

II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA

Report Description

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES - ANA

Prepared for:
Minera Yanacocha S.R.L.



Prepared by:
STANTEC PERU S.A.



Proyecto N° 60501417

| Revisión | Descripción | Autor | Control de calidad | Revisión Independiente |
|----------|-------------|-------|--------------------|------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|----------------------|-----|
| OBSERVACIÓN 1 | 3 |
| OBSERVACIÓN 2 | 5 |
| OBSERVACIÓN 3 | 15 |
| OBSERVACIÓN 4 | 20 |
| OBSERVACIÓN 5 | 21 |
| OBSERVACIÓN 6 | 23 |
| OBSERVACIÓN 7 | 25 |
| OBSERVACIÓN 8 | 28 |
| OBSERVACIÓN 9 | 31 |
| OBSERVACIÓN 10 | 34 |
| OBSERVACIÓN 11 | 48 |
| OBSERVACIÓN 12 | 54 |
| OBSERVACIÓN 13 | 58 |
| OBSERVACIÓN 14 | 60 |
| OBSERVACIÓN 15 | 63 |
| OBSERVACIÓN 16 | 66 |
| OBSERVACIÓN 17 | 69 |
| OBSERVACIÓN 18 | 74 |
| OBSERVACIÓN 19 | 76 |
| OBSERVACIÓN 20 | 79 |
| OBSERVACIÓN 21 | 80 |
| OBSERVACIÓN 22 | 85 |
| OBSERVACIÓN 23 | 87 |
| OBSERVACIÓN 24 | 95 |
| OBSERVACIÓN 25 | 98 |
| OBSERVACIÓN 26 | 109 |
| OBSERVACIÓN 27 | 111 |
| OBSERVACIÓN 28 | 122 |
| OBSERVACIÓN 29 | 124 |
| OBSERVACIÓN 30 | 126 |
| OBSERVACIÓN 31 | 128 |
| OBSERVACIÓN 32 | 136 |

I. GENERALES

Observación 1

Del agua para uso doméstico para la etapa de construcción indica que cuenta con tres plantas de tratamiento de agua potable (AP37-1, AP37-2 y AP52), las cuales cuentan con su licencia de agua y autorización sanitaria; sin embargo, no indican la población requerida para las actividades del proyecto, la dotación de agua requerida y si las licencias otorgadas satisfacen el requerimiento de agua; en tal sentido, deberá precisar la demanda de agua (l/s, m³/día) con fines domésticos (considerar el personal en cada etapa), para consumo humano en los campamentos y frentes de trabajo para cada etapa del proyecto (construcción, operación y cierre), la dotación de agua y diagramas de entradas y salidas en l/s y/o m³/día para cada etapa del proyecto. Además, indicar la fuente de abastecimiento de agua para cada actividad, teniendo en cuenta el fin (poblacional o industrial) para la cual fue otorgada la licencia de uso de agua. De lo requerido de exceder el volumen autorizado, el titular deberá declarar el nuevo requerimiento conforme a la R.J. N°007-2015-ANA.

Respuesta:

Para el uso doméstico Yanacocha cuenta con tres plantas de tratamiento de agua potable, cuya capacidad de tratamiento total es 20.625 m³/h que equivale a 495 m³/día. Los detalles de las resoluciones y fechas de emisión se muestran en la Tabla ANA 1-1, Autorización de plantas de tratamiento de agua potable.

Tabla ANA 1-1: Autorización de plantas de tratamiento de agua potable

| Autorización Sanitaria | | | |
|---|------------------|---|---|
| Resolución | Fecha de emisión | Descripción | Alcance |
| R.D. N° 2343-2016-DSA- DIGESA-SA y R.D. N° 2570-2016-DSA- DIGESA-SA | 11-09-2016 | Autorización sanitaria del sistema de tratamiento de agua de consumo humano del campamento de operadores Km 37. | Sistema de tratamiento que se autoriza tratará un caudal máximo de diseño de 10.625 m ³ /h. El sistema consta de 2 plantas: <u>Planta AP37-1</u> |
| R.D. N° 2343-2016-DSA- DIGESA-SA y R.D. N° 2570-2016-DSA- DIGESA-SA | 11-09-2016 | | caudal promedio: 4.70 m ³ /h caudal máximo: 6.00 m ³ /h c/u <u>Planta AP37-2</u> caudal promedio: 6.000 m ³ /h caudal máximo: 10.00 m ³ /h c/u |
| R.D. N°6370-2018-DCEA-DIGESA-SA | 22/10/2018 | Autorización sanitaria del sistema de tratamiento de agua de consumo humano del campamento del Km 52. | Se tomará como fuente el agua proveniente del sistema de agua de tratamiento que proviene de la planta de Tratamiento AWTP Este, que corresponde al drenaje de tajos abiertos y escorrentías superficiales. La planta de tratamiento AP52, tanto del sistema de pretratamiento, permiten producir 10 m ³ /h (240 m ³ /día) para consumo humano. |

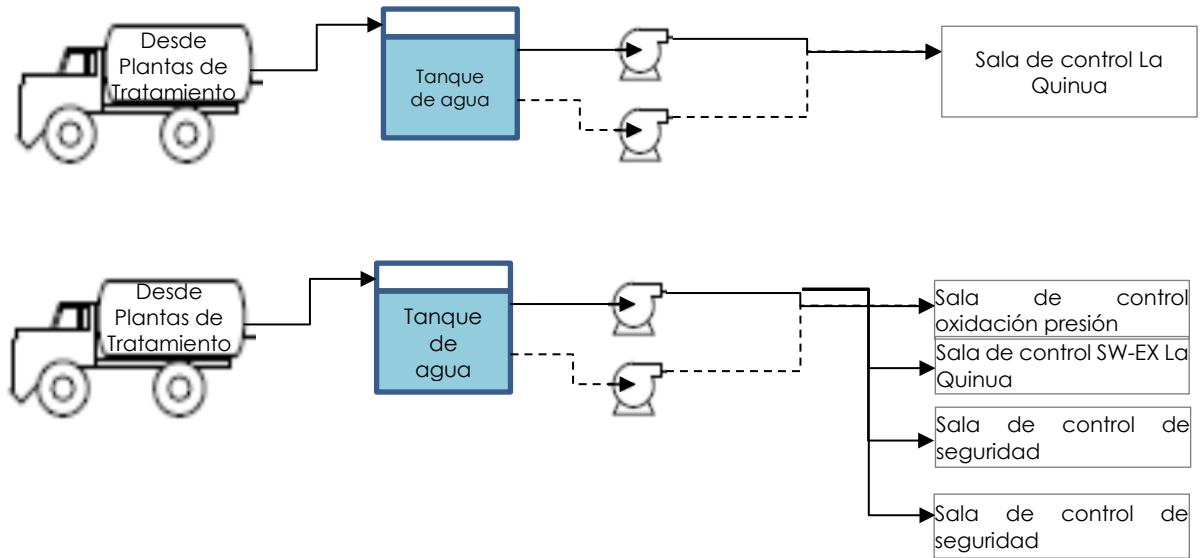
Fuente: Minera Yanacocha, 2020.

Para estimar la demanda de agua se ha considerado 90 personas en las labores de construcción en el sector de La Quinua y 121 personas para los trabajos en las dos áreas de las plantas de procesos, con una tasa de 44 litros / día / persona. La demanda total de agua potable por día durante el periodo de construcción es 9.3 m³/día.

