Quebrada Honda	TH 15, TS 15
CP12	Ubicado en la quebrada Río Colorado		777577	9230309		Quebrada Honda	Quebrada Honda	TH 15, TS 15
HB-03	Ubicada en la quebrada Corral Blanco		768573	9227188	3456	Río Grande	Río Grande	TS 17, TH 18
HB-04	Ubicada en la quebrada del Cushuro		770463	9223976	3446	Río Rejo	Río Shoclla	TS 17, TH 18
HB-05	Ubicada en laguna Maqui Maqui 3		774855	9230612	4099	Quebrada Honda	Quebrada Honda	TS 17, TH 18
<b>Nota:</b> TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca <b>Fuente:</b> Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012) Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014) Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016) Línea Base Hidrobiológica - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)								

### **Análisis de Resultados**

A continuación, se presenta una descripción de los resultados principales del análisis de calidad de sedimento a nivel de subcuenca en el área de estudio.

#### **Materia Orgánica**

La concentración de materia orgánica en la mayoría de las estaciones evaluadas que corresponden a ambientes lóticos (quebradas y ríos) varió entre <0.06 y 11.17% dentro de las 5 subcuencas; mientras que los ambientes lénticos (LTOT/HB-06: laguna Totorá y HB-05: laguna Maqui Maqui 3) presentaron valores entre 6.96 y 38.3%. Ver Tabla 3.2.6.4-2, *Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos (%)*.

**Tabla 3.2.6.4-2 Concentración de Materia Orgánica en Sedimentos (%)**

Estaciones	TS 2013	TH 2013	TS 2017	TH 2018
<b>Subcuenca de la Quebrada Honda</b>				
HCU1	3.24	3.16		
HHO3	0.79	0.72		
HLV1	1.25	1.09		
HB-05			38.3	6.96
<b>Subcuenca del Río Azufre</b>				
CCH1	2.51			

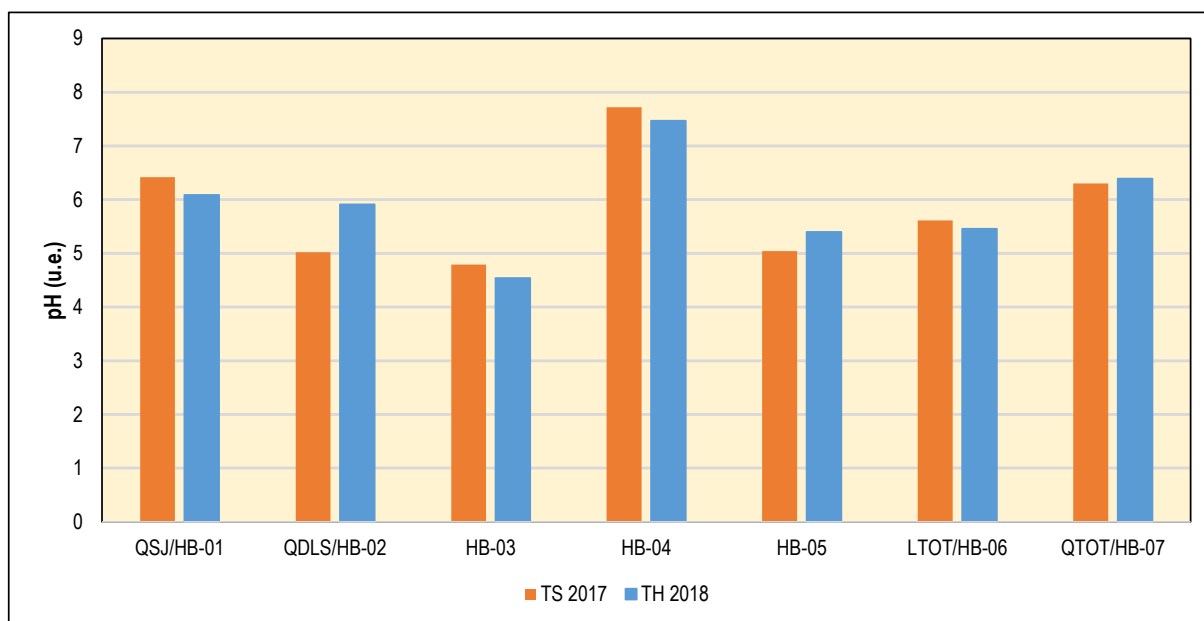
Estaciones	TS 2013	TH 2013	TS 2017	TH 2018
CAZ2	1.02			
COM1				
CAZ3	1.22	1.17		
CAR1				
LTOT/HB-06			25.53	28.75
QTOT/HB-07			3.98	10.95
<b>Subcuenca del Río Grande</b>				
QEN				
PGR3	1.44	1.37		
PGR4				
PCB1	1.2	1.22		
PVI1	2.36	2.11		
PEN1				
HB-03			3.34	5.05
<b>Subcuenca del Río Quinuaro</b>				
CSJ1	1.11	1.07		
QSJ/HB-01			<0.06	3.15
QDLS/HB-02			5.08	11.17
<b>Subcuenca del Río Rejo</b>				
RSA3	1.04	1.17		
QPCN3	1.34	1.27		
RSA2	2.88	2.73		
RTI1	3.02	3.09		
RCH1	2.18	2.22		
HB-04			2.26	4.05
<b>Nota:</b> TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca <b>Fuente:</b> Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013) Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018)				

El bajo contenido de materia orgánica en las estaciones correspondientes a ambientes lóticos (quebradas y ríos) guarda relación con el predominio de sustratos gruesos en estos sitios (grava, arena gruesa), asociado a la mayor dinámica de los sistemas fluviales evaluados (régimen de caudales, características del hábitat, mayores pendientes), la cual se acrecienta durante la temporada de lluvias y reduce la tasa de sedimentación en los cursos de agua.

Mientras que el alto contenido de materia orgánica es característico de ambientes lénticos, tal como fue observado principalmente en las lagunas Totorá y Maqui Maqui 3 durante los muestreos del periodo 2017-2018, principalmente durante la época seca. Una mayor dominancia de valores altos de turbidez en estos ambientes acuáticos durante la época seca se puede deber a que en este periodo generalmente se presenta mayor cantidad de materia orgánica en descomposición y se evidencia una mayor concentración de los materiales suspendidos en la columna de agua.

#### pH

Los valores de pH en los sedimentos de las estaciones evaluadas durante el periodo 2017-2018 (línea base de la I MEIA Yanacocha) fluctuaron entre 4.54 y 7.72 u.e., correspondientes principalmente a sustratos ácidos y ligeramente ácidos, a excepción de la estación HB-04 (quebrada del Cushuro) que presentó un valor ligeramente alcalino. Ver Gráfico 3.2.6.4-1, *Valores de pH en Sedimentos*. Los bajos niveles de pH en la mayoría de los cursos de agua evaluados se explicaría por las condiciones mineralizadas naturales del sustrato en las partes altas de las subcuencas.

**Gráfico 3.2.6.4-1 Valores de pH en Sedimentos**

### **Metales Totales**

Los resultados del análisis de contenido de metales totales (incluido Hg) en las muestras de sedimentos de las diferentes subcuencas, durante los eventos de muestreo 2012-2018 (evaluaciones estacionales), han sido contrastados, de manera referencial con valores contemplados en la Guía de Calidad de Sedimentos de Canadá (CSQG, por sus siglas en inglés). Esta Guía establece dos tipos de estándares: *Interim Sediment Quality Guidelines* (ISQG; por debajo de los cuales no se esperan efectos biológicos adversos) y el *Probable Effect Level* (PEL; sobre las cuales se encuentran con frecuencia efectos biológicos adversos), a fin de establecer su relación con una potencial afectación y limitación del desarrollo de la biota acuática. Esta guía establece dichos estándares para metales pesados tales como arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn).

A continuación, se presentan los resultados de metales totales para las estaciones de muestreo hidrobiológico de cada una de las subcuencas evaluadas.

#### ***Subcuenca de la Quebrada Honda (Microcuenca de la Quebrada Honda)***

De acuerdo a los resultados del contenido de metales pesados en sedimentos de la subcuenca de la quebrada Honda durante el periodo 2012-2018, se mostraron excedencias de los estándares ISQG y PEL al arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb); por tanto, las altas concentraciones de esos metales en ambientes acuáticos evaluarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. El arsénico fue el metal que presentó mayor número de excedencias durante los diferentes eventos de muestreo, siendo registradas en todas las estaciones de la subcuenca. Ver Tabla 3.2.6.4-3, *Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda*.

Con relación a los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones superaron el límite ISQG durante los diferentes eventos de muestreo, se identificaron al arsénico, cadmio, cobre y zinc. Si bien estos valores superan el nivel ISQG, no superan el nivel PEL, por lo que se encuentran en un rango de tolerancia que no necesariamente representaría un riesgo para la biota acuática.

Asimismo, no se observaron excedencias sobre los niveles establecidos en la guía de referencia consultada para el cromo (Cr) en todas las estaciones de esta subcuenca, para los diferentes eventos de muestreo.



Tabla 3.2.6.4-3 Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Ti	V	Zn
HCU1	TS 2012	<0.002	3729.80	20.36	77.80	0.42	0.19	5.92	0.92	10.88	0.15	526.44	0.68	3.22	8.07	0.20	1.72	0.58	49.00	60.53
	TH 2012	<0.002	11493.00	13.63	60.76	<0.002	0.09	5.32	1.99	9.91	<0.0025	379.81	0.25	2.53	7.05	0.07	0.39	0.22	16.00	55.80
	TS 2013	< 0.000417	10153.70	< 0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	1.76	14.37	< 0.000311	996.12	< 0.000573	< 0.00106	8.29	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	53.97
	TH 2013	<0.000417	9864.20	<0.00368	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	1.63	13.87	<0.000311	982.15	<0.000573	<0.00106	7.85	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	51.60
	TH 2014	<2.0	13321.00	12.60	149.90	0.50	<1.0	11.70	4.90	17.60	0.06	926.40	<4.0	5.90	12.20	<5.0	<1.0	<1.0	41.50	96.50
	TS 2014	<2.0	11455.00	26.80	132.10	0.40	<1.0	11.20	4.10	16.10	0.05	835.70	<4.0	5.60	14.90	<5.0	<1.0	<1.0	56.90	89.60
	TH 2015	<0.05	5100.38	90.46	75.72	0.33	3.04	6.79	1.54	40.99	<0.1	422.99	1.22	1.32	257.51	1.24	<0.3	1.81	16.35	162.75
	TS 2015	<0.05	10023.32	17.08	115.24	0.39	3.09	6.57	2.78	18.53	<0.1	929.13	<0.2	2.00	10.33	<0.1	<0.3	<0.3	29.03	63.47
HHO3	TS 2012	<0.002	3274.00	103.13	61.68	0.40	0.47	3.44	<0.01	37.38	0.29	159.80	3.13	1.69	275.57	3.00	1.04	1.43	15.00	105.73
	TH 2012	<0.002	8581.20	83.60	50.80	<0.002	0.17	2.43	1.49	26.03	<0.0025	93.40	2.45	1.30	274.20	2.56	0.75	2.30	10.00	89.31
	TS 2013	< 0.000417	5795.25	2.11	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	0.56	22.62	0.77	150.04	< 0.000573	< 0.00106	266.70	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	69.12
	TH 2013	<0.000417	5624.20	2.11	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	0.53	22.35	0.77	138.22	<0.000573	<0.00106	247.15	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	65.22
	TH 2014	<2.0	11514.00	131.80	228.90	<0.2	<1.0	7.60	3.10	31.30	0.36	197.40	<4.0	<5.0	427.30	<5.0	<1.0	<1.0	29.30	126.70
	TS 2014	<2.0	11547.00	117.00	150.10	0.30	<1.0	5.50	1.80	31.60	0.23	175.10	<4.0	<5.0	412.00	<5.0	<1.0	<1.0	23.90	129.10
	TH 2015	<0.05	3789.29	99.04	64.61	0.14	2.48	1.08	1.34	28.68	0.53	66.39	2.37	<0.05	254.85	1.45	<0.3	1.33	17.23	59.05
	TS 2015	<0.05	6029.33	101.76	524.29	0.16	3.23	1.55	3.15	23.30	0.66	58.27	2.77	<0.05	287.29	1.96	<0.3	1.59	33.27	68.61
	TS 2016	<0.07	9560.00	166.00	145.00	0.22	4.72	4.06	1.00	44.60	<0.1	269.52	2.60	<0.06	450.52	1.60	<0.3	2.60	17.29	67.10
	TH 2017	0.23	7195.82	69.29	80.76	0.27	0.25	1.81	1.81	26.41	0.46	146.58	3.01	1.50	159.40	4.21	<1.132	1.61	15.23	36.05
	TS 2017	4.65	2862.42	62.34	56.77	0.13	0.08	0.93	1.28	16.21	0.36	61.78	2.20	0.59	195.73	0.42	<1.132	1.48	9.97	35.07
	TH 2018	<0.268	5409.25	110.99	78.32	0.25	0.25	2.03	1.71	26.32	0.24	107.70	4.62	0.86	230.85	1.67	<3.605	2.33	18.35	68.87
	TS 2018	<0.268	4376.81	79.95	64.62	<0.173	<0.144	1.07	1.54	18.35	0.35	63.24	3.00	0.56	219.05	2.83	<3.605	2.07	16.07	35.88
HLV1	TS 2012	<0.002	3094.50	16.53	102.53	<0.002	0.42	6.47	1.20	17.80	0.26	617.00	0.54	2.62	5.93	0.20	0.14	0.24	32.00	90.53
	TH 2012	<0.002	8430.40	14.21	100.40	<0.002	0.35	8.72	0.90	10.42	<0.0025	622.79	0.05	3.43	3.77	<0.005	0.24	0.22	8.00	78.23
	TS 2013	< 0.000417	4876.91	1.17	< 0.0000982	< 0.0000632	0.37	< 0.000184	0.16	21.52	0.11	900.37	< 0.000573	< 0.00106	4.22	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	61.42
	TH 2013	<0.000417	4712.22	1.17	<0.0000982	<0.0000632	0.37	<0.000184	0.14	20.50	0.11	874.46	<0.000573	<0.00106	4.06	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	59.48
	TH 2014	<2.0	12413.00	22.70	242.50	1.10	3.20	24.80	2.90	26.50	0.13	1738.00	<4.0	8.30	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	28.60	263.40
	TS 2014	<2.0	12423.00	19.50	291.40	1.10	1.80	20.30	3.10	24.60	0.11	1285.00	<4.0	8.10	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	26.60	223.00
	TH 2015	<0.05	5536.02	11.43	161.75	0.42	2.09	9.19	1.05	20.48	<0.10	846.11	<0.2	1.93	5.78	<0.1	<0.3	0.46	18.61	74.01
	TS 2015	<0.05	8046.34	13.32	194.22	0.60	3.10	10.03	1.45	19.26	<0.1	845.32	<0.2	2.73	6.89	0.18	<0.3	<0.3	22.13	101.96
	TH 2017	0.09	4522.98	10.90	112.07	0.31	0.20	6.08	1.38	9.64	<0.082	449.82	1.03	2.03	5.00	0.24	<1.132	0.23	21.60	46.06
	TS 2017	2.64	5710.00	14.18	110.16	0.37	0.30	7.50	1.34	10.44	0.14	744.07	0.84	2.36	6.07	0.18	<1.132	0.34	15.15	57.33
	TS 2018	<0.268	4822.07	13.06	97.69	0.47	0.35	8.09	1.33	11.51	<0.262	631.66	0.59	2.01	7.60	0.21	<3.605	0.26	17.07	56.77
QPL4	TH 2015	< 0.2	4655.00	233.80	134.90	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	15.20	2.83	212.20	< 0.2	< 0.5	935.40	< 1	< 1	< 2	26.50	116.10
	TS 2015	< 0.2	8573.00	425.30	296.30	< 0.1	< 0.1	4.10	< 0.2	142.40	0.97	132.90	16.10	< 0.5	4370.00	10.00	< 1	< 2	35.10	237.10
CP12	TH 2015	< 0.2	7352.00	120.00	264.40	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	24.60	1.42	33.20	< 0.2	< 0.5	< 1.5	< 1	< 1	< 2	< 0.5	15.50
	TS 2015	< 0.2	6282.00	118.50	179.30	< 0.1	< 0.1	1.20	< 0.2	32.20	0.77	37.90	8.50	< 0.5	25.80	7.00	3.00	< 2	20.90	21.90
HB-05	TS 2017	< 0.6	9231.00	86.60	249.80	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	179.40	1.47	1187.00	< 0.6	< 1	29.00	< 2.5	< 1.6	< 3	12.10	30.20
	TH 2018	< 0.6	7712.00	36.10	420.00	< 0.3	1.70	< 0.8	< 0.9	134.60	1.03	34.00	< 0.6	< 1	22.00	< 2.5	< 1.6	< 3	9.30	17.90
ISQG		--	--	5.9	--	--	0.6	--	37.3	35.7	0.17	--	--	--	35	--	--	--	--	123
PEL		--	--	17	--	--	3.5	--	90	197	0.486	--	--	--	91.3	--	--	--	--	315

**Notas:**

Las concentraciones de los diferentes metales en las muestras de sedimento son expresadas en mg/kg

**Clasificación de los Límites de Sedimentos**

CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines

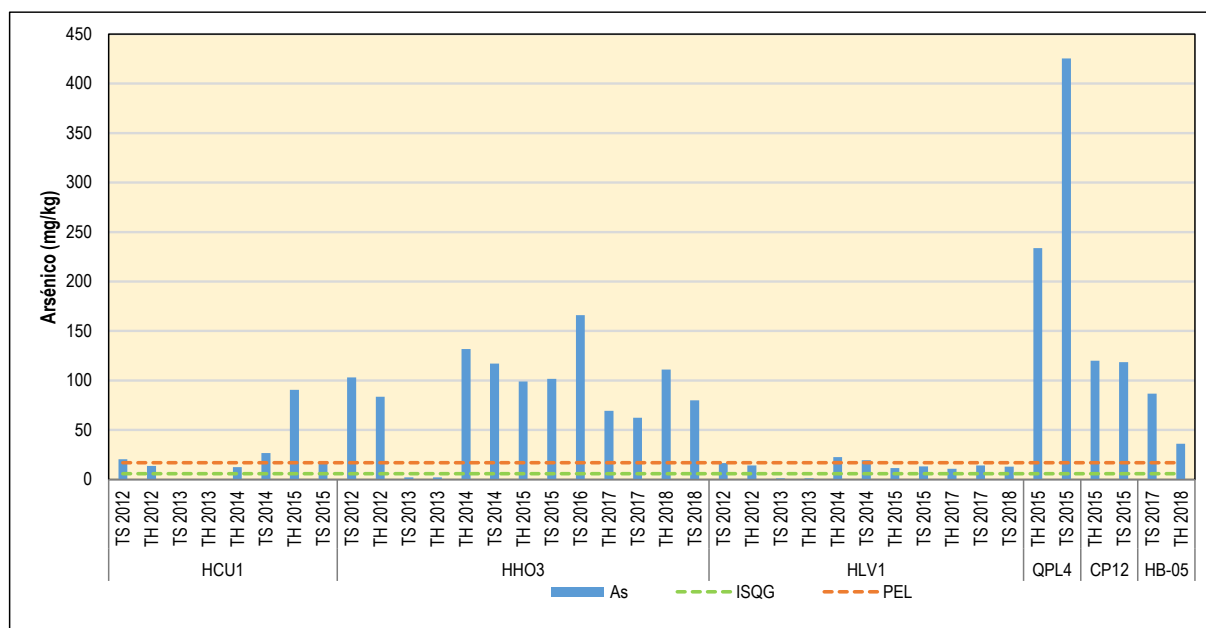


Supera ISQG

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces							Supera ISQG y PEL													
PEL: Nivel de Efecto Probable							No supera ninguno de los límites													
TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca																				
<b>Fuente:</b>																				
Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012)																				
Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013)																				
Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014)																				
Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015)																				
Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016)																				
Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018)																				
Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)																				

En relación al arsénico (As), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.0037 y 425.30 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL en todos los ambientes acuáticos evaluados (6 localidades), en la mayoría de los eventos de muestreo, a excepción de la estación HLV1 (quebrada Vizcacha) que presentó solo dos excedencias puntuales al PEL durante los monitoreos del periodo 2012-2018. Los mayores valores de arsénico se reportaron en las localidades QPL4 (quebrada Pampa Larga, máximos de 223.80 y 425.30 mg/kg), HHO3 (quebrada Honda, máximos de 131.80 y 166 mg/kg), HCU1 (río Cushuro, máximo de 90.46 mg/kg) y CP-12 (quebrada Río Colorado, máximos de 118.50 y 120 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-2, Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda.