Al comparar la demanda de agua potable, de 9.3 m³/día, con la oferta de las plantas de tratamiento AP37-1, AP37-2 y AP52, de 495 m³/día; se observa que las plantas de tratamiento tienen capacidad suficiente para suministrar la demanda de agua durante la etapa de construcción.

Durante la etapa de operación, la cantidad de personas en la operación se mantiene con respecto a la operación actual y por lo tanto se mantiene la demanda actual que es abastecida por las plantas de tratamiento de agua potable que se indican en la Tabla ANA 1-1; por ello, no se considera ninguna modificación a la red actual de agua potable. Durante la etapa de cierre, la cantidad de personas en la operación disminuirá paulatinamente conforme se vayan cerrando los frentes de operación y por lo tanto la demanda de agua potable también irá disminuyendo. A continuación, se muestra el Gráfico ANA 1-1: Esquema de agua potable para etapa de construcción, que muestra la distribución de agua potable para la etapa de construcción.

Gráfico ANA 1-1: Esquema de agua potable para etapa de construcción



Observación 2

En el capítulo de Balance Hídrico, el estudio indica que, 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 un modelo estocástico. En consecuencia, se sugiere detallar y presentar la implementación del modelo estocástico. De otro lado, el estudio debería presentar el balance hídrico en estado actual y proyectado con la incorporación del reservorio San José para cada uno de los meses del año, adjuntar los editables para validar la información. Asimismo, presentar un esquema y la descripción concisa de las entradas y salidas de los flujos de agua (l/s o m³/día) para cada etapa del proyecto (construcción, operación y cierre) referido a las aguas de contacto y no contacto, indicando las autorizaciones de uso de agua y las autorizaciones de vertimiento, demostrando que las actividades del proyecto no requerirán más agua de lo autorizado para cada etapa del proyecto. Además, presentar los puntos de descargas y los caudales descargados hacia todos los canales del proyecto, acordes a la observación N°28.

Respuesta:

Para estimar el balance hídrico se desarrolló un modelo estocástico de generación de precipitaciones a nivel diario que fuese capaz de generar un gran número de series climáticas cuya ocurrencia en la zona de estudio sea factible, desde condiciones extremadamente secas, a condiciones extremadamente húmedas.

Este modelo estocástico fue desarrollado en base a los datos de precipitación históricos de las estaciones Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua, aplicando la teoría de cadenas de Markov de primer orden para determinar la ocurrencia de lluvia en un día cualquiera, el método de muestreo de Montecarlo y la distribución Gamma de frecuencia de probabilidades para caracterizar la magnitud de las lluvias.

La teoría de cadenas de Markov señala que la probabilidad de un evento en un día dado (en este caso, la probabilidad que un día dado sea lluvioso) está condicionado por el estado del evento en el día anterior (si el día anterior fue lluvioso o seco). En base a los registros históricos, se determinaron las probabilidades asociadas a cada una de estas 2 condiciones: (1) Probabilidad que llueva dado que el día anterior fue lluvioso ($P_w | w$) y (2) Probabilidad que llueva dado que el día anterior fue seco ($P_w | d$). Estas probabilidades fueron calculadas para cada mes para tomar en cuenta la estacionalidad climática de la zona de estudio.

En caso de que la generación estocástica indique que el día en análisis corresponde a un día con lluvia, para determinar la magnitud de la lluvia de ese día, se realiza una selección aleatoria sobre una distribución Gamma caracterizada con el valor medio y la desviación estándar de las lluvias del mes en donde se encuentra el día en análisis. Estos valores estadísticos provienen directamente de los registros históricos.

De esta manera, el modelo simula de forma aleatoria tanto series climáticas promedio que intercalan días de lluvias con días secos, como series de días lluviosos consecutivos, días de tormentas extremas o bien series de días secos consecutivos, lo que determinará meses promedio, secos o húmedos, tal como se observa en los registros históricos.

Las Tablas ANA 2-1 a la Tabla ANA 2-4 muestran, para las cuatro estaciones meteorológicas locales, los parámetros estadísticos necesarios para implementar el modelo de generación estocástica. Se aprecia que los valores obtenidos para todas las estaciones son consistentes entre sí lo cual indica que las mediciones han sido consistentes y que, a pesar de lo extenso de la propiedad minera, el régimen climático presenta un comportamiento relativamente similar en todos los sectores a escala mensual y anual.

Tabla ANA 2-1 Parámetros estadísticos de la estación Carachugo

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|-------|----------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Enero | 6.84 | 8.46 | 0.801 | 0.394 |

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|-----------|----------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Febrero | 8.14 | 8.96 | 0.826 | 0.595 |
| Marzo | 9.42 | 10.44 | 0.879 | 0.554 |
| Abril | 6.79 | 8.21 | 0.840 | 0.446 |
| Mayo | 4.90 | 6.87 | 0.652 | 0.310 |
| Junio | 3.11 | 4.79 | 0.563 | 0.172 |
| Julio | 2.84 | 4.59 | 0.486 | 0.125 |
| Agosto | 2.10 | 2.68 | 0.461 | 0.088 |
| Setiembre | 5.00 | 6.02 | 0.625 | 0.273 |
| Octubre | 6.98 | 8.01 | 0.797 | 0.372 |
| Noviembre | 8.45 | 9.35 | 0.838 | 0.315 |
| Diciembre | 8.89 | 9.42 | 0.834 | 0.421 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla ANA 2-2 Parámetros estadísticos de la estación Maqui Maqui

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|-----------|----------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Enero | 5.74 | 6.65 | 0.768 | 0.411 |
| Febrero | 7.78 | 8.66 | 0.835 | 0.547 |
| Marzo | 7.93 | 7.70 | 0.877 | 0.650 |
| Abril | 5.04 | 6.39 | 0.842 | 0.527 |
| Mayo | 3.91 | 5.55 | 0.687 | 0.374 |
| Junio | 2.55 | 4.45 | 0.554 | 0.244 |
| Julio | 1.72 | 3.09 | 0.488 | 0.192 |
| Agosto | 2.18 | 3.48 | 0.419 | 0.173 |
| Setiembre | 3.95 | 4.79 | 0.645 | 0.289 |
| Octubre | 6.57 | 8.05 | 0.814 | 0.367 |
| Noviembre | 7.16 | 7.93 | 0.808 | 0.361 |
| Diciembre | 7.84 | 8.45 | 0.827 | 0.422 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla ANA 2-3 Parámetros estadísticos de la estación Yanacocha

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|---------|----------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| Enero | 8.00 | 10.54 | 0.787 | 0.379 |
| Febrero | 9.07 | 9.91 | 0.803 | 0.552 |
| Marzo | 9.91 | 11.03 | 0.866 | 0.706 |
| Abril | 6.67 | 7.75 | 0.801 | 0.460 |
| Mayo | 4.73 | 6.41 | 0.685 | 0.285 |