**Gráfico 3.2.6.4-2 Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda**



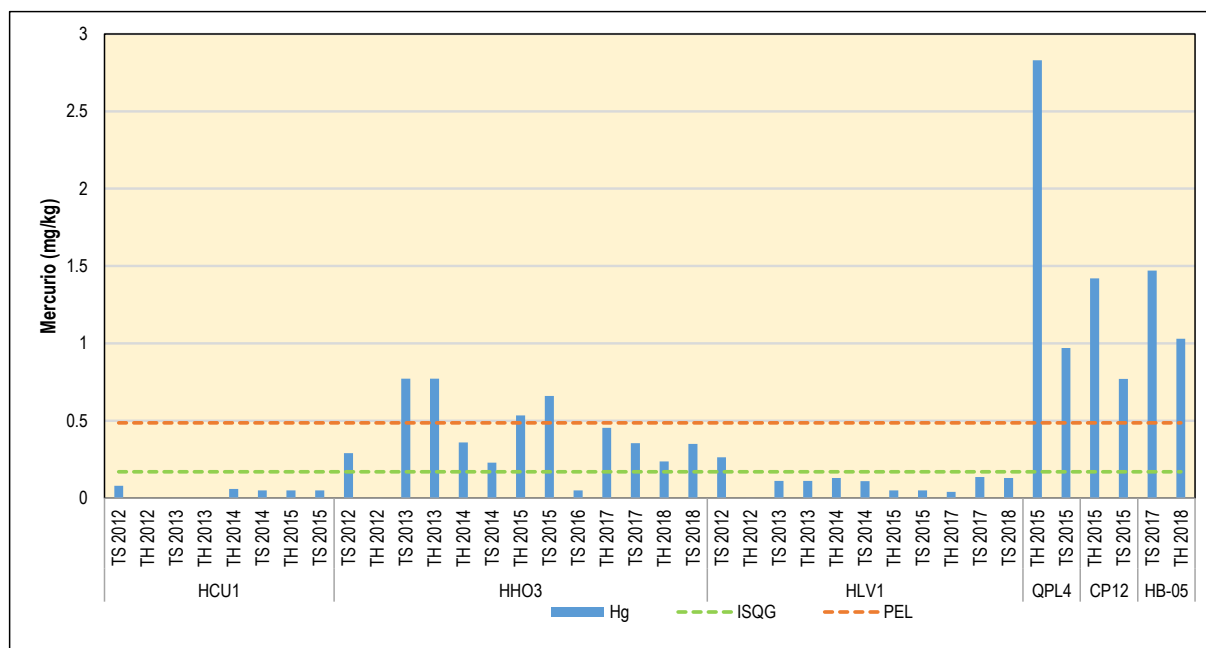
En relación al cadmio (Cd), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.00008 y 4.72 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL sólo en la estación HH03 (quebrada Honda), la cual presentó una excedencia puntual y máxima (4.72 mg/kg) durante la temporada seca 2016. Los puntos que sólo superaron el límite ISQG (sin efectos biológicos significativos) fueron HCU1 (río Cushuro), HHO3 (quebrada Honda), HLV1 (quebrada Vizcacha) y HB-05 (laguna Maqui Maqui 3). Mientras que para el caso del cobre (Cu), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 9.64 y 179.40 mg/kg y mostraron solo excedencia del límite ISQG en las localidades HCU1 (río Cushuro), HHO3 (quebrada Honda), QPL4 (quebrada Pampa Larga) y HB-05 (laguna Maqui Maqui 3). Las concentraciones de este metal en la mayoría de los periodos y localidades fueron generalmente bajas, siendo menores que los estándares de la guía canadiense.

Asimismo, se evidenciaron excedencias a los límites ISQG y PEL establecidos para el mercurio (Hg) en las estaciones HHO3 (quebrada Honda), QPL4 (quebrada Pampa Larga), CP12 (quebrada Río Colorado) y HB-05 (laguna Maqui Maqui 3), con máximos valores de 1.47 y 2.83 mg/kg en los puntos HB-05 y CP14, durante la temporada seca 2017 y temporada húmeda 2015, respectivamente. Las otras estaciones presentaron bajas concentraciones de mercurio y no superaron los valores límites de ambos estándares (ISQG y PEL). Ver Gráfico 3.2.6.4-3, Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda.

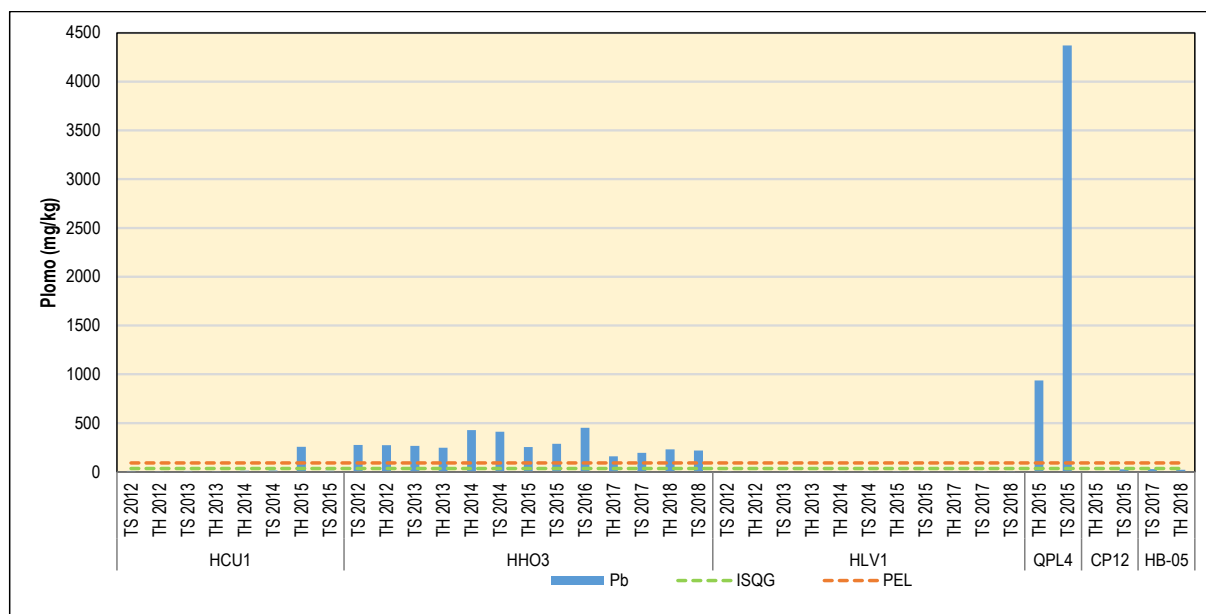
En relación al plomo (Pb), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.75 y 4,370 mg/kg y mostraron excedencia de los límites ISQG y PEL en las localidades HCU1 (río Cushuro), HHO3 (quebrada Honda) y QPL4 (quebrada Pampa Larga). Las mayores concentraciones de plomo fueron registradas en la estación QPL4 durante el periodo 2015, con un máximo de 935.40 y 4,370 mg/kg durante la temporada húmeda y seca 2015, respectivamente; y en la estación HH03, con máximos de 427.30 y 450.52 mg/kg. Las otras estaciones presentaron bajas concentraciones de este metal y no superaron los valores límites de ambos estándares. Ver Gráfico 3.2.6.4-4, Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda. Asimismo, para el zinc (Zn) se encontraron excedencia del zinc (Zn) solo al límite

ISQG para las estaciones HLV1 (quebrada Vizcacha), HHO3 (quebrada Honda y QPL4 (quebrada Pampa Larga); las concentraciones de este metal variaron entre 15.5 y 263.40 mg/kg.

**Gráfico 3.2.6.4-3 Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda**



**Gráfico 3.2.6.4-4 Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca de la Quebrada Honda**

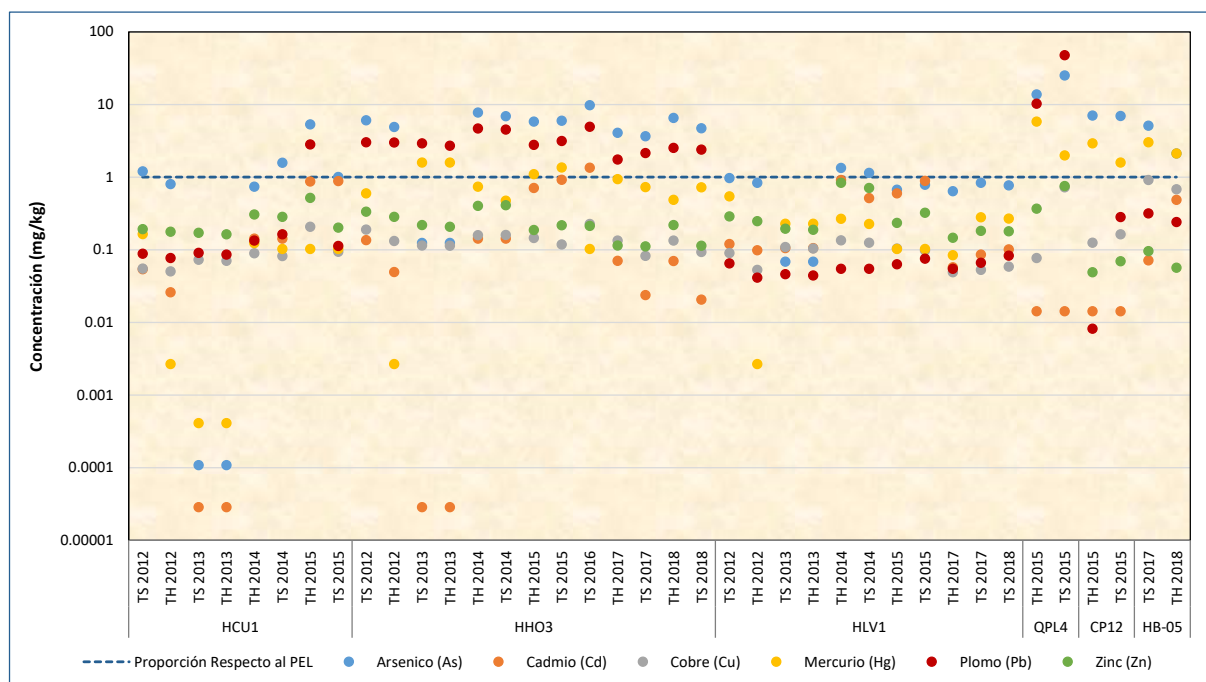


En base a los resultados obtenidos, se infiere que la concentración de arsénico (As) fue alta en la mayoría de las estaciones de muestreo evaluadas en esta subcuenca, y excedió el límite PEL, lo cual estaría relacionada a la naturaleza geológica de ésta, es decir, a la presencia de minerales como la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca (Pilco, 2011). Ver Gráfico 3.2.6.4-5, Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda.

En relación a los ambientes acuáticos, se ha evidenciado que la quebrada Honda (HHO3) y la quebrada Pampa Larga (QPL4) presentaron excedencias significativas de los límites ISQG y PEL para los metales

arsénico, mercurio y plomo, y por tanto altas concentraciones de estos metales; mientras que el río Cushuro (HCU1) presentó excedencias para el arsénico y plomo; esto guarda relación con las condiciones pre-minado de línea base de calidad de agua superficial, donde se evidencian excedencias de plomo y mercurio en los cursos de agua de esta subcuenca (ver Sección 3.2.5.3 *Calidad de Agua Superficial*). Por otro lado, para el caso de la quebrada Río Colorado (CP12) y la laguna Maqui Maqui 3 (HB-05) se observaron excedencias de ambos estándares para el arsénico y mercurio. Ver Gráfico 3.2.6.4-5, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda*.

**Gráfico 3.2.6.4-5 Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca de la Quebrada Honda**



#### **Subcuenca del Río Azufre (Microcuenca del Río Azufre)**

De acuerdo a los resultados del contenido de metales pesados en sedimentos de la subcuenca del río Azufre, se mostraron excedencias del valor referencial ISQG y PEL al arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn); por tanto las altas concentraciones de esos metales en los ambientes acuáticos evaluados presentarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. De la misma forma, el arsénico fue el metal que presentó mayor número de excedencias, siendo registradas en casi todas las estaciones de la subcuenca (10 localidades); mientras que las excedencias del plomo y zinc fueron muy puntuales, siendo evidentes para algunos ambientes acuáticos. Ver Tabla 3.2.6.4-4, *Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre*.

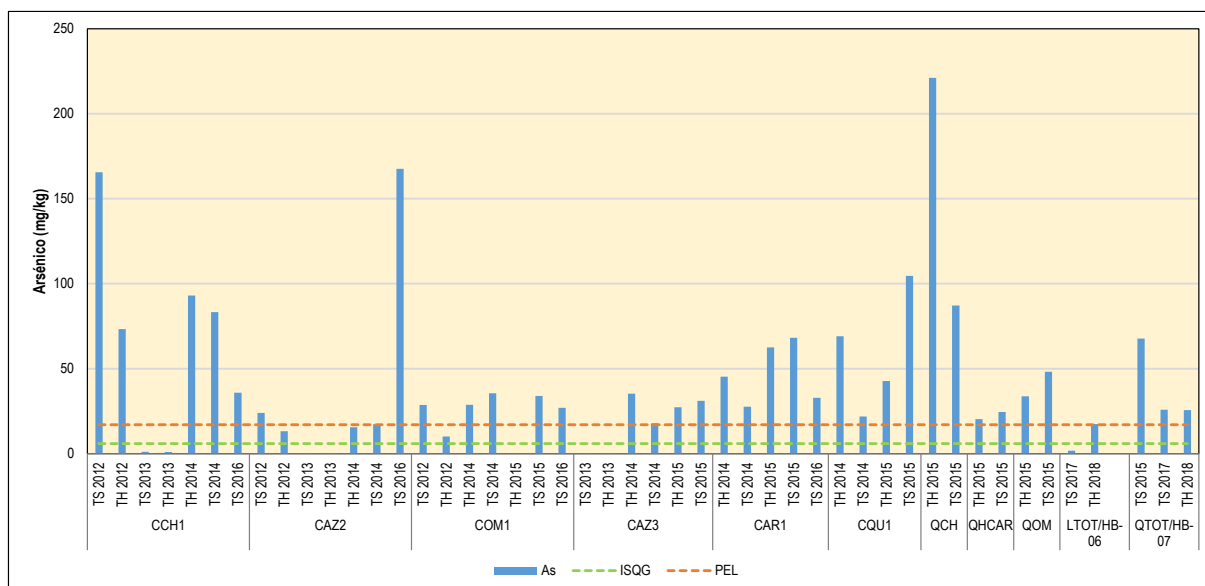
En relación a los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones superaron el límite ISQG durante los diferentes eventos de muestreo, se identificaron al arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc. Si bien estos valores superan el nivel ISQG, no superan el nivel PEL, por lo que se encuentran en un rango de tolerancia que no necesariamente representaría un riesgo para la biota acuática.

Asimismo, no se observaron excedencias sobre los niveles establecidos en la guía de referencia consultada para el cromo (Cr) en todas las estaciones de esta subcuenca, para los diferentes eventos de muestreo.

En relación al arsénico (As), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.001 y 221.10 mg/kg y superaron solo el límite ISQG en las localidades CAZ2 (río Azufre), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja) y LTOT/HB-06 (laguna Totorá) para algunos eventos de muestreo; mientras que superaron los límites ISQG y PEL en todos los ambientes acuáticos evaluados, a excepción del punto LTOT/HB-06, con mayores valores en las localidades CCH1 (quebrada Chaquicocha parte baja, máximos de 93 y

165.60 mg/kg), CAZ2 (río Azufre, máximo de 167.60 mg/kg), CQU1 (quebrada Quecher, máximo de 104.54 mg/kg) y QCH (quebrada Chaquicocha parte alta, máximo de 221.10 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-6, *Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre*.