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|-----------|----------------------|--------------------------|---------|---------|
| Junio | 3.80 | 4.96 | 0.476 | 0.182 |
| Julio | 2.93 | 3.89 | 0.494 | 0.125 |
| Agosto | 3.11 | 3.77 | 0.434 | 0.089 |
| Setiembre | 6.11 | 7.46 | 0.656 | 0.252 |
| Octubre | 9.06 | 9.27 | 0.772 | 0.344 |
| Noviembre | 9.41 | 10.09 | 0.807 | 0.340 |
| Diciembre | 8.11 | 8.73 | 0.834 | 0.383 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla ANA 2-4 Parámetros estadísticos de la estación La Quinua

| Mes | Promedio diario (mm) | Desviación estándar (mm) | P (w w) | P (w d) |
|-----------|----------------------|--------------------------|---------|---------|
| Enero | 7.62 | 10.27 | 0.804 | 0.302 |
| Febrero | 8.89 | 9.28 | 0.791 | 0.478 |
| Marzo | 11.43 | 12.05 | 0.853 | 0.528 |
| Abril | 7.31 | 8.40 | 0.817 | 0.440 |
| Mayo | 5.28 | 6.19 | 0.711 | 0.286 |
| Junio | 3.19 | 4.09 | 0.500 | 0.201 |
| Julio | 3.38 | 5.28 | 0.519 | 0.138 |
| Agosto | 3.19 | 5.29 | 0.471 | 0.091 |
| Setiembre | 6.97 | 8.34 | 0.662 | 0.242 |
| Octubre | 9.14 | 11.48 | 0.782 | 0.325 |
| Noviembre | 8.97 | 9.23 | 0.773 | 0.336 |
| Diciembre | 8.41 | 9.83 | 0.791 | 0.409 |

Fuente: Elaboración propia

Con las probabilidades mostradas en las tablas anteriores se realizaron análisis de correlación entre las estaciones Yanacocha, La Quinua, Maqui Maqui y la estación Carachugo, tanto para la probabilidad de un día de lluvia como para la magnitud de ésta (ver Tabla 2-5). Los factores de correlación corresponden a la probabilidad de que la precipitación efectivamente ocurra y sea similar en unidades hidrográficas adyacentes sin necesariamente tener una magnitud exactamente proporcional; es decir, si en la estación Carachugo se registró un día de lluvia de cierta magnitud, existe una probabilidad dada (74.6% según Tabla ANA 2-5, *Factores de correlación entre estaciones*) que la estación Maqui Maqui también haya registrado lluvia y que esta lluvia, con un 69.3% de probabilidad, sea de magnitud comparable a la de la estación Carachugo. Este proceso ha sido efectivamente implementado dentro de las funciones estadísticas que proporciona GoldSim.

Tabla ANA 2-5 Factores de correlación entre estaciones

| Parámetro | Estaciones | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Carachugo y Yanacocha | Carachugo y La Quinua | Carachugo y Maqui Maqui |
| Probabilidad de un día con precipitación | 0.771 | 0.704 | 0.746 |

| Parámetro | Estaciones | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Carachugo y Yanacocha | Carachugo y La Quinua | Carachugo y Maqui Maqui |
| Probabilidad de precipitación de cierta magnitud | 0.679 | 0.516 | 0.693 |

Fuente: Elaboración propia

Para disponer de una amplia gama de series sintéticas y validar el rango generado por éstas, se procedió a ejecutar el modelo de generación de precipitaciones un gran número de veces (1,000 realizaciones por 22 años). La validación se realizó por medio de la comparación entre los valores climáticos generados por el modelo y los registros históricos de cada estación con el propósito de determinar que no sólo la precipitación media generada por el modelo es representativa del conjunto climático histórico, sino también los valores extremos. Con esta consideración también se compararon los estadísticos: desviación estándar, mínima, máxima, percentil 50, percentiles 10-90 y percentiles 5-95, que son de todas formas buenos indicadores del ajuste de los parámetros estocásticos utilizados para generar las series sintéticas. Los gráficos comparativos se muestran en las Figuras ANA 2-1 a 2-4:

Figura ANA 2-1: Validación modelo sintético para estación Carachugo

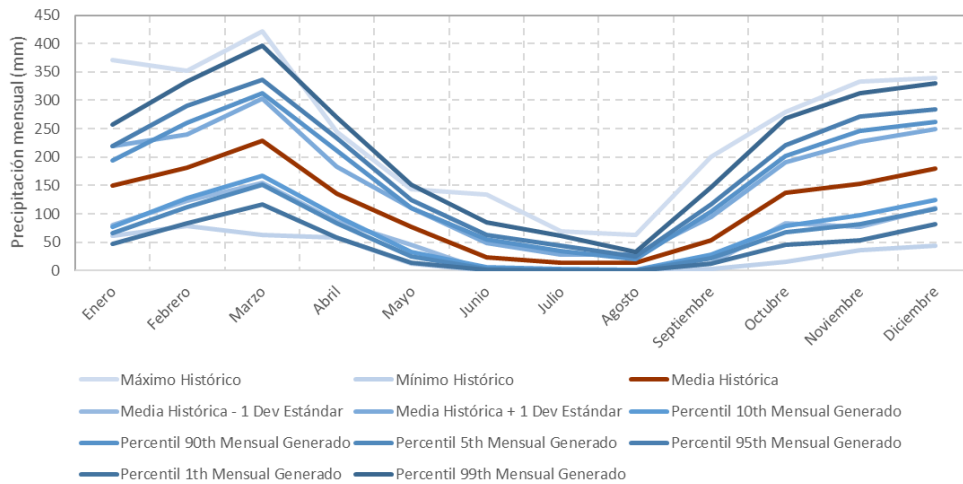


Figura ANA 2-2: Validación modelo sintético para estación Maqui Maqui

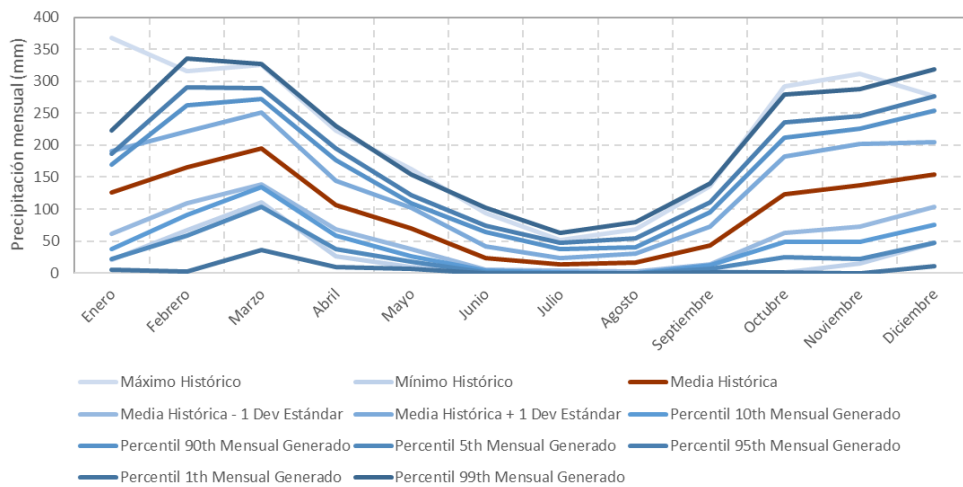


Figura ANA 2-3: Validación modelo sintético para estación Yanacocha

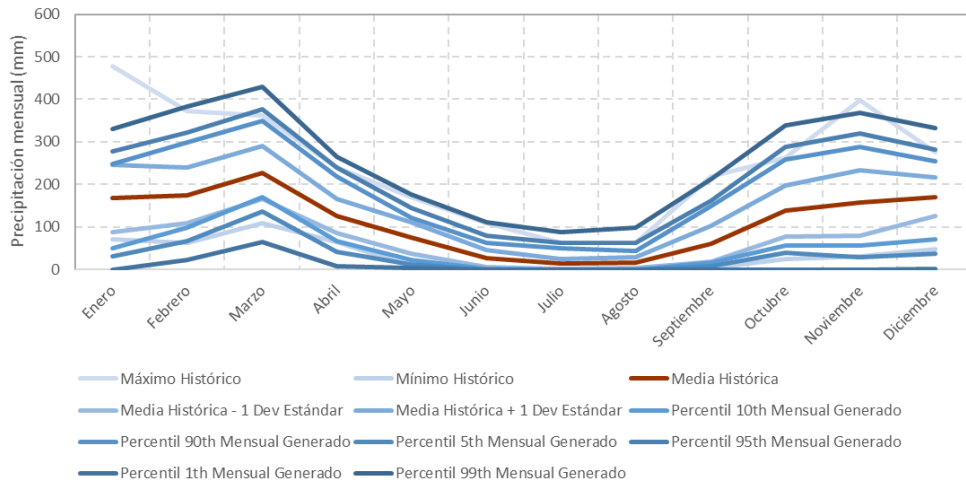
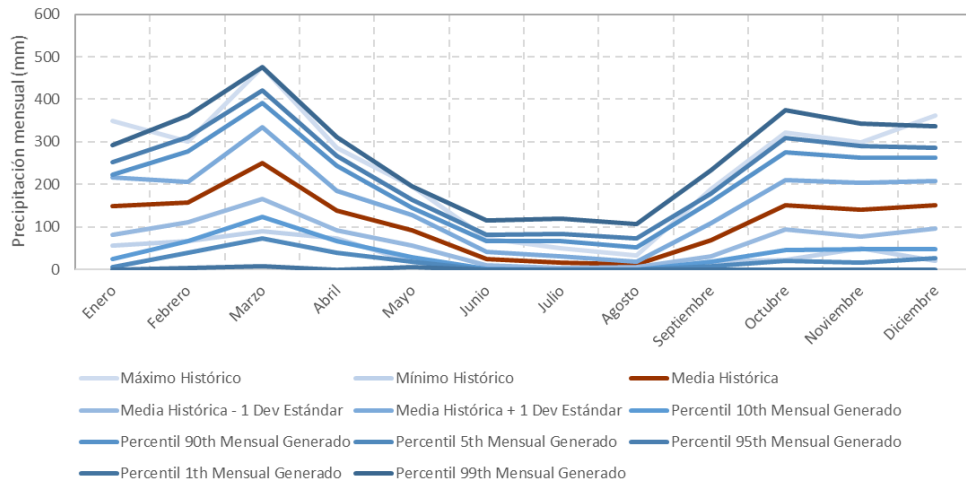


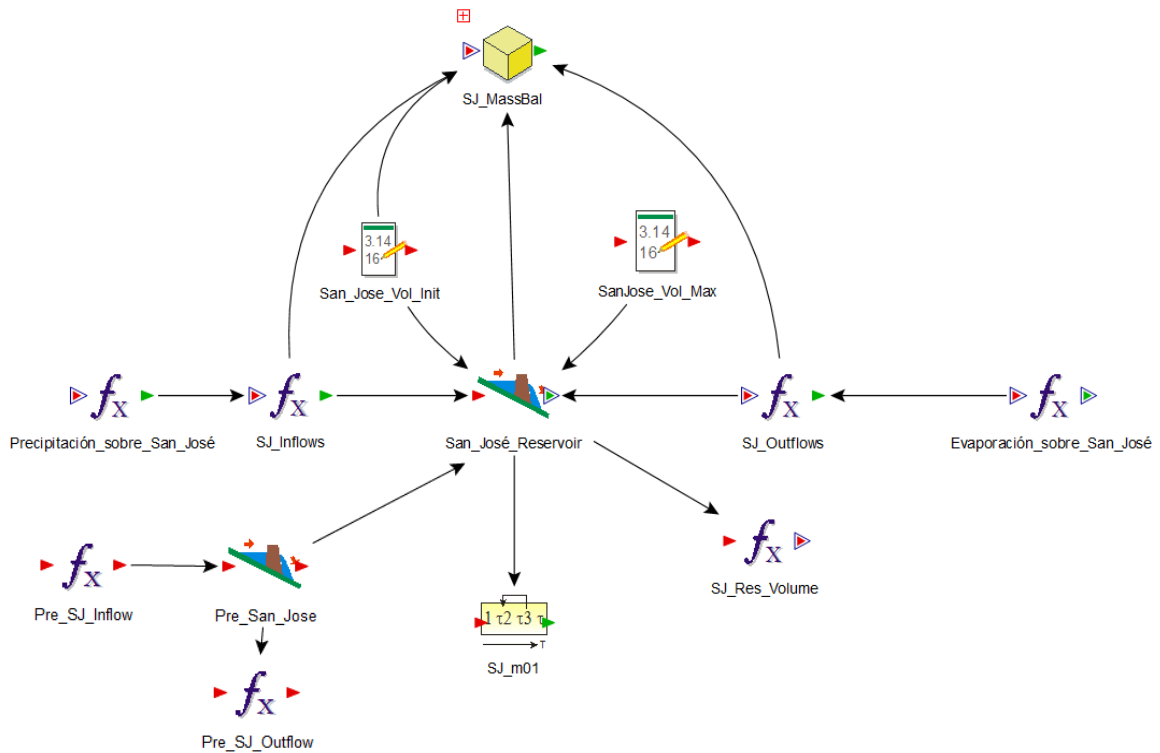
Figura ANA 2-4: Validación modelo sintético para estación La Quinua



Por otra parte, el balance hídrico del sistema de manejo de agua de Yanacocha, que ha sido implementado en la plataforma GoldSim considera como parte de sus componentes, al reservorio San José, tanto para el Caso Sin Proyecto y Caso Con Proyecto. El Gráfico ANA 2-1, Modelo GoldSim del reservorio San José muestra un esquema de la lógica del modelo del reservorio San José:

Asimismo se enviará un link en el cual se muestra los editables del balance hídrico en estado actual y proyectado incorporando el reservorio San José.

Gráfico ANA 2-1: Modelo GoldSim del reservorio San José



Los criterios utilizados para simular el abastecimiento del reservorio San José fueron:

- El flujo de ingreso al reservorio San José proviene de las plantas EWTP PL/YN y AWTP Este, la precipitación sobre el reservorio San José y el caudal excedente de la poza Pre San José.
- El flujo de salida considera la evaporación sobre el reservorio san José y la demanda agua proveniente de los puntos de descarga (DCP's) y canales por compromiso.
- El modelo conceptual de funcionamiento del reservorio se basa en el balance de las entradas y salidas de agua.
- La simulación considera que, a partir del año 2022, comienza la implementación del cierre de mina en los componentes existentes de la operación minera. Esto significa que el agua proveniente de las plantas EWTP se verá reducida debido a la implementación de coberturas para el cierre y las aguas pasarán a ser tratadas en las plantas AWTP.
- Se considera que las demandas totales alcanzan los 3.94 Hm³, distribuidos como se muestra en la Tabla ANA 2-6 Volumen anual de compromisos de descarga.
- La simulación del reservorio San José inicia el 01 de enero del 2018, y el volumen inicial asociado es de 1,872,600 m³.