**Gráfico 3.2.6.4-6 Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre**



En relación al cadmio (Cd), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.00008 y 18.29 mg/kg y superaron el límite ISQG en las estaciones CAZ2 (río Azufre), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja) y QTOT/HB-07 (quebrada Totorá). Asimismo, se registraron excedencias puntuales al límite ISQG y PEL en las localidades CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja), CAZ3 (río Azufre), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja) y CQU1 (quebrada Quecher), con mayores valores en los puntos CQU1 (máximos de 8.97 y 18.29 mg/kg) y CAZ3 (máximos de 5.30 y 5.99 mg/kg).

Asimismo, para el caso del cobre (Cu), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.08 y 956.90 mg/kg y mostraron excedencia del límite ISQG en las localidades CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja), CAZ2 (río Azufre), CAZ3 (río Azufre), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja), CQU1 (quebrada Quecher), QCH (quebrada Chaquicocha, parte alta), QHCAR (quebrada Huáscar) y QTOT/HB-07 (quebrada Totorá). Además, se registraron excedencias puntuales al límite ISQG y PEL en las localidades COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja), CAZ3 (río Azufre), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja), QCH (quebrada Chaquicocha, parte alta) y QOM (quebrada Ocucho Machay, parte alta), con mayores valores en los puntos COM1 (máximos de 556.38 y 835.10 mg/kg) y QOM (máximo de 956.90 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-7, *Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre*.

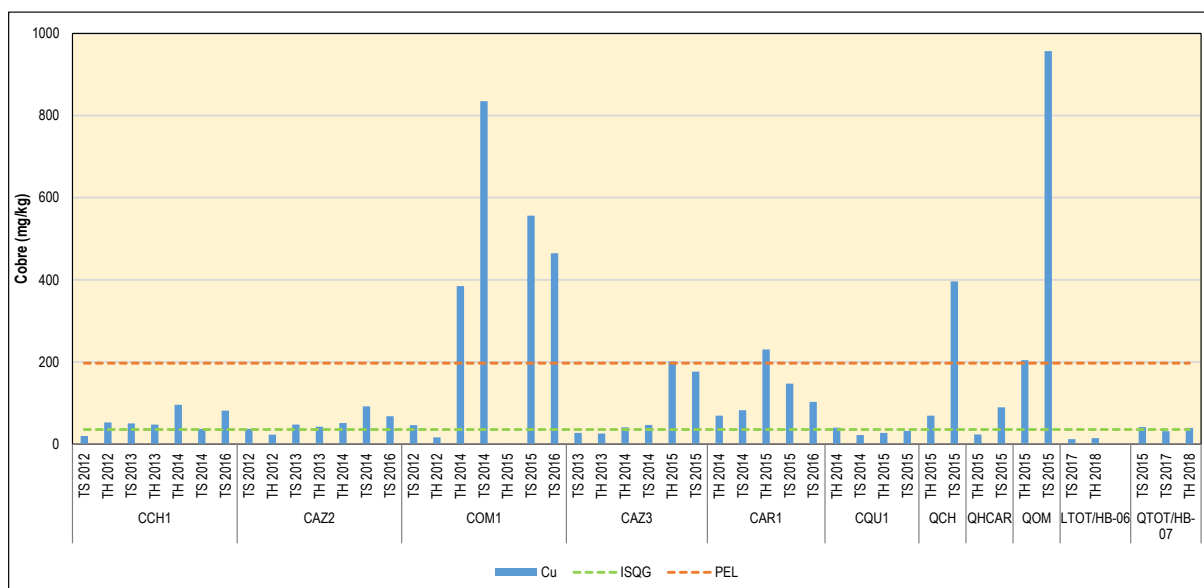
**Gráfico 3.2.6.4-7 Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre**



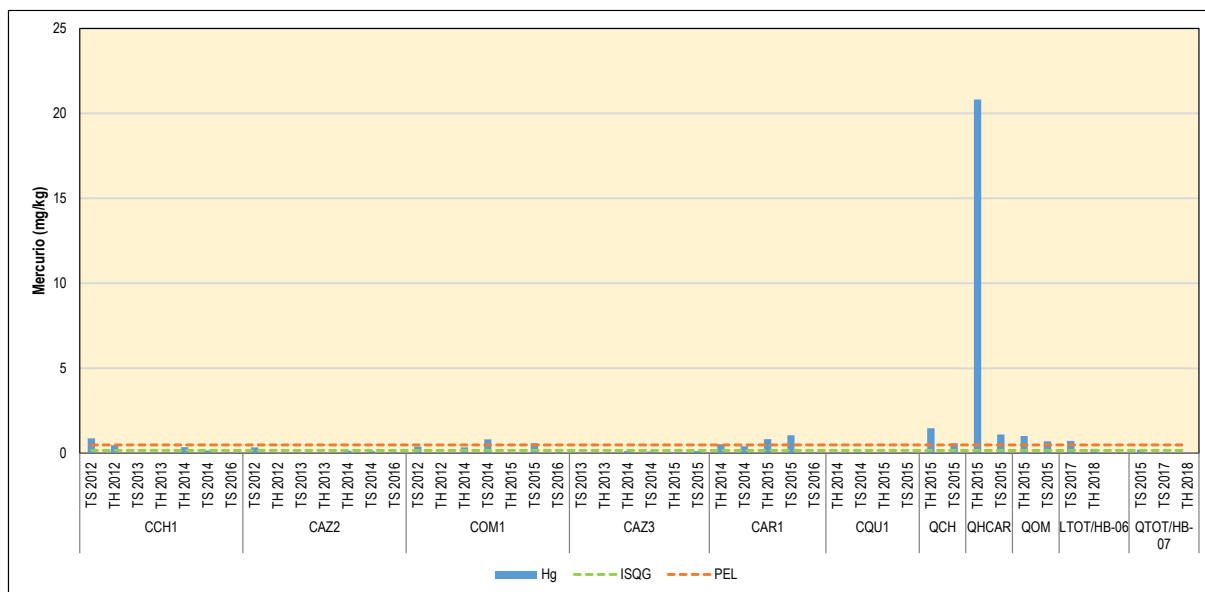
Tabla 3.2.6.4-4 Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
CCH1	TS 2012	<0.002	3586.30	165.60	77.00	<0.002	0.21	0.93	<0.01	19.69	0.87	46.34	12.80	0.72	59.15	9.14	2.26	0.46	11.00	16.06
	TH 2012	0.14	17668.20	73.26	63.66	0.20	0.30	1.64	1.12	52.95	0.47	59.15	1.35	0.53	64.20	0.35	<0.05	0.50	<1	39.30
	TS 2013	< 0.000417	12077.04	1.11	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	1.02	50.30	< 0.000311	26.56	< 0.000573	< 0.00106	86.71	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	34.61
	TH 2013	<0.000417	11254.56	1.00	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	1.00	47.52	<0.000311	19.19	<0.000573	<0.00106	74.55	<0.0000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	32.88
	TH 2014	<2.0	11405.00	93.00	1331.00	0.20	<1.0	13.10	11.00	96.00	0.35	209.40	9.20	6.40	115.10	<5.0	<1.0	<1.0	123.70	86.90
	TS 2014	<2.0	5805.00	83.30	411.20	<0.2	<1.0	4.20	2.80	37.20	0.16	73.60	5.40	<5.0	56.50	<5.0	<1.0	<1.0	43.90	33.20
	TS 2016	<0.07	6315.00	35.80	109.10	0.20	5.02	8.70	0.85	81.60	<0.1	234.17	3.20	0.30	34.84	1.00	<0.3	<0.3	25.99	64.10
CAZ2	TS 2012	<0.002	8028.40	23.91	109.99	0.89	1.37	10.82	0.09	37.22	0.34	609.26	3.24	2.54	16.53	1.27	1.44	1.07	20.00	70.27
	TH 2012	0.09	16063.30	13.17	47.67	0.10	0.31	7.59	1.90	23.02	<0.0025	329.21	1.02	1.90	6.56	0.01	<0.05	0.41	8.00	79.00
	TS 2013	< 0.000417	6074.55	< 0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	1.82	47.82	< 0.000311	554.87	< 0.000573	< 0.00106	6.37	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	105.94
	TH 2013	<0.000417	5978.22	<0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	<0.0000849	< 0.000184	0.51	42.37	<0.000311	479.33	<0.000573	< 0.00106	5.42	<0.0000538	< 0.00941	<0.00703	<0.000219	98.21
	TH 2014	<2.0	14938.00	15.50	97.20	0.30	<1.0	16.10	2.60	51.60	0.15	477.80	<4.0	<5.0	11.80	<5.0	<1.0	<1.0	43.00	127.60
	TS 2014	<2.0	13220.00	17.30	88.20	0.30	<1.0	11.60	<1.8	92.20	0.12	366.70	<4.0	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	32.50	122.00
	TS 2016	<0.07	4379.00	167.60	144.80	0.08	1.94	0.92	1.17	68.00	<0.1	24.91	11.90	<0.06	71.70	2.50	<0.3	<0.3	14.83	20.30
COM1	TS 2012	<0.002	6470.60	28.59	79.17	0.44	1.05	10.13	0.18	46.20	0.39	414.39	3.94	2.60	19.71	2.53	0.85	1.23	12.00	62.80
	TH 2012	0.14	17589.40	10.10	61.12	0.19	0.32	8.48	1.00	16.28	<0.0025	394.30	0.88	2.52	6.31	0.11	<0.05	0.29	10.00	65.72
	TH 2014	<2.0	14130.00	28.70	114.00	<0.2	<1.0	6.60	4.00	385.10	0.34	76.20	11.70	<5.0	22.60	<5.0	<1.0	<1.0	36.90	173.80
	TS 2014	<2.0	18328.00	35.50	102.80	0.40	<1.0	5.00	3.20	835.10	0.82	97.10	8.60	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	29.30	271.30
	TH 2015	<0.0005	0.47	<0.001	0.01	<0.0002	<0.0004	0.00	0.00	0.08	<0.001	0.04	0.01	0.00	0.01	<0.001	<0.003	0.00	<0.0004	0.15
	TS 2015	<0.05	5095.68	34.01	74.15	0.13	5.69	1.14	0.90	556.38	0.59	21.94	9.74	1.79	19.94	1.15	<0.3	0.47	25.79	282.91
	TS 2016	<0.07	7156.00	27.00	39.00	0.24	4.03	1.19	1.18	464.80	<0.1	41.91	8.10	1.59	12.64	0.70	<0.3	0.63	18.41	84.10
CAZ3	TS 2013	< 0.000417	6033.43	< 0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	1.88	27.26	< 0.000311	359.83	< 0.000573	< 0.00106	5.15	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	89.83
	TH 2013	<0.000417	5827.22	<0.00368	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	1.63	25.85	<0.000311	311.49	< 0.000573	<0.00106	4.86	<0.0000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	77.68
	TH 2014	<2.0	14738.00	35.30	99.90	<0.2	<1.0	24.80	3.70	41.10	0.12	600.30	<4.0	6.60	40.20	<5.0	<1.0	<1.0	62.50	122.10
	TS 2014	<2.0	14541.00	17.90	77.60	0.30	<1.0	16.60	1.80	46.70	0.10	535.10	<4.0	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	35.70	101.60
	TH 2015	<0.05	8635.74	27.27	75.11	0.20	5.30	13.77	1.21	200.94	<0.1	386.23	1.40	3.94	18.21	1.33	<0.3	0.30	23.06	123.05
	TS 2015	<0.05	10046.48	31.05	66.39	0.31	5.99	12.78	0.23	176.37	0.13	455.59	1.56	1.41	16.09	1.17	<0.3	<0.3	29.44	98.25
CAR1	TH 2014	<2.0	13139.00	45.30	323.60	0.30	<1.0	7.70	4.10	69.50	0.53	142.60	5.20	<5.0	32.00	<5.0	<1.0	<1.0	38.50	63.00
	TS 2014	<2.0	8869.00	27.60	105.80	0.20	<1.0	4.40	<1.8	82.50	0.41	77.90	4.80	<5.0	17.50	<5.0	<1.0	<1.0	18.90	44.10
	TH 2015	<0.05	4994.04	62.51	183.80	0.10	2.92	2.68	2.14	230.38	0.83	53.17	6.50	1.68	54.26	1.76	<0.3	0.45	18.49	39.44
	TS 2015	<0.05	7111.63	68.19	149.60	0.24	3.81	2.41	1.37	147.26	1.05	74.90	8.32	0.17	39.44	2.10	<0.3	<0.3	21.27	34.93
	TS 2016	<0.07	5609.00	32.80	86.10	0.25	2.38	2.64	0.96	103.00	<0.1	78.19	4.90	0.40	26.37	0.80	<0.3	<0.3	14.38	22.80
CQU1	TH 2014	<2.0	13406.00	69.00	75.80	<0.2	<1.0	44.40	4.60	39.90	0.07	802.10	<4.0	9.10	23.80	<5.0	<1.0	<1.0	94.90	111.50
	TS 2014	<2.0	15510.00	21.90	71.50	0.40	<1.0	22.10	2.20	22.20	0.07	789.30	<4.0	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	44.90	104.10
	TH 2015	<0.05	8530.81	42.70	58.11	0.15	8.97	19.25	1.23	27.20	<0.10	530.09	<0.2	5.66	13.54	1.63	<0.3	<0.3	30.09	114.63
	TS 2015	<0.05	8491.08	104.54	50.74	0.28	18.29	32.40	<0.05	32.19	<0.1	684.12	<0.2	3.51	16.38	3.14	<0.3	<0.3	44.32	175.11
QCH	TH 2015	< 0.2	8559.00	221.10	406.50	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	69.20	1.47	162.20	< 0.2	< 0.5	170.70	< 1	< 1	< 2	< 0.5	25.40
	TS 2015	< 0.2	5235.00	87.20	222.50	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	396.40	0.59	44.10	10.90	1.50	84.50	13.00	< 1	< 2	12.10	253.40
QHCAR	TH 2015	< 0.2	19554.00	20.30	87.10	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	23.40	20.82	22.80	< 0.2	< 0.5	14.60	< 1	< 1	< 2	21.00	12.90
	TS 2015	< 0.2	25046.00	24.50	104.30	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	89.50	1.10	15.40	3.00	1.20	30.60	< 1	< 1	< 2	26.70	16.60
QOM	TH 2015	< 0.2	4176.00	33.70	101.00	< 0.1	< 0.1	1.90	6.30	204.60	1.01	49.50	17.00	3.30	15.20	< 1	1650.00	< 2	30.30	116.80
	TS 2015	< 0.2	8079.00	48.20	96.40	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	956.90	0.70	41.20	14.10	5.10	20.40	< 1	< 1	< 2	28.60	523.20
LTOT/HB-06	TS 2017	< 0.6	14371.00	< 3.5	62.30	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	12.40	0.72	123.00	< 0.6	< 1	18.00	< 2.5	< 1.6	< 3	14.90	19.00

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
	TH 2018	< 0.6	8451.00	17.40	68.10	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	14.50	0.25	120.00	< 0.6	< 1	17.00	< 2.5	< 1.6	< 3	15.20	19.70
QTOT/HB-07	TS 2015	< 0.2	11546.00	67.70	101.40	< 0.1	< 0.1	12.70	< 0.2	41.70	0.20	365.10	1.80	4.50	19.90	< 1	< 1	< 2	12.90	178.70
	TS 2017	< 0.6	11648.00	25.80	88.20	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	31.50	0.07	202.00	< 0.6	< 1	13.00	< 2.5	< 1.6	< 3	17.30	47.80
	TH 2018	< 0.6	10822.00	25.60	69.90	< 0.3	1.70	< 0.8	< 0.9	39.80	0.04	317.00	< 0.6	< 1	22.00	< 2.5	< 1.6	< 3	15.70	49.50
ISQG		--	--	5.90	--	--	0.60	--	37.30	35.70	0.17	--	--	--	35.00	--	--	--	--	123.00
PEL		--	--	17.00	--	--	3.50	--	90.00	197.00	0.49	--	--	--	91.30	--	--	--	--	315.00
<div>Notas:</div> <div>Las concentraciones de los diferentes metales en las muestras de sedimento son expresadas en mg/kg</div> <div>Clasificación de los Límites de Sedimentos</div> <div><div>CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines</div><div>ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces</div><div>PEL: Nivel de Efecto Probable</div><div>TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca</div></div> <div><div>Fuente:</div><div>Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012)</div><div>Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013)</div><div>Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014)</div><div>Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015)</div><div>Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016)</div><div>Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018)</div><div>Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)</div></div>																				

Asimismo, se evidenciaron excedencias puntuales a los límites ISQG y PEL establecidos para el mercurio (Hg) en las estaciones CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja), QCH (quebrada Chaquicocha, parte alta), QOM (quebrada Ocucho Machay, parte alta), QHCAR (quebrada Huáscar), LTOT/HB-06 (laguna Totorá) y QTOT/HB-07 (quebrada Totorá), con un máximo valor de 20.82 mg/kg en el punto QHCAR durante la temporada húmeda 2015. Las localidades que sólo superaron el valor ISQG fueron CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja) y CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja). La estación CZ3 (río Azufre) fue el único ambiente que presentó bajas concentraciones de mercurio, las cuales no superaron los valores de ambos límites (ISQG y PEL). Ver Gráfico 3.2.6.4-8, *Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre*.

**Gráfico 3.2.6.4-8 Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Azufre**



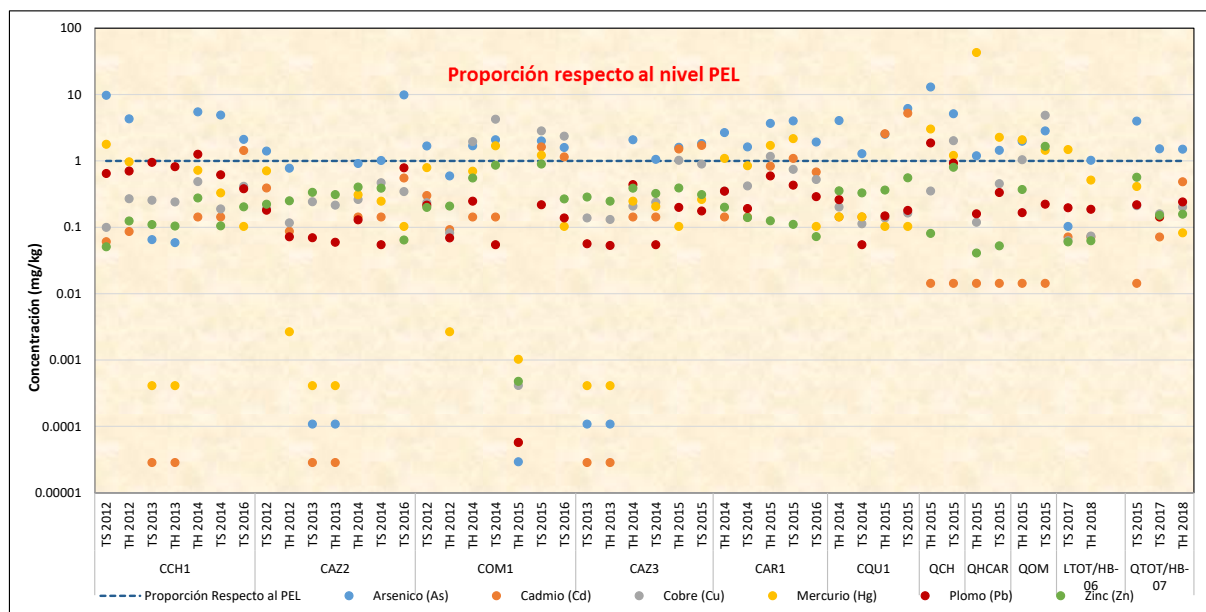
En relación al plomo (Pb), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.01 y 170.70 mg/kg y mostraron excedencias muy puntuales de los límites ISQG y PEL en las localidades CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja) y QHC (quebrada Chaquicocha, parte alta); y superaron solo el límite ISQG para el caso de las estaciones CCH1 (quebrada Chaquicocha, parte baja), CAZ2 (río Azufre), CAZ3 (río Azufre), CAR1 (quebrada Arnacocha, parte baja) y QHC (quebrada Chaquicocha, parte alta). Las mayores concentraciones de plomo fueron registradas en la estación QCH durante el periodo 2015, con un máximo de 170.70 mg/kg durante la temporada húmeda. Asimismo, las concentraciones del zinc (Zn) fluctuaron entre 0.15 y 523.20 mg/kg, y se encontraron excedencias de este metal al límite ISQG para las estaciones CAZ2 (río Azufre), CAZ3 (río Azufre), COM1 (quebrada Ocucho Machay, parte baja) y QTOT/HB-07 (quebrada Totorá); mientras que para los límites ISQG y PEL solo hubo una excedencia puntual para la estación QOM durante la época seca 2015, correspondiente al máximo valor encontrado (523.20 mg/kg).

En base a los resultados obtenidos, se infiere que la concentración de arsénico (As) fue alta y mostró excedencias al límite PEL en casi todas las estaciones de muestreo evaluadas en esta subcuenca, y estaría relacionada a la naturaleza geológica de ésta, es decir, a la presencia de minerales como la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca (Pilco, 2011). Ver Gráfico 3.2.6.4-9, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre*.

En relación a los ambientes acuáticos, se ha evidenciado que la quebrada Ocucho Machay, parte baja (COM1) y la quebrada Arnacocha, parte baja (CAR1), presentaron excedencias de los límites ISQG y PEL para los metales arsénico, cadmio, cobre y mercurio; mientras que la quebrada Chaquicocha, parte baja (CCH1) presentó excedencias para el arsénico, cadmio, mercurio y plomo, aunque éstos 3 últimos fueron excedencias puntuales (un solo evento de muestreo). Por otro lado, para el caso del río Azufre (CAZ3) se observaron excedencias de ambos estándares para el arsénico, cadmio y cobre; y para la quebrada Chaquicocha, parte alta (QCH), se registraron excedencias del arsénico, cobre, mercurio y plomo. Adicionalmente, la quebrada Ocucho Machay, parte alta (QOM) mostró valores superiores a los límites ISQG y PEL para el caso de los metales arsénico, cobre, mercurio y zinc. Para el caso de la

quebrada Totor (QTOT/HB-07), este curso de agua solo mostró excedencias del arsénico para ambos límites. Ver Gráfico 3.2.6.4-9, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre*.

**Gráfico 3.2.6.4-9 Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Azufre**



#### **Subcuenca del Río Grande (Microcuenca del Río Grande)**

De acuerdo a los resultados del contenido de metales pesados en sedimentos de la subcuenca del Río Grande, se mostraron excedencias del valor referencial ISQG y PEL al arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn); por tanto las altas concentraciones de esos metales en los ambientes acuáticos evaluarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. De la misma forma, el arsénico fue el metal que presentó mayor número de excedencias, siendo registradas en todas las estaciones de la subcuenca (7 localidades); mientras que las excedencias del zinc fueron muy puntuales, siendo evidente para un solo curso de agua (QEN). Ver Tabla 3.2.6.4-5, *Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande*.

En relación a los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones solo superaron el límite ISQG durante los diferentes eventos de muestreo, se identificaron al arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc. Si bien estos valores superan el nivel ISQG, no superan el nivel PEL, por lo que se encuentran en un rango de tolerancia que no necesariamente representaría un riesgo para la biota acuática. Asimismo, no se observaron excedencias sobre los niveles establecidos en la guía de referencia consultada para el cromo (Cr) en todas las estaciones de esta subcuenca, para los diferentes eventos de muestreo.

En relación al arsénico (As), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.39 y 180.77 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL en todos los ambientes acuáticos evaluados (7 estaciones), con mayores valores en las localidades QEN (quebrada Encajón parte alta, máximos de 133.80 y 180.77 mg/kg), PGR3 (río Grande, máximos de 124.58 y 151.20 mg/kg), PGR4 (río Grande, máximo de 104.98 mg/kg), PCB1 (quebrada Corral Blanco, máximo de 167.90 mg/kg), PEN1 (quebrada Encajón parte baja, máximos de 110.42 y 112.30 mg/kg) y PVII (quebrada Viscachayoc, máximos de 112.30 y 168.60 mg/kg), particularmente en eventos de muestreo correspondiente a las temporadas secas. Ver Gráfico 3.2.6.4-10, *Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande*.

En relación con el cadmio (Cd), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.00008 y 5.84 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL en casi todas las localidades (6), presentando excedencias puntuales, a excepción de la estación HB-03. Las mayores concentraciones de este metal se reportaron en los puntos PGR3 (río Grande, máximos de 4.90 mg/kg), PGR4 (río Grande, máximo de 5.84 mg/kg) y PCB1 (quebrada Corral Blanco, 4.94 mg/kg).

Tabla 3.2.6.4-5 Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
QEN	TH 2014	<2.0	15,466.00	133.80	158.90	0.50	<1.0	15.00	3.30	1142.00	2.16	278.40	20.70	<5.0	139.80	<5.0	<1.0	<1.0	23.40	586.60
	TS 2014	<2.0	11,001.00	45.70	38.00	0.30	<1.0	9.90	<1.8	474.30	0.22	191.30	9.20	8.20	36.90	<5.0	<1.0	<1.0	15.00	344.70
	TH 2015	<0.05	6,917.95	52.07	48.08	0.27	3.58	5.58	1.38	270.84	0.18	168.85	7.19	2.49	37.70	1.01	<0.3	4.30	15.62	170.38
	TS 2015	<0.05	12,790.88	78.40	84.42	0.43	4.64	7.44	1.92	394.72	0.36	257.59	11.84	2.57	67.49	1.46	<0.3	3.69	15.46	272.55
	TS 2016	<0.07	6,223.00	56.10	49.10	0.12	2.61	3.86	0.55	158.60	0.50	154.02	8.30	0.44	66.26	1.50	<0.3	3.90	10.09	74.40
	TH 2017	0.58	10,671.13	81.62	81.87	0.17	0.17	5.62	2.10	276.17	0.49	242.70	21.70	1.46	88.31	8.53	1.28	1.80	11.98	71.23
	TS 2017	3.11	11,270.47	84.06	89.69	0.20	0.17	4.89	1.95	307.03	0.53	184.05	19.47	2.06	84.00	2.70	1.38	2.70	10.11	93.03
	TH 2018	0.61	7,270.40	180.77	187.81	<0.173	0.25	2.76	1.94	185.43	0.70	91.79	34.10	1.40	187.26	1.75	<3.605	1.44	11.83	56.38
	TS 2018	0.552	7,134.47	99.25	90.86	<0.173	<0.144	2.81	2.16	190.81	0.90	79.26	31.03	1.36	102.63	2.63	<3.605	1.09	11.43	40.93
PGR3	TS 2012	0.05	4,101.00	102.20	44.46	0.45	2.88	2.75	0.09	143.50	0.35	83.83	15.81	2.06	70.39	5.94	0.62	2.51	9.00	73.75
	TH 2012	0.00	9,108.40	50.86	27.08	<0.002	0.49	1.95	1.02	112.05	0.02	51.75	6.92	1.23	131.00	3.53	1.99	0.60	12.00	70.94
	TS 2013	<0.000417	12,569.88	0.87	<0.0000982	<0.0000632	1.09	<0.000184	2.87	94.75	<0.000311	72.28	<0.000573	<0.00106	107.44	<0.0000538	<0.00941	<0.0000165	<0.000219	76.82
	TH 2013	<0.000417	11,745.29	0.76	<0.0000982	<0.0000632		<0.000184	2.87	87.89	<0.000311	67.22	<0.000573	<0.00106	102.49	<0.0000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	72.65
	TH 2014	<2.0	20,193.00	30.00	98.80	0.40	<1.0	7.20	3.20	91.40	0.48	100.90	5.70	<5.0	30.80	<5.0	<1.0	<1.0	69.80	60.80
	TS 2014	<2.0	25,658.00	151.20	140.80	0.50	2.20	9.60	3.60	203.20	0.77	114.70	22.10	<5.0	174.90	<5.0	<1.0	<1.0	40.80	147.00
	TH 2015	<0.05	8,832.67	53.73	59.38	0.27	3.44	2.58	1.86	74.01	0.38	69.77	4.89	<0.05	34.04	1.72	<0.3	1.55	25.27	41.33
	TS 2015	<0.05	9,619.09	66.09	56.55	0.25	4.90	2.69	1.19	78.66	0.45	63.48	8.00	<0.05	42.64	2.44	<0.3	0.78	28.16	45.84
	TS 2016	<0.07	10,500.00	74.10	69.40	0.27	3.51	8.44	1.72	133.60	0.10	333.59	6.60	0.71	54.44	1.60	<0.3	3.20	24.06	114.70
	TH 2017	0.61	12551.68	124.58	83.32	0.33	0.50	9.84	3.48	130.64	1.02	205.39	19.06	2.85	66.00	4.30	1.48	4.24	30.97	89.38
	TS 2017	3.05	10182.46	63.16	53.29	0.23	0.21	3.74	2.26	107.03	0.42	173.38	12.18	1.14	58.56	3.32	1.14	2.27	26.58	67.61
	TH 2018	0.44	10941.47	43.42	60.03	0.31	<0.144	4.59	3.68	45.02	0.96	162.54	5.85	1.21	39.52	0.83	<3.605	1.03	31.14	31.88
	TS 2018	0.31	12688.11	65.25	55.65	0.38	1.26	6.20	3.02	145.43	1.28	255.51	8.72	1.99	51.80	1.87	<3.605	1.76	31.14	82.77
PGR4	TH 2014	<2.0	36,363.00	18.80	146.40	0.70	<1.0	8.70	6.40	22.80	0.22	156.50	<4.0	<5.0	24.20	<5.0	<1.0	<1.0	56.20	47.30
	TS 2014	<2.0	35,608.00	90.00	199.70	0.50	3.40	11.00	6.10	80.30	0.53	178.30	23.50	5.50	133.20	<5.0	<1.0	<1.0	62.10	83.60
	TH 2015	<0.05	5,434.58	48.81	70.02	0.14	3.42	1.47	2.07	39.92	<0.1	131.25	4.33	<0.05	41.67	1.42	<0.3	0.64	25.91	20.05
	TS 2015	<0.05	9,132.78	104.98	73.91	0.30	5.84	2.91	1.91	70.14	0.43	76.92	6.87	<0.05	58.21	2.72	<0.3	1.16	38.90	48.29
	TH 2017	0.22	7547.52	80.77	65.94	0.23	0.17	2.04	2.21	46.35	0.43	106.88	9.65	1.17	66.54	5.48	<1.132	0.87	18.04	26.08
	TS 2017	4.70	8662.66	81.27	115.76	0.15	0.19	2.22	2.11	43.46	0.35	87.88	4.96	1.21	40.70	3.66	<1.132	1.13	20.55	31.41
	TH 2018	<0.268	8197.67	72.26	63.04	0.19	<0.144	1.68	2.63	36.44	0.24	62.80	6.10	0.67	43.48	0.97	<3.605	0.56	28.37	26.63
	TS 2018	0.40	10470.02	71.29	84.77	0.21	0.20	2.48	3.36	53.73	0.53	74.61	9.53	1.77	63.10	2.33	<3.605	0.82	30.71	21.33
PCB1	TS 2012	0.58	4,916.00	167.90	186.60	0.21	1.50	1.15	2.53	138.64	2.76	25.67	21.85	0.99	187.28	15.03	1.54	1.39	18.00	42.82
	TS 2013	<0.000417	11,778.10	0.39	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	3.38	65.09	<0.000311	33.35	<0.000573	<0.00106	37.78	<0.0000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	32.26
	TH 2014	<2.0	17,303.00	25.60	94.80	0.30	<1.0	5.60	3.30	47.80	0.44	60.80	4.70	<5.0	24.50	<5.0	<1.0	<1.0	42.40	24.60
	TS 2014	<2.0	19,849.00	46.20	134.20	0.30	<1.0	5.30	3.70	49.00	0.46	52.20	6.50	<5.0	27.60	<5.0	<1.0	<1.0	45.80	25.50
	TH 2015	<0.05	5,437.39	34.27	58.93	0.17	3.50	2.16	2.42	36.11	<0.10	70.49	2.47	<0.05	16.43	0.94	<0.3	<0.3	31.36	21.08
	TS 2015	<0.05	11,178.40	33.45	58.52	0.31	4.94	2.27	2.85	37.82	0.27	62.63	2.53	<0.05	18.04	1.22	<0.3	<0.3	31.10	25.96
	TH 2017	0.43	8148.92	30.56	223.06	0.27	0.22	6.48	4.62	33.28	3.93	441.15	3.84	2.35	20.16	0.79	2.09	2.00	45.93	49.58
	TS 2017	4.84	8129.84	30.17	90.50	0.31	0.36	8.87	1.79	33.33	2.71	675.03	3.05	2.50	11.28	0.82	1.91	1.81	23.76	59.20
	TH 2018	<0.268	7151.70	25.67	76.99	0.21	<0.144	3.22	2.51	25.24	4.02	151.78	1.10	1.07	10.56	0.15	<3.605	0.40	21.92	22.49
	TS 2018	<0.268	9009.77	25.07	77.10	0.34	0.18	7.80	2.85	34.43	5.33	325.39	1.69	1.92	14.47	0.53	<3.605	0.77	23.24	51.82
PVII	TS 2012	0.04	7,869.20	19.43	125.06	0.44	0.65	11.74	0.73	128.53	3.38	700.69	2.89	3.34	21.92	0.92	0.31	0.36	23.00	103.33
	TS 2013	<0.000417	15,273.22	1.21	<0.0000982	<0.0000632	2.16	<0.000184	3.48	26.74	<0.000311	160.01	<0.000573	<0.00106	97.24	<0.0000538	<0.00941	<0.0000165	<0.000219	41.06
	TS 2014	<2.0	23,055.00	168.60	143.50	0.50	<1.0	10.30	4.90	45.90	0.53	274.30	55.80	<5.0	509.50	<5.0	<1.0	<1.0	38.10	40.70

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
	TH 2015	<0.05	9,845.09	26.72	94.79	0.36	2.66	5.74	2.74	26.14	<0.1	293.21	2.47	1.06	60.02	0.37	<0.3	<0.3	27.50	37.99
	TS 2015	<0.05	6,366.86	51.58	49.19	0.21	4.65	2.12	0.82	41.53	0.43	72.96	6.83	<0.05	35.45	1.68	<0.3	1.04	22.70	27.34
	TS 2016	<0.07	7,998.00	45.00	83.80	0.40	2.93	9.08	1.64	17.10	<0.1	466.05	5.80	1.23	157.52	0.80	<0.3	<0.3	21.76	34.20
	TH 2017	0.42	10631.16	65.21	82.62	0.32	0.08	7.19	2.99	30.77	0.42	438.38	18.38	2.03	161.63	5.55	<1.132	0.42	29.24	29.57
	TS 2017	1.39	7800.22	118.93	54.24	0.28	0.05	4.43	2.21	30.64	0.22	201.78	13.67	1.91	277.21	3.31	<1.132	0.17	31.62	26.66
	TH 2018	<0.268	12497.98	56.15	65.51	0.37	<0.144	5.19	3.89	34.20	0.25	339.70	4.85	1.93	108.17	0.32	<3.605	0.26	24.80	25.77
	TS 2018	<0.268	10179.65	69.46	66.39	0.49	<0.144	9.04	3.17	23.63	0.31	350.44	21.04	2.14	156.88	1.31	<3.605	0.23	26.07	29.30
PEN1	TS 2012	0.18	2,053.50	79.13	28.40	0.61	0.35	2.22	<0.01	187.14	0.35	64.36	28.53	2.87	98.53	7.80	1.89	0.36	<1	85.80
	TH 2012	0.02	9,696.60	66.08	33.43	<0.002	0.59	3.36	0.85	279.57	0.09	103.60	13.76	2.78	84.01	4.23	0.65	0.26	4.00	215.66
	TH 2014	<2.0	7,115.00	102.10	138.50	<0.2	<1.0	6.70	1.90	311.50	0.56	126.50	22.20	<5.0	129.80	<5.0	<1.0	<1.0	18.20	183.90
	TS 2014	<2.0	9,339.00	112.30	90.90	<0.2	<1.0	5.30	<1.8	334.00	0.41	83.70	22.90	<5.0	158.80	<5.0	<1.0	<1.0	17.70	188.90
	TH 2015	<0.05	5,016.29	80.06	49.39	0.15	2.65	3.01	1.19	214.97	0.44	83.16	12.42	1.33	114.78	1.19	<0.3	1.91	10.72	117.93
	TS 2015	<0.05	6,063.77	110.42	59.60	0.20	3.53	3.17	1.02	219.71	0.58	83.55	18.23	1.12	141.19	3.11	<0.3	1.41	16.41	115.54
	TH 2017	0.25	7,500.71	87.03	86.23	0.16	0.10	1.60	1.89	126.15	0.29	58.49	15.38	1.13	79.45	7.79	1.16	1.39	15.22	44.52
	TS 2017	3.31	4,478.31	74.42	44.32	0.06	0.13	1.87	1.34	92.70	0.38	76.30	20.86	0.98	102.38	5.18	<1.132	1.40	10.44	41.96
	TH 2018	0.33	9,995.87	129.92	83.11	<0.173	0.23	1.38	1.34	107.93	0.32	95.76	12.10	0.67	158.97	1.55	<3.605	1.91	16.56	63.61
	TS 2018	0.50	7,017.47	93.93	74.87	<0.173	<0.144	1.51	2.21	114.81	0.51	76.28	24.27	1.00	102.14	2.19	<3.605	0.82	15.96	26.11
HB-03	TS 2017	< 0.6	3,660.00	43.40	79.90	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	540.40	2.18	25.00	< 0.6	< 1	44.00	< 2.5	< 1.6	< 3	7.30	82.40
	TH 2018	< 0.6	9,180.00	44.30	114.80	< 0.3	2.10	< 0.8	< 0.9	37.80	0.28	54.00	< 0.6	< 1	38.00	< 2.5	< 1.6	< 3	33.60	25.90
ISQG		--	--	5.9	--	--	0.6	--	37.3	35.7	0.17	--	--	--	35	--	--	--	--	123
PEL		--	--	17	--	--	3.5	--	90	197	0.486	--	--	--	91.3	--	--	--	--	315