El periodo de simulación es 2020 – 2040, y considera la ocurrencia de años secos y húmedos para observar el comportamiento del reservorio ante la variación de las variables de hidrológicas. Los resultados de los flujos de entrada y salida se adjuntan en formato Excel. El siguiente gráfico muestra en promedio el comportamiento la capacidad del reservorio San José.

Gráfico ANA 2-2: Variación volumétrica del reservorio San José – Caso sin proyecto

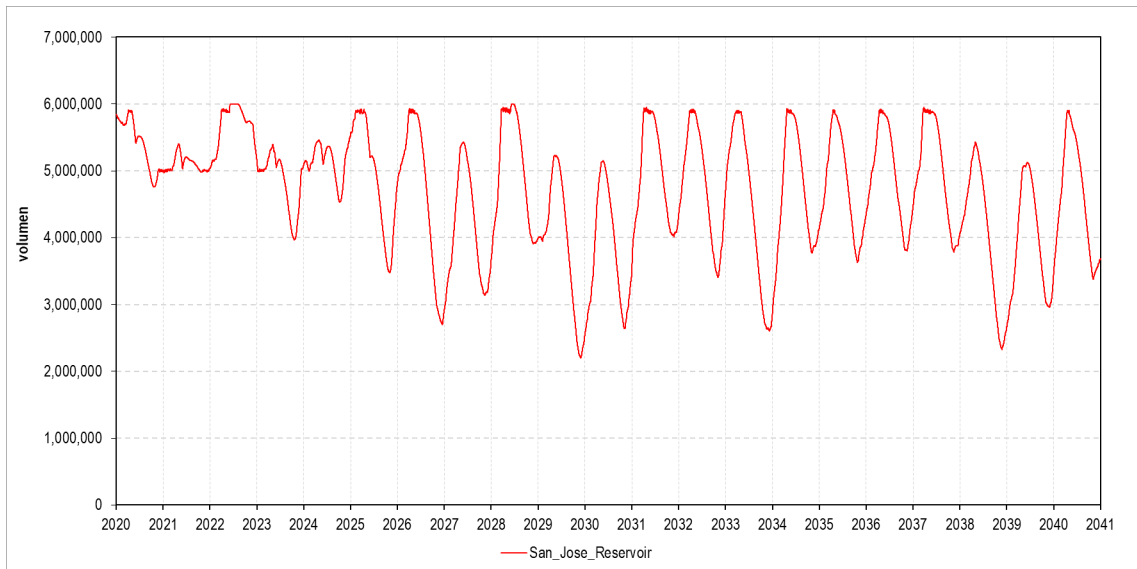
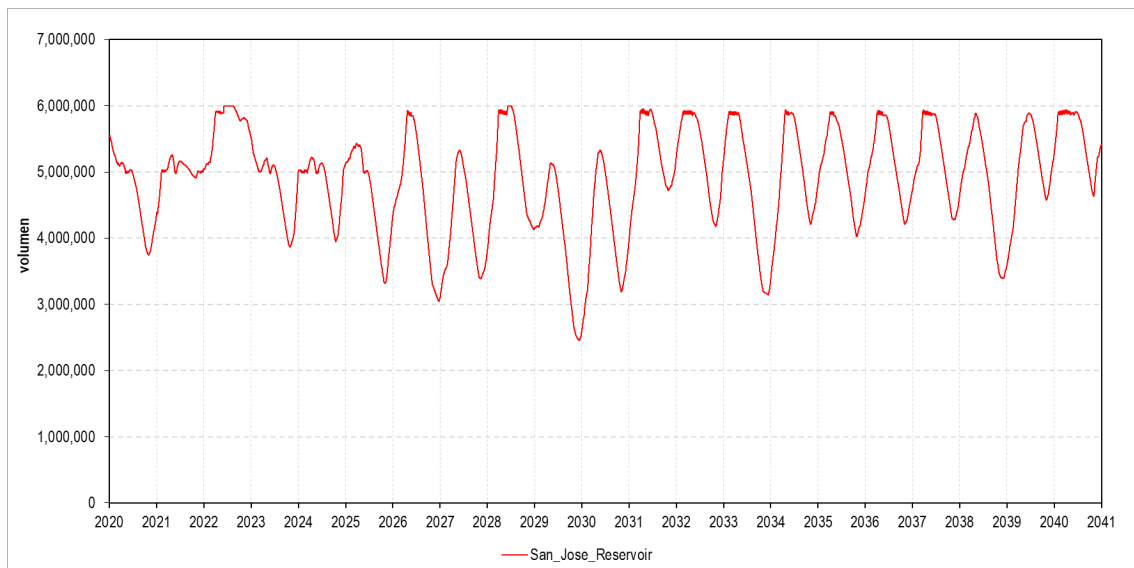


Gráfico ANA 2-3: Variación volumétrica del reservorio San José – Caso con proyecto



El reservorio San José es una estructura de almacenamiento de agua que es administrada por el Consejo de administración del reservorio San José, en el cual Yanacocha es sólo un miembro. Su capacidad de diseño es de 6.0 Hm³, su capacidad útil es de 4.5 Hm³ y un volumen mínimo de 1.0 Hm³ (requerido por criterios operativos, de seguridad y reserva técnica en el caso de ocurrencia de años secos).

El reservorio San José recibe agua tratada de las plantas EWTP Pampa Larga y Yanacocha Norte y AWTP Este y tiene compromisos de descarga en tres canales (durante la época de estiaje): DCLL-1, DCEC-1 y DCQ1, y descarga de mitigación al flujo base en los puntos DCP5 y DCP4/DCP4B (durante todo el año). Los volúmenes anuales de compromiso de descarga ascienden a las 3.94 Hm³ y se muestran en la Tabla ANA 2-5, Volumen anual de compromisos de descarga.

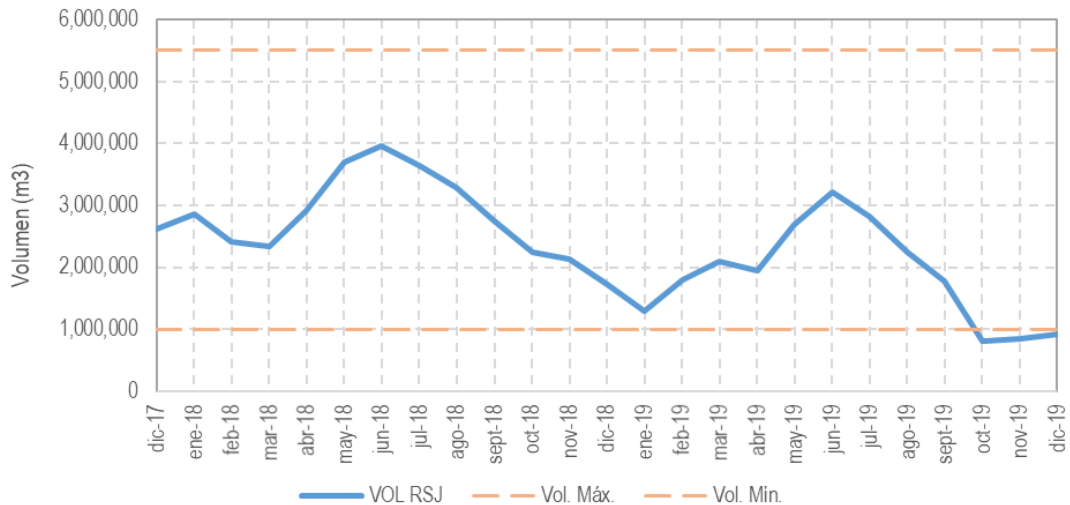
Tabla ANA 2-6 Volumen anual de compromisos de descarga