Notas:

Las concentraciones de los diferentes metales en las muestras de sedimento son expresadas en mg/kg

Clasificación de los Límites de Sedimentos

CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines

ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces

PEL: Nivel de Efecto Probable

TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca

Fuente:

Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012)

Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014)

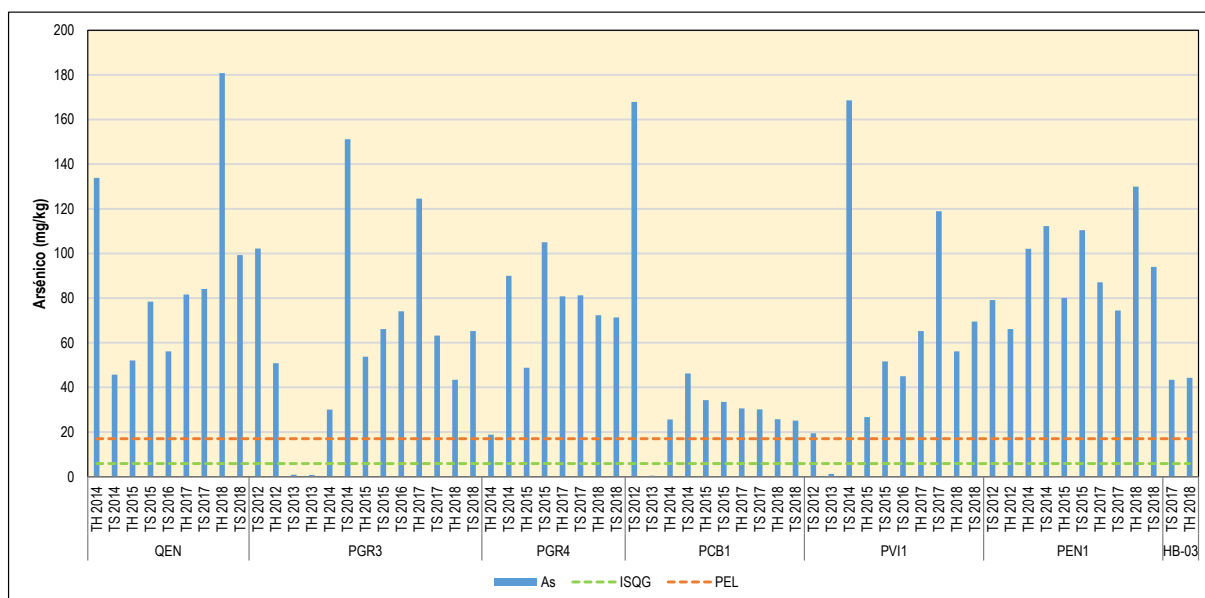
Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016)

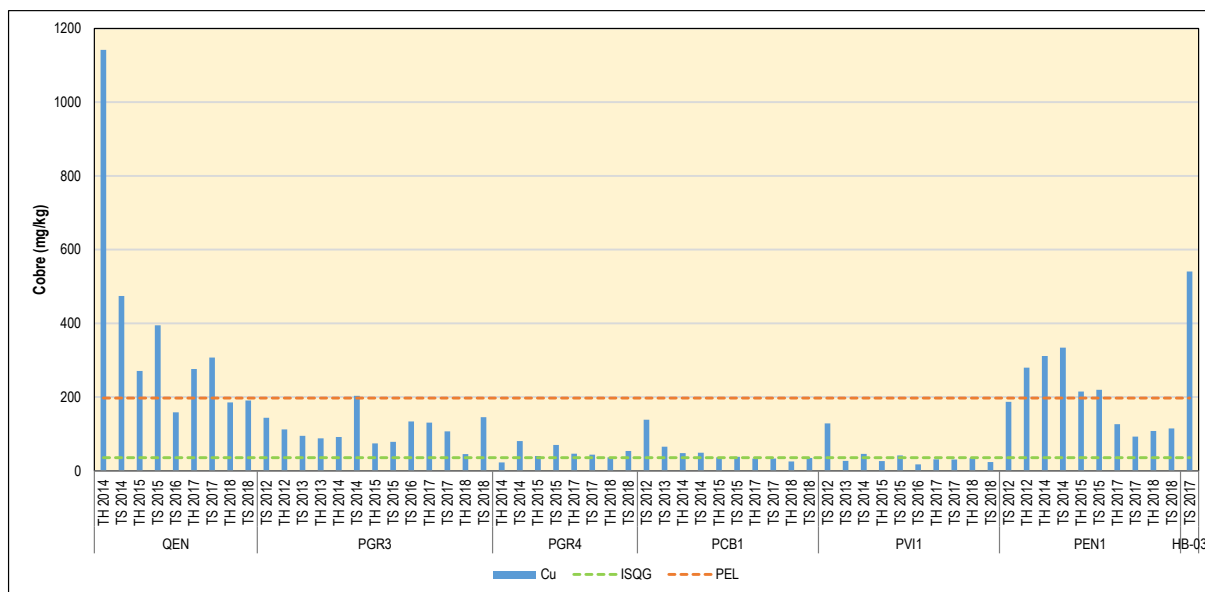
Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)

	Supera ISQG
	Supera ISQG y PEL
	No supera ninguno de los límites

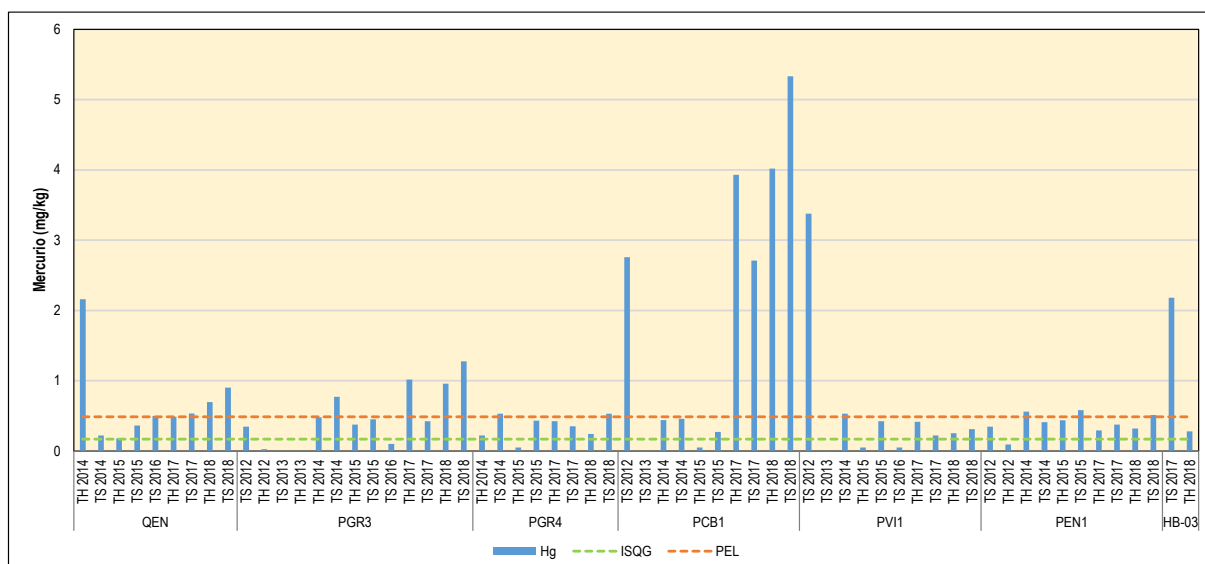
**Gráfico 3.2.6.4-10 Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande**

Asimismo, para el caso del cobre (Cu), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 17.10 y 1,142 mg/kg y mostraron excedencia del límite ISQG en las localidades QEN (quebrada Encajón, parte alta), PGR3 (río Grande), PGR4 (río Grande), PCB1 (quebrada Corral Blanco), PVI1 (quebrada Viscachayoc), PEN1 (quebrada Encajón, parte baja) y HB-03 (quebrada Corral Blanco). Además, se registraron excedencias puntuales al límite ISQG y PEL en las localidades QEN (quebrada Encajón, parte alta), PGR3 (río Grande), PEN1 (quebrada Encajón, parte baja) y HB-03 (quebrada Corral Blanco), con mayores valores en los puntos QEN (máximos de 474.30 y 1,142 mg/kg), PEN1 (máximos de 311.50 y 334 mg/kg) y HB-03 (máximo de 540.40 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-11, *Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande*.

**Gráfico 3.2.6.4-11 Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande**

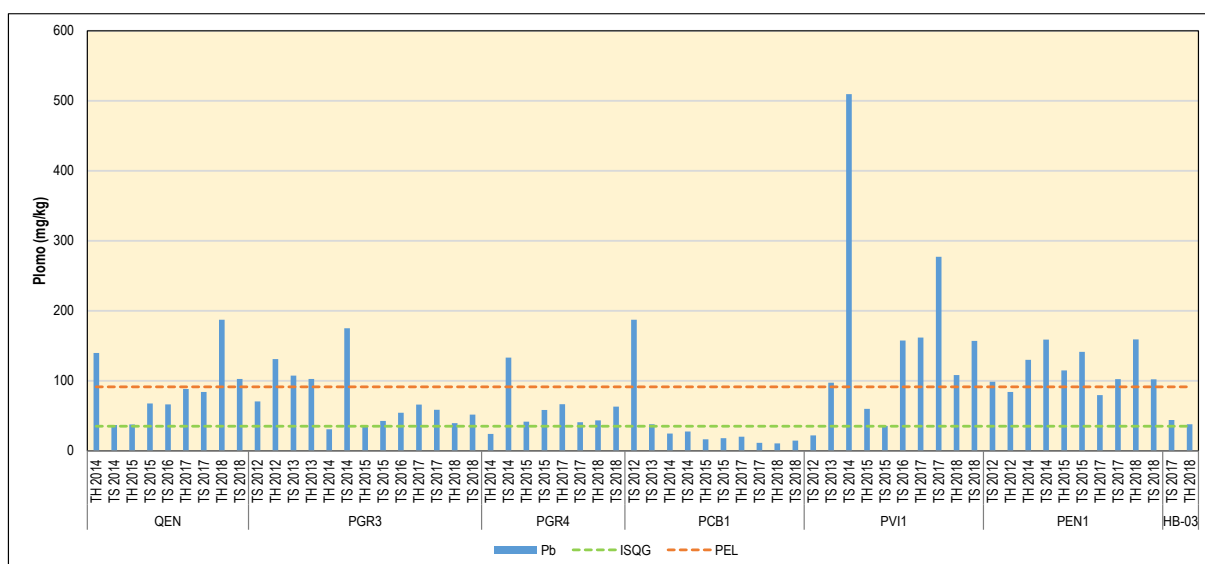
Asimismo, se evidenciaron excedencias puntuales a los límites ISQG y PEL establecidos para el mercurio (Hg) en todas las localidades (7), con máximos valores de 4.02 y 5.33 mg/kg en el punto PCB1 (quebrada Corral Blanco) durante los monitoreos del periodo 2018. De igual manera, en todos los ambientes acuáticos se reportaron excedencias sólo del valor ISQG para algunos eventos de muestreo. Ver Gráfico 3.2.6.4-12, *Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande*.



**Gráfico 3.2.6.4-12 Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande**

En relación al plomo (Pb), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 10.56 y 509.50 mg/kg y mostraron excedencias muy puntuales de los límites ISQG y PEL en 6 localidades, en donde la estación PEN1 (quebrada Encajón, parte baja) mostró excedencias en casi todos los eventos de muestreo. Asimismo, se evidenciaron excedencias solo al límite ISQG en todas las localidades (7) consideradas en esta subcuenca. Las mayores concentraciones de plomo fueron registradas en las estaciones PGR3 (río Grande, máximo de 174.90 mg/kg), PCB1 (quebrada Corral Blanco, 187.28 mg/kg), PVI1 (quebrada Viscachayoc, 509.50 mg/kg), QEN (quebrada Encajón parte alta, 187.26 mg/kg) y PEN1 (quebrada Encajón parte baja, 158.80 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-13, *Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande*.

Asimismo, las concentraciones del zinc (Zn) fluctuaron entre 20.05 y 586.60 mg/kg, y se encontraron excedencias muy puntuales de este metal al límite ISQG para las estaciones QEN (quebrada Encajón, parte alta), PGR3 (río Grande) y PEN1 (quebrada Encajón, parte baja); mientras que para los límites ISQG y PEL solo hubo dos excedencias puntuales para la estación QEN durante el monitoreo del periodo 2014, correspondiente a los máximos valores encontrados (344.70-586.60 mg/kg) en esta subcuenca.

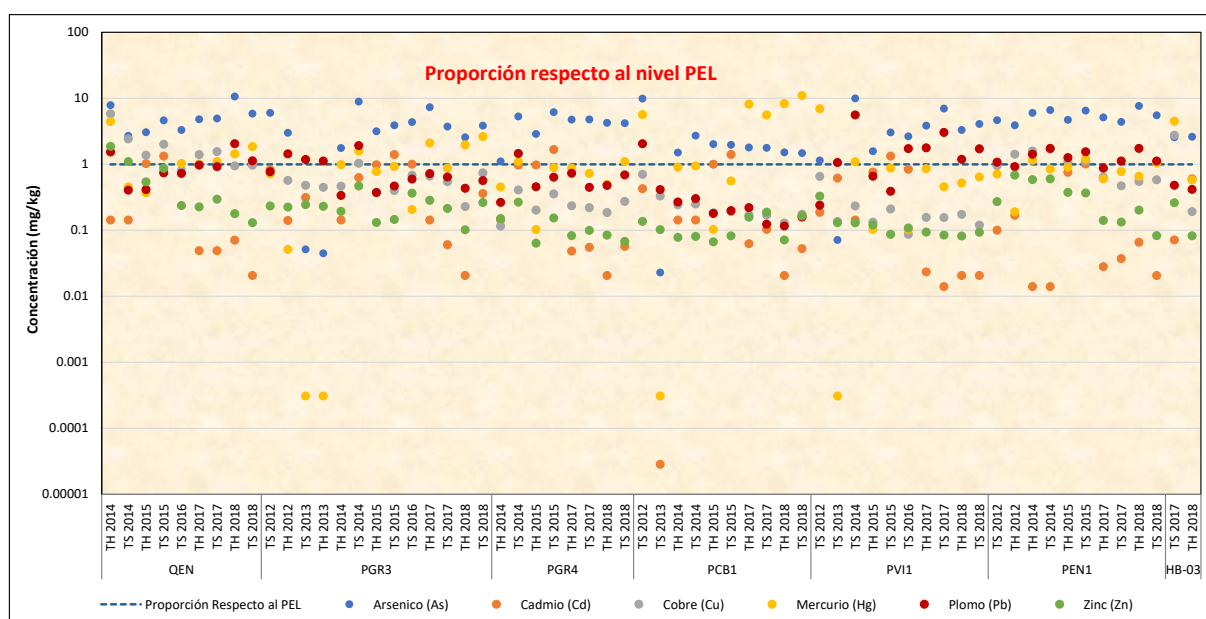
**Gráfico 3.2.6.4-13 Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca del Río Grande**

En base a los resultados obtenidos, se infiere que la concentración de arsénico (As) fue alta y mostró excedencias al límite PEL en todas las estaciones de muestreo evaluadas en esta subcuenca, y estaría relacionada a la naturaleza geológica de ésta, es decir, a la presencia de minerales como la enargita

( $\text{Cu}_3\text{As}_5\text{S}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca (Pilco, 2011). Ver Gráfico 3.2.6.4-14, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande*.

En relación a los ambientes acuáticos, se ha evidenciado que la quebrada Encajón, parte alta (QEN) presentó excedencias de los límites ISQG y PEL para todos los metales que incluyen arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc; registrando altas concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc. Asimismo, la quebrada Encajón, parte baja (PEN1) y el río Grande (PGR3) presentaron excedencias de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo, presentando estos 4 últimos metales excedencias muy puntuales. Por otro lado, la quebrada Viscachayoc (PVI1) y el río Grande (PGR4) mostraron valores excedentes de ambos límites para el arsénico, cadmio, mercurio y plomo, con altas concentraciones de arsénico, mercurio y plomo en el punto PVI1. Adicionalmente, la quebrada Corral Blanco (HB-03) presentó excedencias a los límites ISQG y PEL para metales como arsénico, cobre y mercurio. Ver Gráfico 3.2.6.4-14, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande*.

**Gráfico 3.2.6.4-14 Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Grande**



#### **Subcuenca del Río Quinuario (Microcuencas de la Quebrada La Saccha y Río San José)**

De acuerdo a los resultados del contenido de metales pesados en sedimentos de la subcuenca del Río Quinuario, se mostraron excedencias del valor referencial ISQG y PEL al arsénico (As), cobre (Cu) y mercurio (Hg); por tanto, las altas concentraciones de esos metales en los tramos de algunos cursos de agua evaluados presentarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. De la misma forma, el arsénico fue el metal que presentó mayor número de excedencias, siendo registradas en dos localidades (ubicadas en la quebrada San José). Ver Tabla 3.2.6.4-6, *Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuario*.

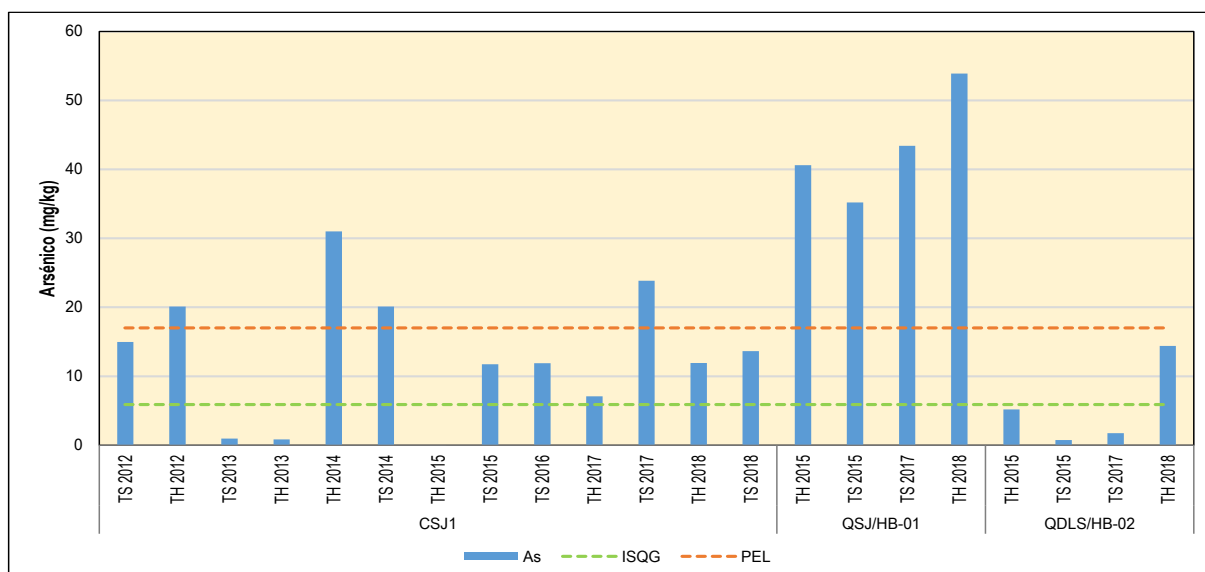
En relación con los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones superaron el límite ISQG durante los diferentes eventos de muestreo, se identificaron al arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc. Si bien estos valores superan el nivel ISQG, no superan el nivel PEL, por lo que se encuentran en un rango de tolerancia que no necesariamente representaría un riesgo para la biota acuática.

Asimismo, no se observaron excedencias sobre los niveles establecidos en la guía de referencia consultada para el cromo (Cr) en todas las estaciones de esta subcuenca, para los diferentes eventos de muestreo.

En relación al arsénico (As), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.001 y 53.90 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL en las localidades CJS1 (quebrada San José, parte baja) y QSJ/HB-01

(quebrada San José, parte alta), con mayores valores en el punto QSJ/HB-01 durante 3 eventos de muestreo, alcanzando un máximo de 53.90 mg/kg durante la temporada húmeda 2018. Asimismo, se encontraron excedencias de este metal al límite ISQG para las localidades CSJ1 (quebrada San José, parte baja) y QDLS/HB-02 (quebrada La Saccha, parte alta). Ver Gráfico 3.2.6.4-15, *Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario*.

**Gráfico 3.2.6.4-15 Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario**



En relación al cadmio (Cd), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.00008 y 2.30 mg/kg y superaron los límites ISQG en las 3 localidades evaluadas, con mayores valores de 2.30 y 1.80 mg/kg en las localidades QSJ/HB-01 (quebrada San José, parte alta) y QDLS/HB-02 (quebrada La Saccha, parte alta) 1.66 mg/kg), respectivamente. No se registraron excedencias del límite PEL para las 3 localidades y diferentes eventos de muestreo. Por otro lado, para el caso del cobre (Cu), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.01 y 540.40 mg/kg y mostraron excedencia del límite ISQG en las 3 localidades evaluadas; se registraron excedencias puntuales al límite ISQG y PEL en las localidades CSJ1 (quebrada San José, parte baja) y QSJ/HB-01 (quebrada San José, parte alta), con mayores valores en el punto QSJ/HB-01 (máximos de 417.50 y 540.40 mg/kg). Ver Gráfico 3.2.6.4-16, *Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario*.

**Gráfico 3.2.6.4-16 Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario**

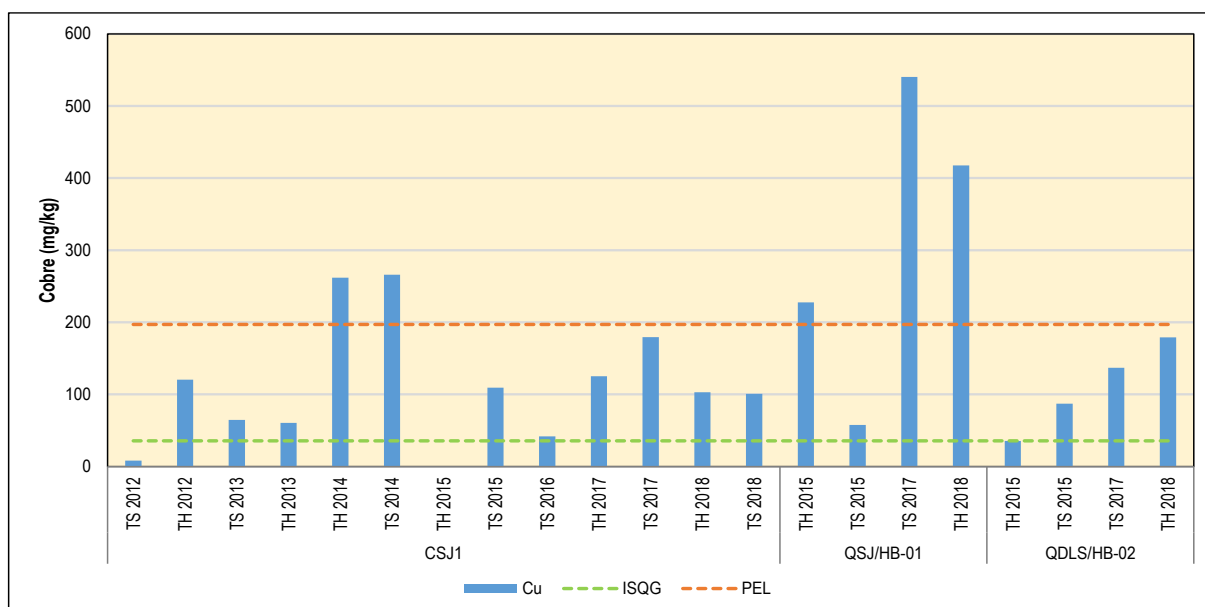


Tabla 3.2.6.4-6 Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuario

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Ti	V	Zn
CSJ1	TS 2012	<0.002	4912.10	14.98	153.82	0.43	0.71	3.15	<0.01	8.27	0.18	313.93	0.24	1.85	8.17	1.27	1.82	0.15	10.00	67.68
	TH 2012	0.25	5462.40	20.11	40.57	<0.002	0.25	1.38	0.74	120.59	0.63	49.90	1.57	0.74	15.96	6.48	<0.05	0.17	<1	106.54
	TS 2013	< 0.000417	3609.82	0.95	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	0.11	64.76	0.07	68.53	< 0.000573	< 0.00106	16.29	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	60.06
	TH 2013	<0.000417	3501.29	0.85	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	0.09	60.46	0.07	62.37	<0.000573	<0.00106	15.59	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	55.55
	TH 2014	<2.0	7241.00	31.00	220.30	0.30	<1.0	18.70	9.40	262.00	1.59	543.20	<4.0	7.40	35.60	<5.0	<1.0	<1.0	162.70	255.10
	TS 2014	<2.0	8181.00	20.10	139.00	0.30	<1.0	7.20	2.20	265.90	1.87	256.40	<4.0	<5.0	34.10	<5.0	<1.0	<1.0	36.40	189.40
	TH 2015	<0.0005	0.12	<0.001	0.02	<0.0002	<0.0004	<0.0003	<0.0005	0.01	<0.001	0.01	<0.002	<0.0005	0.01	<0.001	<0.003	0.00	0.00	0.01
	TS 2015	<0.05	4897.94	11.73	79.84	0.26	1.63	2.86	1.02	109.40	0.65	165.72	0.98	0.74	11.74	1.18	<0.3	<0.3	23.10	54.26
	TS 2016	<0.07	3277.00	11.90	64.90	0.16	1.66	3.12	0.98	41.90	0.90	170.66	0.70	0.57	10.39	1.80	<0.3	<0.3	20.16	57.60
	TH 2017	0.09	11256.39	7.08	86.43	0.44	0.09	5.60	2.48	125.14	0.33	232.54	1.75	2.60	10.59	1.71	<1.132	0.66	36.82	47.24
	TS 2017	2.49	4239.77	23.85	111.55	0.17	0.05	2.66	1.39	179.36	1.72	157.72	1.48	1.44	13.22	6.15	<1.132	0.70	19.84	37.94
	TH 2018	<0.268	3099.30	11.91	47.97	<0.173	<0.144	2.23	1.24	102.90	0.24	110.29	0.95	1.00	11.97	1.10	<3.605	0.21	13.14	28.02
	TS 2018	<0.268	3555.66	13.63	66.93	<0.173	<0.144	4.42	2.47	100.68	1.27	180.02	1.35	1.21	11.48	1.89	<3.605	0.34	24.06	28.06
QSJ/HB-01	TH 2015	< 0.2	6644.00	40.60	227.10	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	227.50	3.34	48.90	< 0.2	< 0.5	50.20	< 1	< 1	< 2	< 0.5	115.50
	TS 2015	< 0.2	18352.00	35.20	207.40	< 0.1	< 0.1	4.00	< 0.2	57.60	1.04	27.50	< 0.2	< 0.5	30.50	3.00	4.00	< 2	22.60	55.20
	TS 2017	< 0.6	3660.00	43.40	79.90	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	540.40	2.18	25.00	< 0.6	< 1	44.00	< 2.5	< 1.6	< 3	7.30	82.40
	TH 2018	< 0.6	5888.00	53.90	164.40	< 0.3	2.30	< 0.8	< 0.9	417.50	1.88	49.00	< 0.6	< 1	53.00	< 2.5	< 1.6	< 3	11.50	112.00
QDLS/HB-02	TH 2015	< 0.2	11645.00	5.20	92.80	< 0.1	< 0.1	< 0.5	< 0.2	35.60	0.07	177.60	< 0.2	< 0.5	2.20	< 1	< 1	< 2	26.40	39.50
	TS 2015	< 0.2	14068.00	< 1.5	124.00	< 0.1	< 0.1	8.30	< 0.2	87.20	0.18	281.30	5.50	< 0.5	< 1.5	< 1	< 1	< 2	27.10	99.80
	TS 2017	< 0.6	11143.00	< 3.5	59.00	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	136.80	0.63	162.00	< 0.6	< 1	19.00	< 2.5	< 1.6	< 3	15.60	49.50
	TH 2018	< 0.6	12102.00	14.40	120.90	< 0.3	1.80	< 0.8	< 0.9	179.20	0.55	190.00	< 0.6	< 1	< 2	< 2.5	< 1.6	< 3	21.30	76.60
ISQG		--	--	5.9	--	--	0.6	--	37.3	35.7	0.17	--	--	--	35	--	--	--	--	123
PEL		--	--	17	--	--	3.5	--	90	197	0.486	--	--	--	91.3	--	--	--	--	315

Notas:

Las concentraciones de los diferentes metales en las muestras de sedimento son expresadas en mg/kg

Clasificación de los Límites de Sedimentos

CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines

ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces

PEL: Nivel de Efecto Probable

TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca

Fuente:

Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012)

Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014)

Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016)

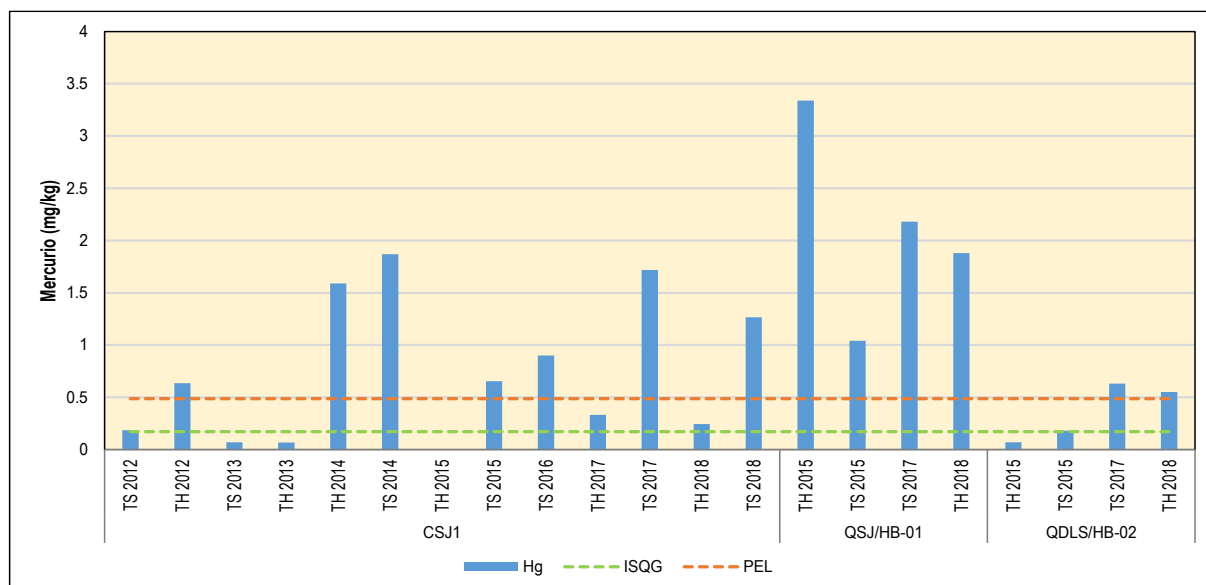
Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018)

Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)

	Supera ISQG
	Supera ISQG y PEL
	No supera ninguno de los límites

Asimismo, se evidenciaron excedencias a los límites ISQG y PEL establecidos para el mercurio (Hg) en las 3 localidades evaluadas, con máximos valores de 2.18 y 3.34 mg/kg en la localidad QSJ/HB-01 (quebrada San José, parte baja). De igual forma, las localidades CSJ1 y QDLS/HB-02, ubicadas en la quebrada San José, presentaron excedencias muy puntuales del estándar ISQG. Ver Gráfico 3.2.6.4-17, *Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario*.

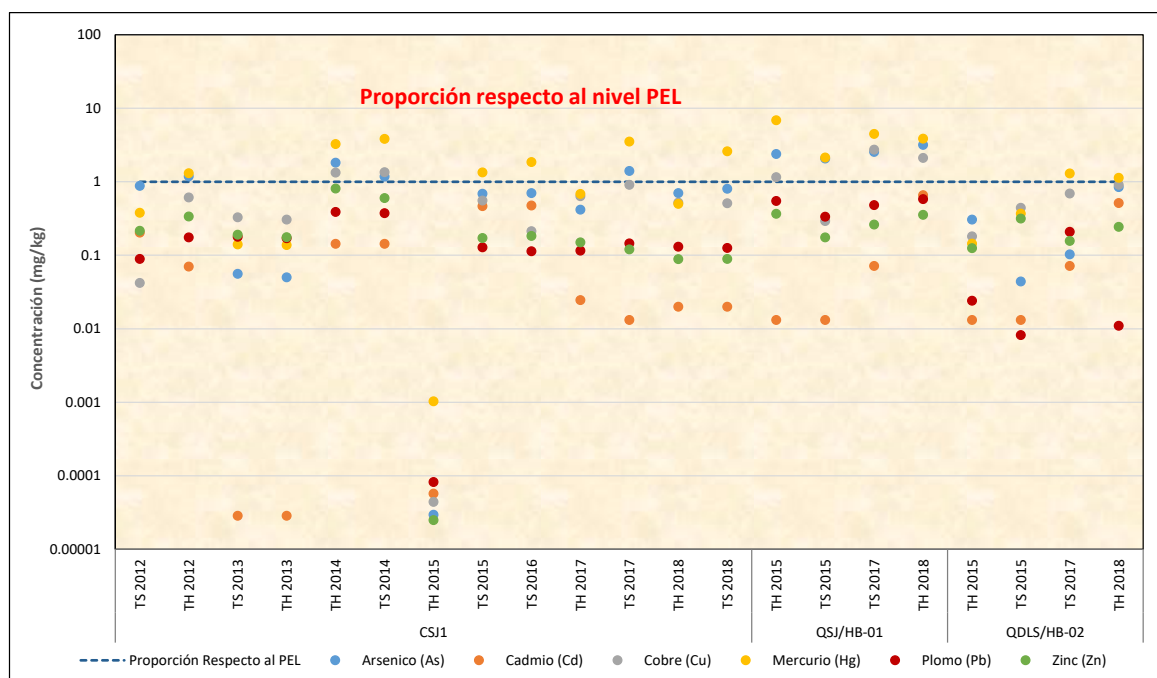
**Gráfico 3.2.6.4-17 Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Quinuario**



En relación al plomo (Pb), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 0.01 y 53 mg/kg y sólo mostraron excedencias muy puntuales del límite ISQG en las estaciones CSJ1 (quebrada San José, parte baja) y QSJ/HB-01 (quebrada San José, parte alta). No se presentaron excedencias al límite PEL en las estaciones evaluadas. Las mayores concentraciones de plomo fueron registradas en la estación QSJ/HB-01, con máximos de 50.20 y 53 mg/kg. Por otro lado, las concentraciones del zinc (Zn) fluctuaron entre 0.01 y 255.10 mg/kg, y se encontró una sola excedencia al límite ISQG para la estación CSJ1 (quebrada San José, parte baja), con un valor de 225.10 mg/kg. En general, los valores reportados de zinc estuvieron debajo de los límites del estándar canadiense.