| Punto de descarga | Volumen anual (m3) |
|-------------------|--------------------|
| DCP 4 | 755,287 |
| DCP 4B | 755,287 |
| VET RSJ | 0 |
| DCP 5 | 480,293 |
| DCPLSJ2 | 0 |
| DCLL1 | 397,440 |
| DCEC1 | 667,699 |
| DCQ1 | 890,266 |
| TOTAL | 3,946,272 |

Fuente: Minera Yanacocha.

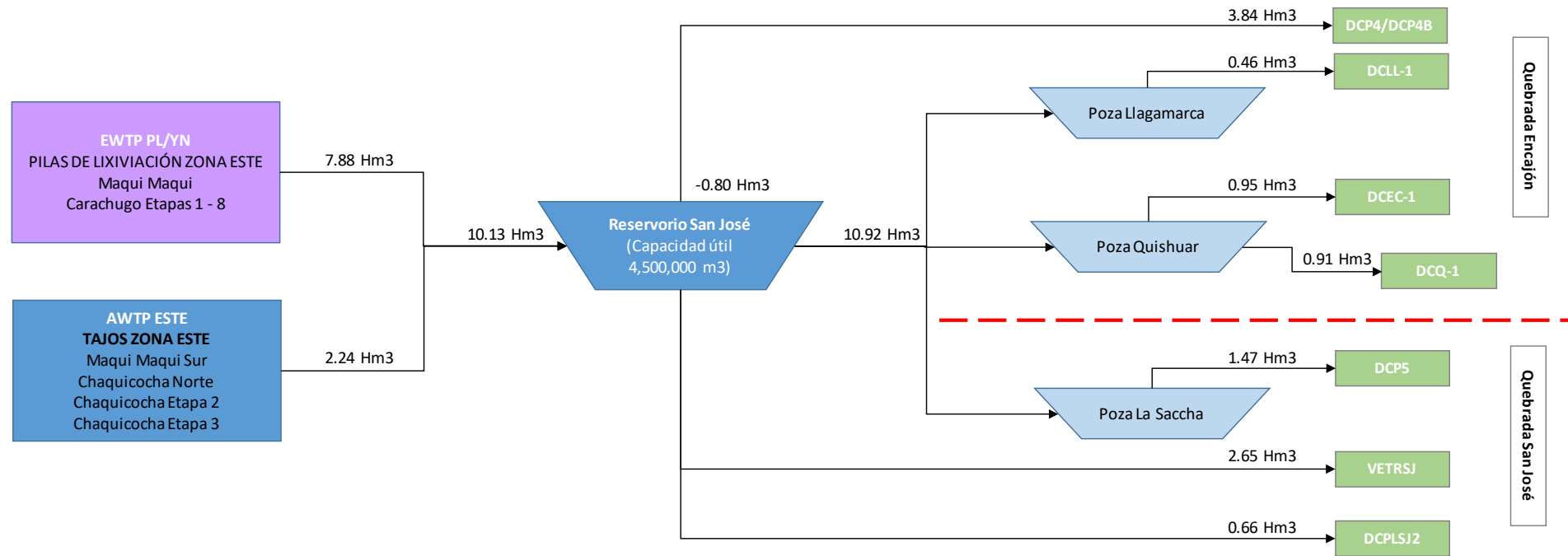
En el año 2019, el reservorio San José recibió de la planta EWTP PL/YN, 7.88 Hm³, y de la planta AWTP Este, 2.24 Hm³, lo que fue un volumen total de entrada de 10.13 Hm³. En el caso de los volúmenes descargados, durante el año 2019, se descargaron a través de DCP4/DCP4B, DCP5 y canales (DCLL-1, DCEC-1 y DCQ1) un volumen de 10.92 Hm³; es decir, alrededor de 0.80 Hm³ que fueron abastecidos desde el volumen de reserva de 1.00 Hm³ que se dispone en el reservorio. El Gráfico ANA 2-4, Evolución temporal del volumen del reservorio San José para los años 2018 y 2019 muestra la evolución temporal histórica del volumen del reservorio San José para los años 2018 y 2019.

Gráfico ANA 2-4: Evolución temporal del volumen del reservorio San José para los años 2018 y 2019



La Figura ANA 2-5, Volúmenes anuales de entrada y salida en el reservorio San José para el año 2019 (valores históricos) muestra un diagrama de las fuentes que abastecen el reservorio San José, y de los puntos donde se debe entregar el agua comprometida (para los canales) y compensación al flujo base, con los valores anuales de entrada y salida al reservorio San José en el año 2019. Además, en la Tabla ANA 2-7 Balance hídrico del sistema reservorio San José para el año 2019 (valores históricos), se muestran los volúmenes mensuales de entrada y salida al reservorio San José que se registraron en la operación durante el año 2019.

Figura ANA 2-5: Volúmenes anuales de entrada y salida en el reservorio San José para el año 2019 (valores históricos)



Fuente: Minera Yanacocha

Tabla ANA 2-7 Balance hídrico del sistema reservorio San José para el año 2019

| FUENTE | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | ANUAL |
|------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| ENTRADAS | | | | | | | | | | | | | |
| EWTP | 296,500 | 592,913 | 960,257 | 1,028,370 | 939,756 | 932,895 | 569,278 | 430,780 | 578,434 | 50,350 | 805,584 | 699,680 | 7,884,797 |
| AWTP | 128,732 | 315,471 | 172,879 | 98,553 | 130,136 | 237,531 | 34,541 | 140,750 | 186,117 | 34,315 | 410,898 | 353,579 | 2,243,502 |
| SUB TOTAL | 425,232 | 908,384 | 1,133,136 | 1,126,923 | 1,069,892 | 1,170,426 | 603,818 | 571,530 | 764,551 | 84,665 | 1,216,482 | 1,053,259 | 10,128,299 |
| SALIDAS | | | | | | | | | | | | | |
| DCP4 | 81,648 | 72,576 | 80,352 | 77,760 | 80,352 | 84,240 | 142,992 | 79,488 | 77,760 | 80,352 | 77,760 | 80,352 | 1,015,632 |
| DCP4B | 188,208 | 72,576 | 81,216 | 77,760 | 80,352 | 86,400 | 221,040 | 374,112 | 478,656 | 301,620 | 492,480 | 370,656 | 2,825,076 |
| CEC-1 | 4,752 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72,720 | 151,392 | 150,336 | 145,344 | 150,720 | 145,498 | 130,224 | 950,986 |
| CQ-1 | 106,656 | 33,936 | 0 | 0 | 0 | 101,808 | 150,288 | 150,288 | 145,512 | 150,543 | 67,824 | 0 | 906,855 |
| CLL-1 | 80,352 | 38,880 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,320 | 67,152 | 64,896 | 67,158 | 65,191 | 67,056 | 455,005 |
| DCP5 | 210,720 | 97,416 | 109,296 | 104,616 | 115,272 | 188,160 | 107,376 | 107,136 | 104,016 | 109,296 | 105,840 | 107,808 | 1,466,952 |
| DCPLSJ2 | 60,576 | 52,680 | 53,856 | 51,840 | 53,736 | 51,432 | 56,472 | 58,152 | 51,840 | 55,052 | 57,600 | 54,144 | 657,380 |
| VERTRSJ | 112,320 | 40,320 | 508,416 | 962,880 | 0 | 72,576 | 160,704 | 160,704 | 151,728 | 152,064 | 155,520 | 168,720 | 2,645,952 |
| SUBTOTAL | 845,232 | 408,384 | 833,136 | 1,274,856 | 329,712 | 657,336 | 994,584 | 1,147,368 | 1,219,752 | 1,066,805 | 1,167,713 | 978,960 | 10,923,838 |