En base a los resultados obtenidos, se infiere que la concentración de As fue alta y mostró excedencias al límite PEL en dos estaciones de muestreo evaluadas en esta subcuenca, y estaría relacionada a la naturaleza geológica de ésta, es decir, a la presencia de minerales como la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As}, \text{Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca (Pilco, 2011). Ver Gráfico 3.2.6.4-18, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuario*.

En relación a los ambientes acuáticos, se ha evidenciado que la quebrada José, tanto en la parte alta como en la parte baja (CSJ1 y QSJ/HB-01) presentó excedencias de los límites ISQG y PEL para el arsénico, cobre y mercurio. Mientras que la quebrada La Saccha (QDLS/HB-02) mostró solo excedencias del mercurio para ambos límites durante los diferentes eventos de muestreo. Ver Gráfico 3.2.6.4-18, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuario*.

**Gráfico 3.2.6.4-18****Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Quinuario****Subcuenca del Río Rejo (Microcuenca del Río Shoclla, Microcuenca de la Quebrada Chachacoma e Intercuenca SN2)**

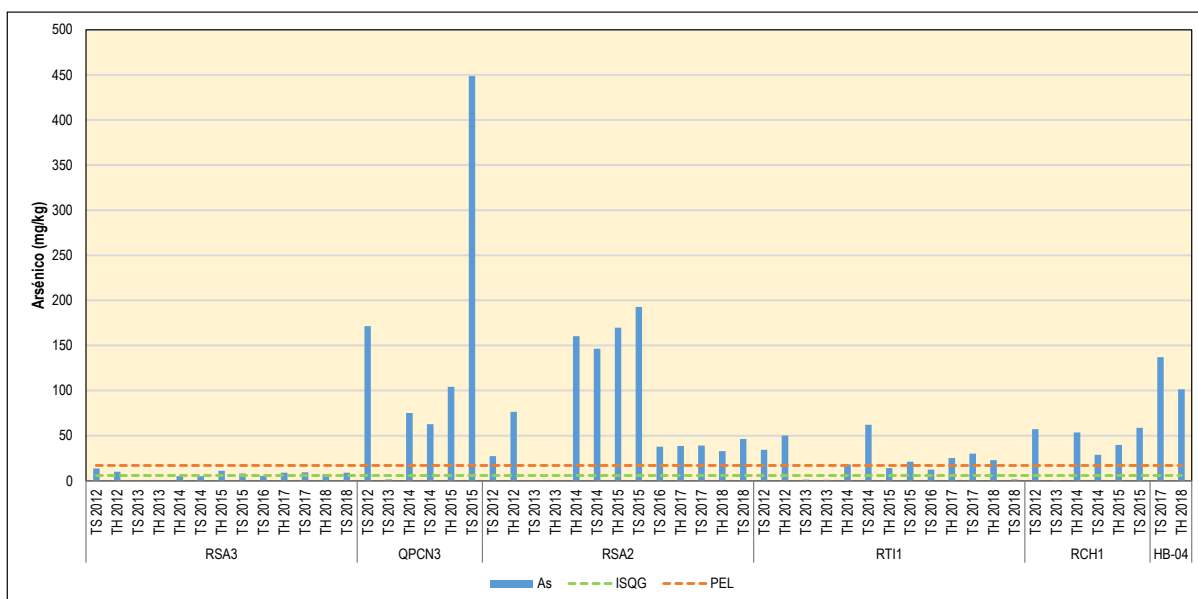
De acuerdo a los resultados del contenido de metales pesados en sedimentos de la subcuenca del Río Rejo, se mostraron excedencias de los límites ISQG y PEL al arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg), plomo (Pb) y zinc (Zn); por tanto las altas concentraciones de esos metales en los tramos de algunos cursos de agua evaluados presentarían una toxicidad potencial que podría afectar y limitar el desarrollo de la biota en los hábitats acuáticos, principalmente la comunidad bentónica. De la misma forma, el arsénico fue el metal que presentó mayor número de excedencias, siendo registradas en casi todas las estaciones evaluadas (5 localidades); mientras que el zinc presentó una sola excedencia puntual para ambos límites en esta subcuenca. Ver Tabla 3.2.6.4-7, *Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo*.

En relación a los metales pesados detectados en los sedimentos y cuyas concentraciones superaron el límite ISQG durante los diferentes eventos de muestreo, se identificaron al arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc. Si bien estos valores superan el nivel ISQG, no superan el nivel PEL, por lo que se encuentran en un rango de tolerancia que no necesariamente representaría un riesgo para la biota acuática.

Asimismo, no se observaron excedencias sobre los niveles establecidos en la guía de referencia consultada para el cromo (Cr) en todas las estaciones de esta subcuenca, para los diferentes eventos de muestreo.

En relación al arsénico (As), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.0037 y 448.78 mg/kg y superaron los límites ISQG y PEL en todos los ambientes acuáticos evaluados (5 localidades), a excepción del punto RSA3, con mayores valores en las estaciones QPCN3 (quebrada S/N, máximos de 171.29 y 448.78 mg/kg) y RSA2 (río Shoclla, parte baja, máximos de 169.68 y 192.75 mg/kg). Asimismo, se encontraron excedencias de este metal sólo al límite ISQG para las localidades RSA3 (río Shoclla, parte alta) y RTI1 (río Tinte) para algunos eventos de muestreo. Ver Gráfico 3.2.6.4-19, *Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo*.

En relación con el cadmio (Cd), las concentraciones de este metal fluctuaron entre <0.00008 y 9.07 mg/kg y superaron los límites ISQG en las estaciones RSA3 (río Shoclla, parte alta), QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja) y RTI1 (río Tinte). Asimismo, se registraron excedencias puntuales del límite PEL para las localidades RSA3 (río Shoclla, parte alta), QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja), RCH1 (quebrada Chachacoma) y HB-04 (quebrada del Cushuro), con máximas concentraciones de 8.12 y 9.07 mg/kg en el punto RSA2 durante el periodo 2015.

**Gráfico 3.2.6.4-19 Concentración de Arsénico en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo**

Asimismo, para el caso del cobre (Cu), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 2.13 y 1,023.12 mg/kg y mostraron excedencia del límite ISQG en las localidades QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja), RTI1 (río Tinte) y HB-04 (quebrada del Cushuro). Además, se registraron excedencias puntuales a los límites ISQG y PEL en las localidades QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja) y HB-04 (quebrada del Cushuro), con máximos valores de 1,023.12 y 805.30 mg/kg en los puntos QPCN3 y RSA2, respectivamente; las otras localidades no presentaron excedencias del PEL. Ver Gráfico 3.2.6.4-20, *Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo*.

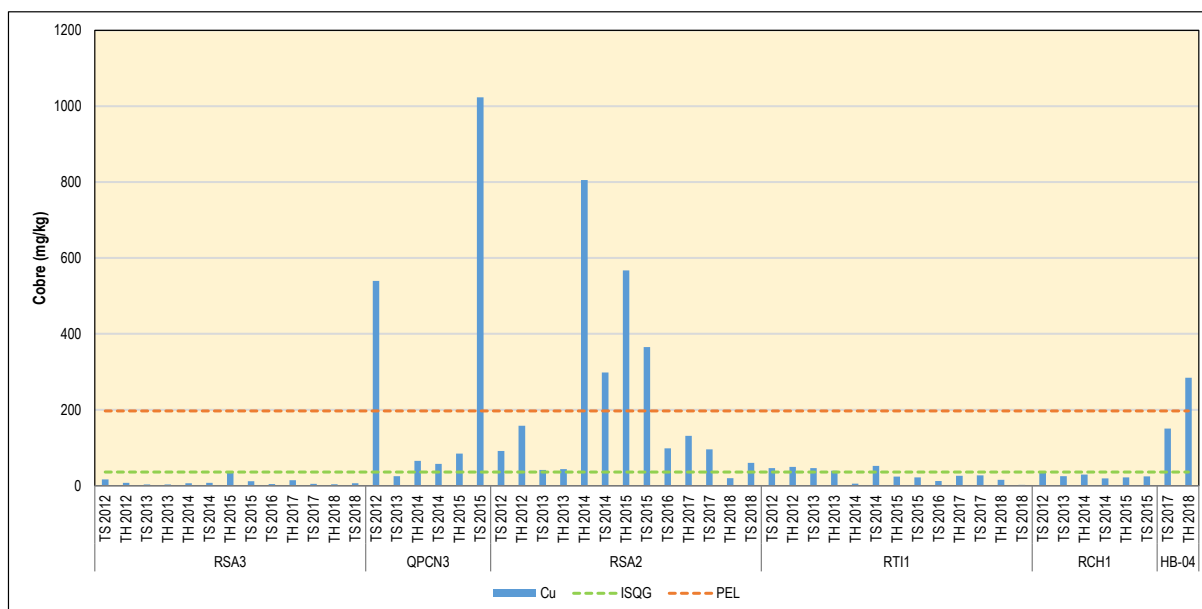
**Gráfico 3.2.6.4-20 Concentración de Cobre en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo**



Tabla 3.2.6.4-7 Contenido de Metales en Sedimentos de las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
RSA3	TS 2012	<0.002	2708.80	13.53	61.20	0.19	0.24	3.35	1.84	16.59	<0.0025	358.97	0.36	1.69	8.05	0.45	<0.05	0.07	18.00	32.66
	TH 2012	<0.002	3471.40	9.93	54.05	0.45	0.08	3.78	1.46	7.53	0.11	355.22	0.05	0.67	2.27	0.14	<0.05	0.08	16.00	30.48
	TS 2013	< 0.000417	7093.91	< 0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	5.32	< 0.000184	1.06	3.02	< 0.000311	540.90	< 0.000573	< 0.00106	7.36	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	35.50
	TH 2013	<0.000417	6964.22	<0.00368	<0.0000982	<0.0000632	4.89	<0.000184	1.12	3.17	<0.000311	562.53	<0.000573	<0.00106	6.77	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	36.21
	TH 2014	<2.0	10629.00	<10.0	86.10	0.30	<1.0	7.30	5.10	6.50	0.05	388.20	<4.0	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	44.40	39.20
	TS 2014	<2.0	9203.00	<10.0	99.80	0.30	<1.0	6.10	2.30	7.60	0.05	438.90	<4.0	<5.0	<10.0	<5.0	<1.0	<1.0	29.40	37.00
	TH 2015	<0.05	5951.69	11.04	100.35	0.23	1.21	4.47	1.97	34.26	<0.10	452.03	0.31	1.31	15.04	0.46	<0.3	<0.3	16.44	42.79
	TS 2015	<0.05	5837.03	8.13	68.74	0.27	1.52	3.61	1.39	11.54	<0.1	225.17	<0.2	0.55	9.77	0.40	<0.3	<0.3	21.07	43.58
	TS 2016	<0.07	3156.00	5.20	48.70	0.12	0.79	3.10	0.79	4.11	<0.1	225.93	<0.2	0.22	8.73	<0.2	<0.3	<0.3	13.39	19.30
	TH 2017	0.64	5694.64	8.95	339.52	0.23	0.13	4.54	2.78	14.02	0.34	585.31	3.51	1.48	10.61	1.48	<1.132	0.23	23.17	29.60
	TS 2017	8.17	6556.03	9.33	92.15	0.30	0.10	5.26	2.13	4.87	<0.082	603.56	0.30	1.11	6.27	0.40	<1.132	0.13	25.34	35.06
	TH 2018	<0.268	3431.35	7.20	65.28	<0.173	<0.144	3.11	1.95	3.73	0.28	317.12	0.39	0.92	56.15	0.44	<3.605	<0.093	22.33	21.63
	TS 2018	<0.268	3546.55	8.84	76.52	0.19	<0.144	2.82	1.38	6.26	<0.262	273.54	0.43	0.66	6.43	0.49	<3.605	0.11	14.84	23.07
QPCN3	TS 2012	0.76	6918.30	171.29	105.65	0.41	8.14	30.07	1.00	539.76	1.36	1181.72	9.46	3.62	93.65	4.69	3.17	3.57	20.00	172.51
	TS 2013	< 0.000417	10370.21	1.45	< 0.0000982	< 0.0000632	0.34	< 0.000184	2.55	24.98	0.15	558.20	< 0.000573	< 0.00106	97.57	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	50.83
	TH 2014	<2.0	15345.00	75.20	263.10	0.60	4.10	11.30	4.60	65.20	1.05	306.80	15.90	<5.0	134.20	<5.0	<1.0	<1.0	29.20	123.30
	TS 2014	<2.0	18773.00	62.80	258.10	0.60	2.10	12.40	5.40	57.20	3.42	486.10	14.60	5.90	119.00	<5.0	<1.0	<1.0	42.20	123.60
	TH 2015	<0.05	4988.77	104.04	288.01	0.34	3.33	13.37	2.25	84.68	1.58	601.46	22.62	3.77	178.17	2.57	<0.3	0.49	17.31	101.06
	TS 2015	3.04	18624.91	448.78	541.01	0.50	6.08	8.42	4.67	1023.12	2.36	165.58	24.75	4.45	317.41	9.29	<0.3	0.81	13.42	319.06
RSA2	TS 2012	<0.002	7959.80	27.27	166.24	1.35	2.64	7.61	1.95	91.34	0.54	759.63	1.71	3.72	24.71	1.70	1.80	1.00	32.00	84.94
	TH 2012	<0.002	4662.50	76.35	69.46	0.84	2.94	14.33	5.53	157.60	0.25	398.76	4.74	4.20	60.67	2.66	<0.05	1.24	35.00	104.26
	TS 2013	< 0.000417	17223.91	<0.00368	< 0.0000982	< 0.0000632	<0.0000849	< 0.000184	2.90	41.33	<0.000311	198.00	< 0.000573	< 0.00106	12.66	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	85.92
	TH 2013	<0.000417	16284.65	<0.00368	<0.0000982	<0.0000632	<0.0000849	<0.000184	2.69	43.39	<0.000311	182.16	<0.000573	<0.00106	11.65	<0.000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	87.64
	TH 2014	<2.0	37490.00	160.20	234.90	1.10	6.40	40.10	7.10	805.30	2.51	1166.00	19.60	9.10	198.10	14.20	<1.0	<1.0	53.50	261.20
	TS 2014	<2.0	13337.00	146.40	144.60	0.50	6.50	28.40	4.00	298.40	0.31	914.50	9.30	5.70	141.70	<5.0	<1.0	<1.0	35.90	173.50
	TH 2015	<0.05	10964.64	169.68	185.74	0.61	9.07	48.53	3.42	567.23	1.15	1509.43	14.68	5.97	199.42	3.86	<0.3	2.89	28.12	196.38
	TS 2015	<0.05	11525.43	192.75	182.49	0.70	8.12	23.25	2.63	365.11	1.20	581.06	9.21	3.90	207.03	3.85	<0.3	1.98	30.19	206.99
	TS 2016	<0.07	6506.00	37.70	93.70	0.49	5.06	11.12	3.44	98.46	<0.1	194.73	2.40	2.08	64.11	1.40	<0.3	<0.3	38.00	130.00
	TH 2017	1.16	8782.39	38.51	70.52	0.43	0.95	14.35	3.02	131.26	0.41	576.22	5.77	2.93	55.17	2.61	<1.132	1.03	32.24	95.38
	TS 2017	4.85	8894.87	39.08	68.40	0.38	0.72	11.97	4.04	95.54	0.26	490.21	5.07	2.98	64.69	3.80	<1.132	0.84	33.14	77.45
	TH 2018	0.39	6204.75	32.90	96.71	0.38	<0.144	3.15	2.51	19.35	0.36	188.42	1.96	1.29	56.15	1.36	<3.605	0.35	22.64	48.64
	TS 2018	0.32	7243.05	46.30	98.09	1.16	0.58	2.98	7.07	59.91	0.31	113.24	3.82	1.79	89.43	2.81	<3.605	0.30	43.95	210.89
RTI1	TS 2012	<0.002	3185.50	34.37	51.69	0.20	1.01	4.30	<0.01	46.35	0.22	487.62	21.23	3.31	14.62	2.80	1.23	0.71	9.00	67.31
	TH 2012	<0.002	7865.10	50.06	33.80	<0.002	0.90	5.65	1.46	49.43	<0.0025	253.01	11.83	1.22	12.63	2.93	3.18	0.34	9.00	48.23
	TS 2013	< 0.000417	4636.32	1.24	< 0.0000982	< 0.0000632	0.86	< 0.000184	1.96	46.11	< 0.000311	162.56	< 0.000573	< 0.00106	34.32	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	49.94
	TH 2013	<0.000417	4325.19	1.11	<0.0000982	<0.0000632	0.80	<0.000184	1.85	39.32	<0.000311	145.48	< 0.000573	<0.00106	36.16	<0.0000538	<0.00941	<0.00703	<0.000219	37.22
	TH 2014	<2.0	8830.00	18.10	40.50	<0.2	<1.0	6.80	5.60	5.30	<0.02	278.80	<4.0	<5.0	13.10	<5.0	<1.0	<1.0	54.10	48.10
	TS 2014	<2.0	3718.00	62.00	38.30	<0.2	<1.0	8.60	<1.8	51.80	0.15	334.10	49.30	<5.0	17.20	<5.0	<1.0	<1.0	14.40	58.00
	TH 2015	<0.05	3832.65	14.08	34.55	<0.02	1.94	3.98	2.28	24.03	<0.1	168.49	1.59	1.40	16.03	0.45	<0.3	<0.3	20.38	53.38
	TS 2015	<0.05	4822.14	21.19	44.19	0.20	3.00	4.87	1.77	21.74	<0.1	169.35	4.54	1.33	16.94	1.37	<0.3	<0.3	23.45	51.94
	TS 2016	<0.07	5814.00	12.30	46.70	0.19	2.84	5.66	1.21	12.37	<0.1	241.03	1.50	0.52	10.89	<0.2	<0.3	<0.3	19.95	37.10
	TH 2017	0.72	5405.52	25.25	66.34	0.19	0.25	4.62	3.44	26.17	0.13	156.26	6.90	2.78	14.37	6.21	<1.132	0.41	36.67	50.01
	TS 2017	1.80	5850.68	30.09	64.79	0.18	0.40	5.07	3.57	26.91	0.11	328.89	3.23	2.76	16.10	2.28	1.84	0.42	28.48	70.67
	TH 2018	<0.268	6225.63	22.80	40.06	0.21	0.26	4.76	3.63	15.33	<0.348	294.25	2.18	2.75	17.17	1.08	<3.605	0.39	31.88	54.52

Estaciones	Periodo	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn
	TS 2018	<0.268	705.61	<2.857	6.25	<0.173	<0.144	0.65	<1.001	2.13	<0.262	54.35	0.30	<0.498	2.43	<0.131	<3.605	<0.093	<4.737	6.82
RCH1	TS 2012	<0.002	2864.50	57.13	19.44	<0.002	0.31	1.58	0.15	35.19	0.34	43.87	8.47	1.35	26.57	15.34	1.84	0.23	7.00	114.80
	TS 2013	< 0.000417	5328.29	0.87	< 0.0000982	< 0.0000632	< 0.0000849	< 0.000184	0.27	25.13	< 0.000311	40.81	< 0.000573	< 0.00106	41.06	< 0.0000538	< 0.00941	< 0.00703	< 0.000219	20.65
	TH 2014	<2.0	11568.00	53.60	61.20	<0.2	<1.0	9.30	3.40	29.40	0.32	151.10	<4.0	<5.0	43.80	<5.0	<1.0	<1.0	28.30	70.90
	TS 2014	<2.0	11749.00	28.70	165.30	<0.2	<1.0	6.20	2.40	19.20	0.32	138.30	<4.0	<5.0	33.20	<5.0	<1.0	<1.0	22.30	40.40
	TH 2015	<0.05	5199.82	39.77	31.33	0.09	5.29	2.68	1.96	21.54	0.32	48.73	2.09	0.08	25.23	1.54	<0.3	<0.3	17.93	79.35
	TS 2015	<0.05	5414.23	58.72	35.20	0.11	6.37	2.25	0.87	24.38	0.45	54.41	3.45	<0.05	54.90	4.99	<0.3	<0.3	21.59	36.48
HB-04	TS 2017	< 0.6	3184.00	137.10	67.90	< 0.3	< 0.5	< 0.8	< 0.9	150.30	0.89	138.00	< 0.6	< 1	221.00	< 2.5	< 1.6	< 3	11.80	86.50
	TH 2018	< 0.6	6997.00	101.40	169.70	< 0.3	4.10	< 0.8	< 0.9	284.40	0.97	204.00	< 0.6	< 1	167.00	< 2.5	< 1.6	< 3	17.60	164.50
ISQG		--	--	5.9	--	--	0.6	--	37.3	35.7	0.17	--	--	--	35	--	--	--	--	123
PEL		--	--	17	--	--	3.5	--	90	197	0.486	--	--	--	91.3	--	--	--	--	315
<b>Notas:</b> Las concentraciones de los diferentes metales en las muestras de sedimento son expresadas en mg/kg <b>Clasificación de los Límites de Sedimentos</b> CSQG: Canadian Sediment Quality Guidelines ISQG: Guía Provisional para Sedimentos de Aguas Dulces PEL: Nivel de Efecto Probable TH: Temporada Húmeda, TS: Temporada seca <b>Fuente:</b> Monitoreo Hidrobiológico (JJR, 2012) Monitoreo de vida acuática, Operaciones (SNC Lavalin, 2013) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (INSIDEO, 2014) Línea Base Hidrobiológica - V Modificación MEIA SYE (INSIDEO, 2015) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (FCISA, 2015-2016) Línea Base Hidrobiológica Complementaria - I MEIA Yanacocha (MWH, 2017-2018) Monitoreo de Vida Acuática en el Área de Influencia de Yanacocha (Ausenco, 2017-2018)																				

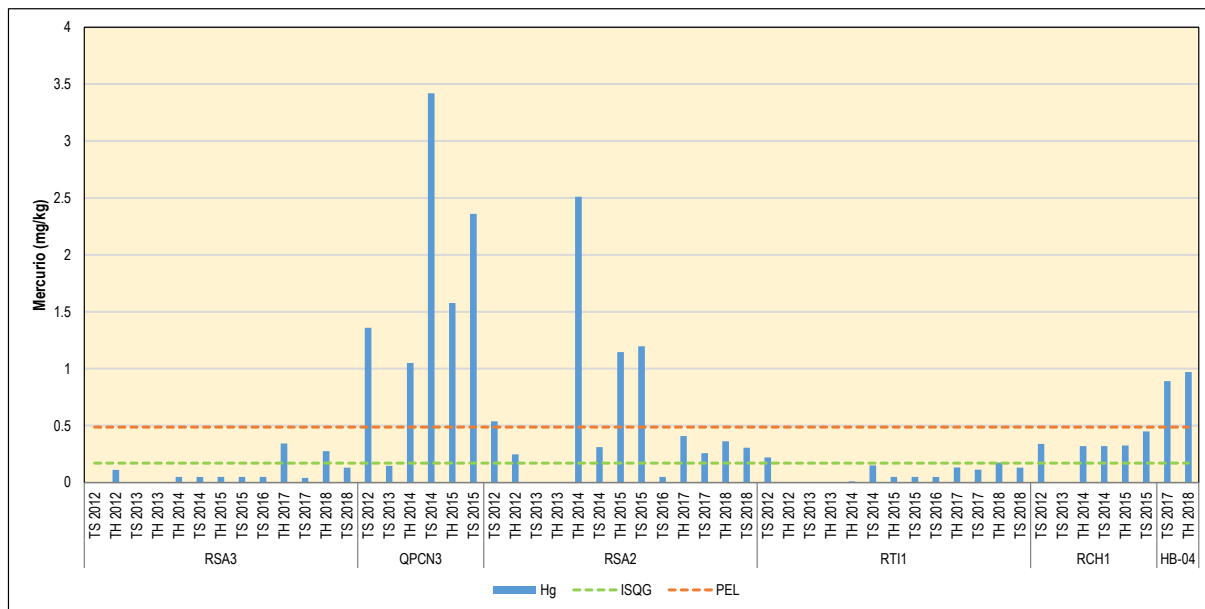
Supera ISQG

Supera ISQG y PEL

No supera ninguno de los límites

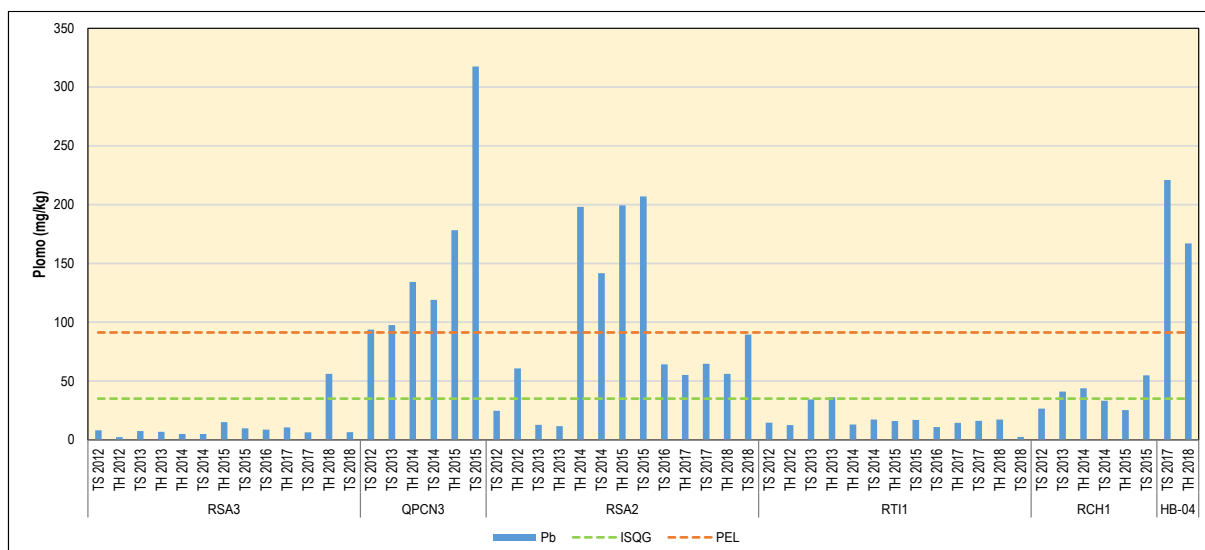
Asimismo, se evidenciaron excedencias a los límites ISQG y PEL establecidos para el mercurio (Hg) en las estaciones QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja) y HB-04 (quebrada del Cushuro), con máximas concentraciones de 3.42 y 2.51 mg/kg en los puntos QPCN3 y RSA2, respectivamente. De igual forma, las localidades RSA3 (río Shoclla, parte alta), RSA2 (río Shoclla, parte baja), RTI1 (río Tinte) y RCH1 (quebrada Chachacoma) presentaron excedencias puntuales del estándar ISQG. Ver Gráfico 3.2.6.4- 21, Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo.

**Gráfico 3.2.6.4-21 Concentración de Mercurio en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo**



En relación al plomo (Pb), las concentraciones de este metal fluctuaron entre 2.27 y 317.41 mg/kg y mostraron excedencias muy puntuales del límite ISQG en las estaciones RSA2 (río Shoclla, parte baja), RTI1 (río Tinte) y RCH1 (quebrada Chachacoma). Asimismo, se mostraron excedencias al límite PEL en las estaciones QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja) y HB-04 (quebrada del Cushuro), con máximas concentraciones de plomo de 317.41, 207.03 y 221 mg/kg, respectivamente. Ver Gráfico 3.2.6.4-22, Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo. Asimismo, las concentraciones del zinc (Zn) fluctuaron entre 6.82 y 319.06 mg/kg, y se encontraron excedencias puntuales al límite ISQG para las estaciones QPCN3 (quebrada S/N), RSA2 (río Shoclla, parte baja) y HB-04 (quebrada del Cushuro). Sólo se registró una excedencia puntual al límite PEL (319.06 mg/kg) en la localidad QPCN3 durante la temporada seca 2015.

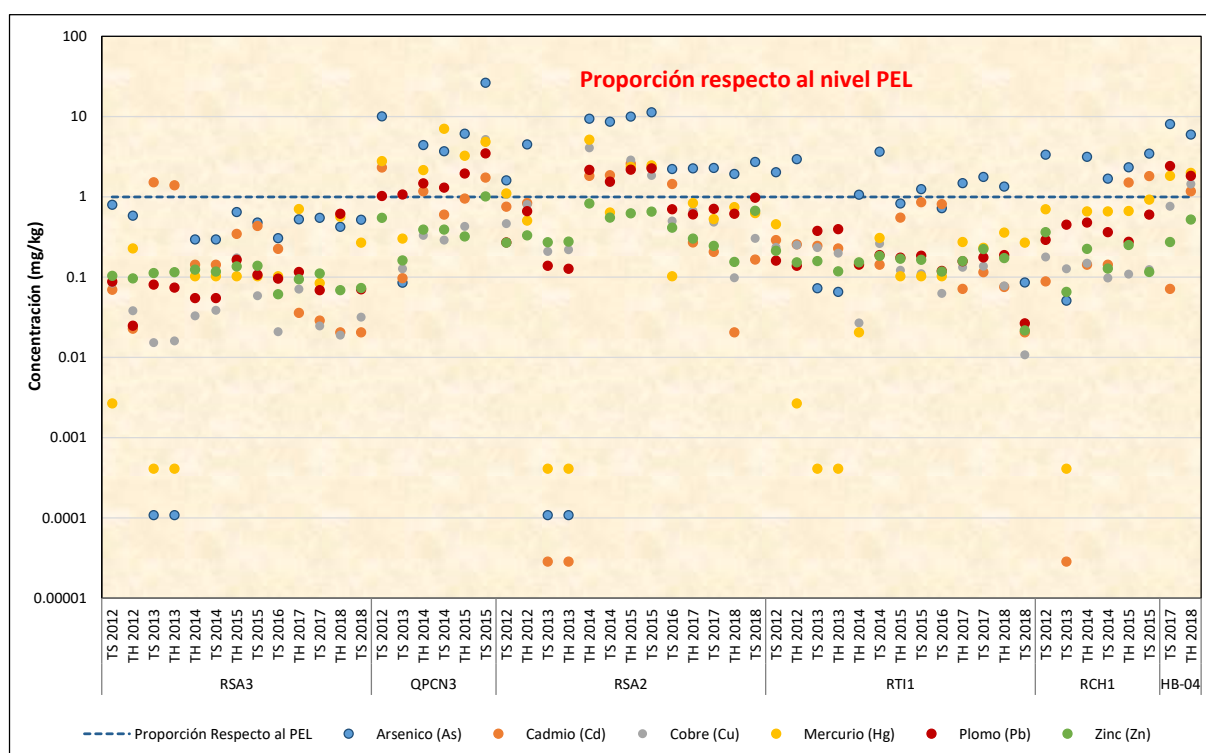
**Gráfico 3.2.6.4-22 Concentración de Plomo en Sedimentos de la Subcuenca del Río Rejo**



En base a los resultados obtenidos, se infiere que la concentración de arsénico (As) fue alta y mostró excedencias al límite PEL en casi todas las estaciones de muestreo evaluadas en esta subcuenca (5 localidades), y estaría relacionada a la naturaleza geológica de ésta, es decir, a la presencia de minerales como la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As}, \text{Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca. Ver Gráfico 3.2.6.4-23, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo*.

En relación con los ambientes acuáticos, se ha evidenciado que la quebrada S/N (QPCN3) presentó excedencias de los límites ISQG y PEL para el arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo y zinc; con altas concentraciones de arsénico, mercurio y plomo, aunque las excedencias de cobre y zinc fueron muy puntuales; esto refleja principalmente la variabilidad natural del muestreo en los cursos de agua, y no evidencia cambios a través del tiempo. Mientras que el río Shoclla, parte baja (RSA2) y la quebrada del Cushuro (HB-04) mostraron excedencias puntuales para el arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo, con altos valores de estos durante los diferentes eventos de muestreo. Ver Gráfico 3.2.6.4-23, *Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo*.

**Gráfico 3.2.6.4-23 Excedencias del PEL para Metales Pesados en las Estaciones de la Subcuenca del Río Rejo**



### Conclusiones Generales

En general, se puede concluir que los ambientes acuáticos (cuerpos y cursos de agua) de las subcuencas de la quebrada Honda, río Rejo, río Grande, río Azufre y río Quinarario mostraron altas concentraciones de arsénico en los sedimentos que superaron los límites ISQG y PEL del estándar canadiense, lo cual estaría relacionado a la geología local del área de estudio, en este caso asociado a la presencia de minerales como la enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As}, \text{Sb})_4\text{S}_{13}$ ), ubicados en las áreas mineralizadas de la parte alta de la subcuenca. El área mineralizada donde se ubican las subcuencas (principalmente las partes altas) presenta un relativo gran contenido de arsénico, asociado al oro (Pilco, 2011).

Asimismo, las altas concentraciones de cadmio y zinc en algunos ambientes acuáticos se explicarían porque el cadmio se encuentra asociado geoquímicamente al zinc y está presente en la alteración propilítica. Además, se encuentra presente en la esfalerita ( $\text{Zn}, \text{Cd}$ ) $\text{S}_2$  como solución sólida entre el zinc y el cadmio, lo que explicaría su presencia en los sedimentos del área de estudio.

Por otro lado, los altos valores de cobre en varias estaciones de muestreo se explican porque este metal se encuentra presente como calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), covelita ( $\text{CuS}$ ) y cobres grises ( $\text{Cu}_{12}(\text{As,Sb})_4\text{S}_{13}$ ) en el área de estudio y asociado al sílice granular y sílice masiva.

Además, las altas concentraciones de mercurio, las cuales exceden en muchos casos los límites ISQG y PEL, se debería a la presencia del mineral cinabrio ( $\text{HgS}$ ) en las áreas mineralizadas, el cual es lixiviado de manera natural a áreas distales de la Unidad Minera Yanacocha (i.e. hacia partes más bajas de las quebradas).

Las excedencias de plomo en ambientes de las subcuencas del río Rejo, río Azufre, río Grande y quebrada Honda se explicarían porque este metal se presenta como elemento secundario (p. ej. galena ( $\text{PbS}$ )) que se encuentra en el sistema hidrotermal, lo cual explica su presencia en los sedimentos del área de estudio.

Se descarta la influencia de labores no rehabilitadas y/o pasivos ambientales como posibles causas de las concentraciones de metales pesados en las muestras de sedimentos, ya que no se han identificado labores no rehabilitadas ni pasivos ambientales cercanos a los referidos cuerpos de agua (ver Sección 3.2.6.1, *Pasivos Ambientales*). Además, no se ha previsto influencia de los vertimientos industriales de las operaciones de la Unidad Minera Yanacocha en los cursos de agua dentro de las subcuencas de interés, ya que se mostraron concentraciones de metales totales en agua debajo de los límites de los ECAs de aguas para categoría 3 (bebida de animales) y 4, a excepción de algunas excedencias puntuales (Ver Sección 3.2.5.3, *Calidad de Agua Superficial*).

En general, las altas concentraciones de metales tales como As, Cu, Hg, Pb y Zn en el sedimento ocurren naturalmente en el área de influencia de la Unidad Minera Yanacocha y están relacionadas a la geología local (Pilco, 2011) así como a las condiciones de calidad de agua superficial de los cuerpos de agua (excedencias de algunos metales) documentadas en la etapa de pre-minado. Estas condiciones naturales de calidad del sedimento y agua, junto a las variaciones naturales del caudal, han demostrado ser factores limitantes para la biota acuática en los cursos de agua cercanos al Proyecto (partes altas de las subcuencas). Adicionalmente, no se evidencia una clara tendencia estacional en las concentraciones de metales en sedimento para las subcuencas evaluadas, ni tampoco se ha observado una tendencia hacia el incremento durante el periodo de análisis (2012-2018), siendo la ocurrencia de valores elevados variable entre las estaciones incluso de las mismas subcuencas y en función del propio elemento metálico analizado.