Fuente: Minera Yanacocha.

Observación 3

Del ANEXO B.12 MEMORIA DESCRIPTIVA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE AGUAS, indica: "No se modificarán los volúmenes de vertimiento mínimos aprobados ni se generará ningún compromiso de tratamiento y descarga adicional a lo aprobado en la MEIA Yanacocha y resolución de vertimientos aprobados por la ANA, así como también se mantienen las capacidades de tratamiento de las plantas ya aprobadas". Sin embargo, la información indicada tiene que estar validada con los resultados de los modelos hidrológicos e hidrogeológicos los cuales se encuentran observados; asimismo, se observa en las figuras 11 y figura 12 del SIMA condición actual y propuesta, no se muestran los volúmenes de entradas y salidas; en tal sentido, deberá ser validado los modelos hidrológicos e hidrogeológicos, e indicar que no se modificarán los volúmenes de vertimiento mínimos aprobados, caso contrario presentar las medidas ambientales correspondientes; asimismo, presentar los volúmenes en las figuras 11 y figura 12 del SIMA condición actual y propuesta y su descripción respectiva de manera concisa, los cuales tienen que estar acorde a la observación N° 2

Respuesta:

A continuación, se muestran las figuras 11 y 12 del SIMA (Figuras ANA 3-1 al 3-4) con los valores medios anuales de los volúmenes de entrada y salida del sistema integrado de manejo de agua (SIMA). Estos valores son el resultado del modelo de balance de agua que se implementó para los casos sin y con proyecto:

Figura ANA 3-1: Diagrama de Balance de agua (2020-2025) -Caso sin Proyecto

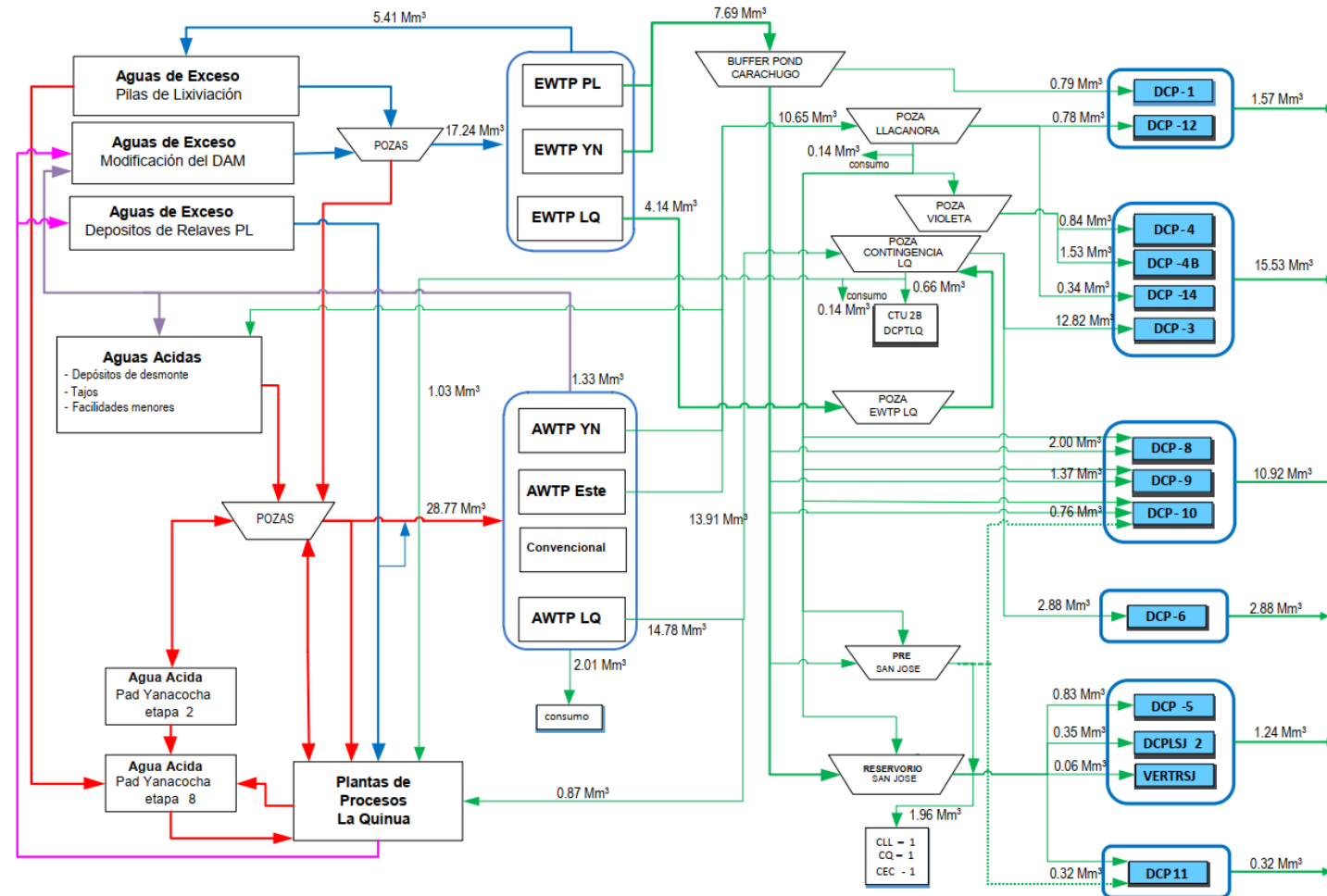


Figura ANA 3-2: Diagrama de Balance de agua (2026-2040) -Caso sin Proyecto

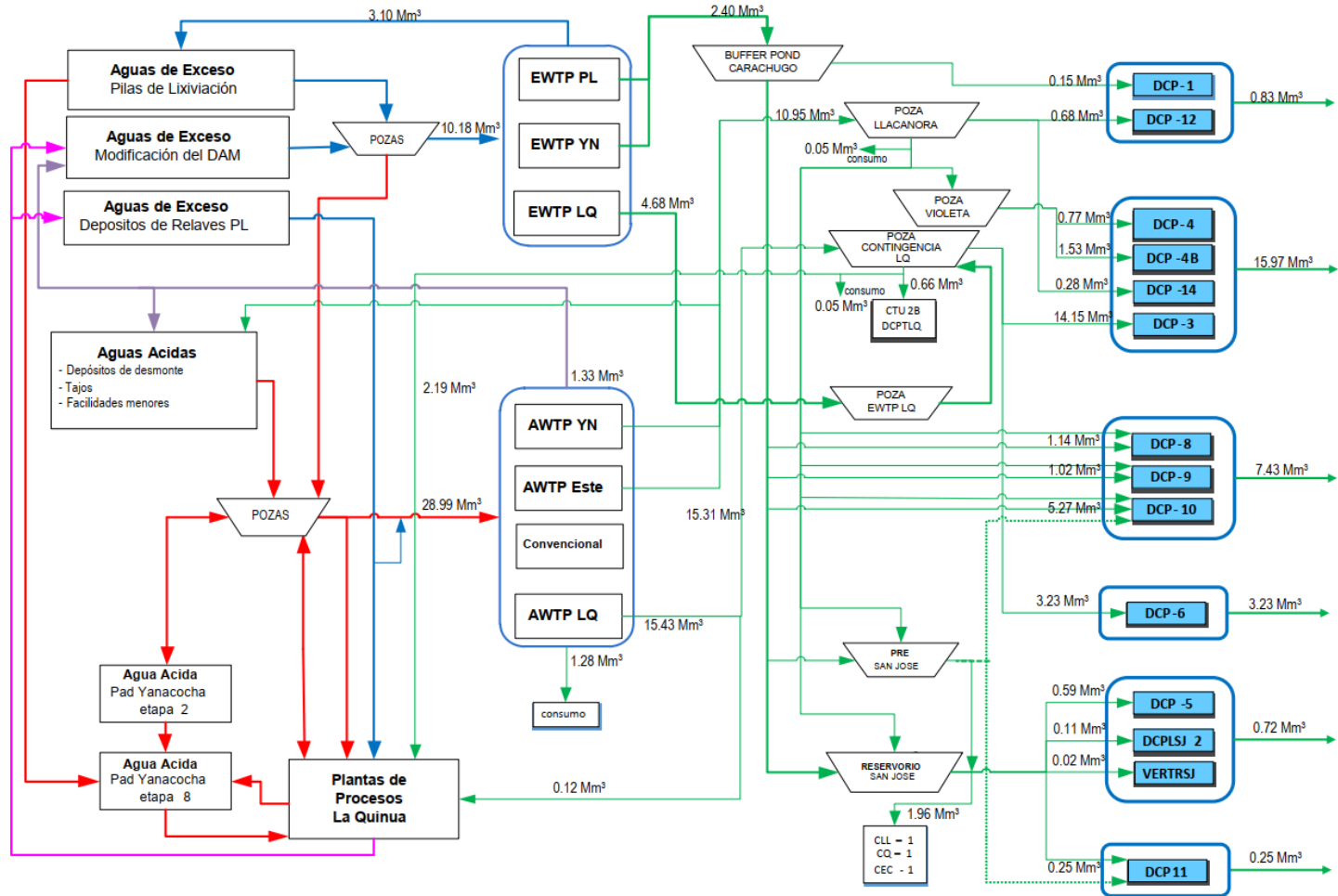


Figura ANA 3-3: Diagrama de Balance de agua (2020-2025) -Caso con Proyecto

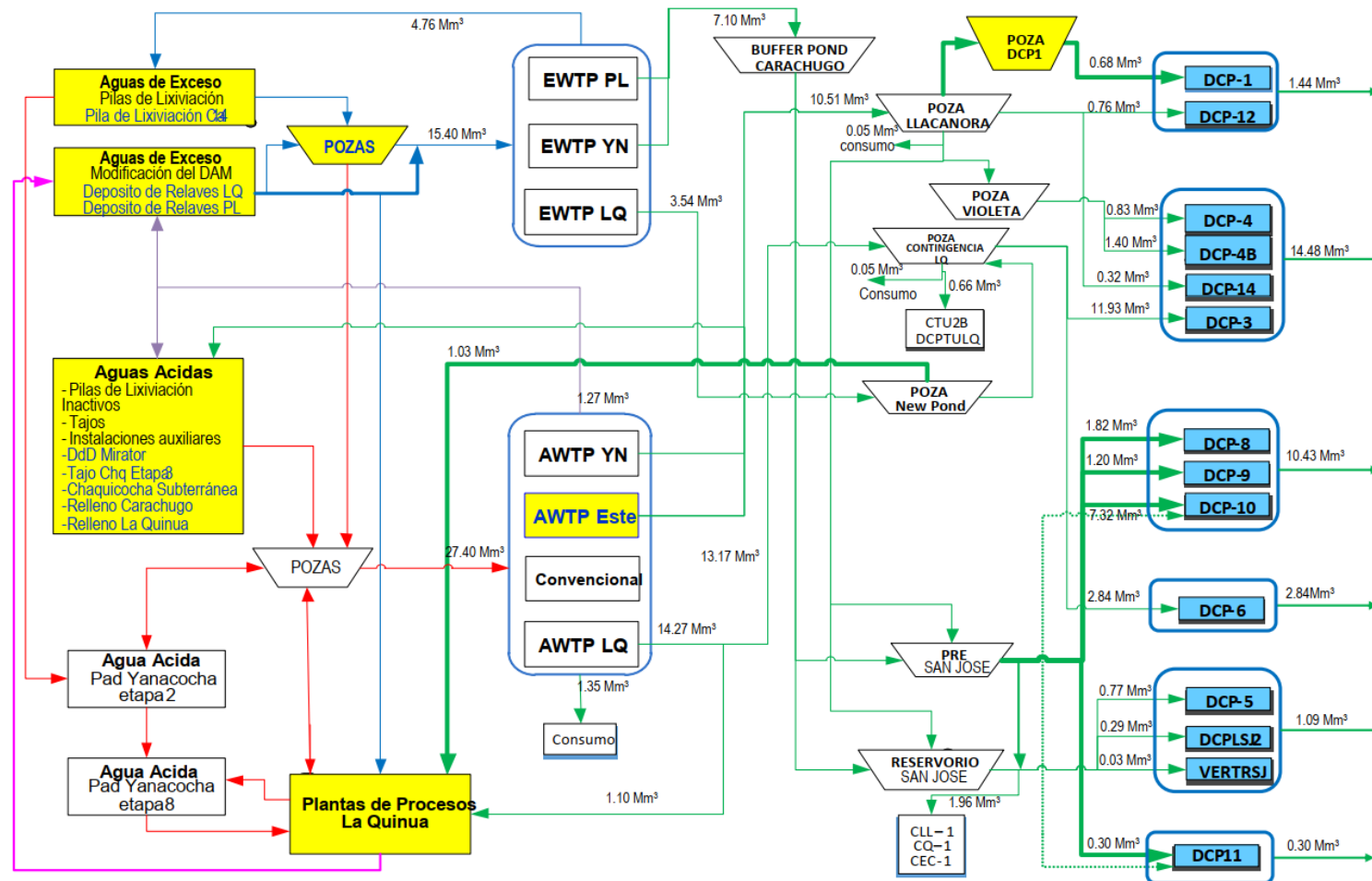
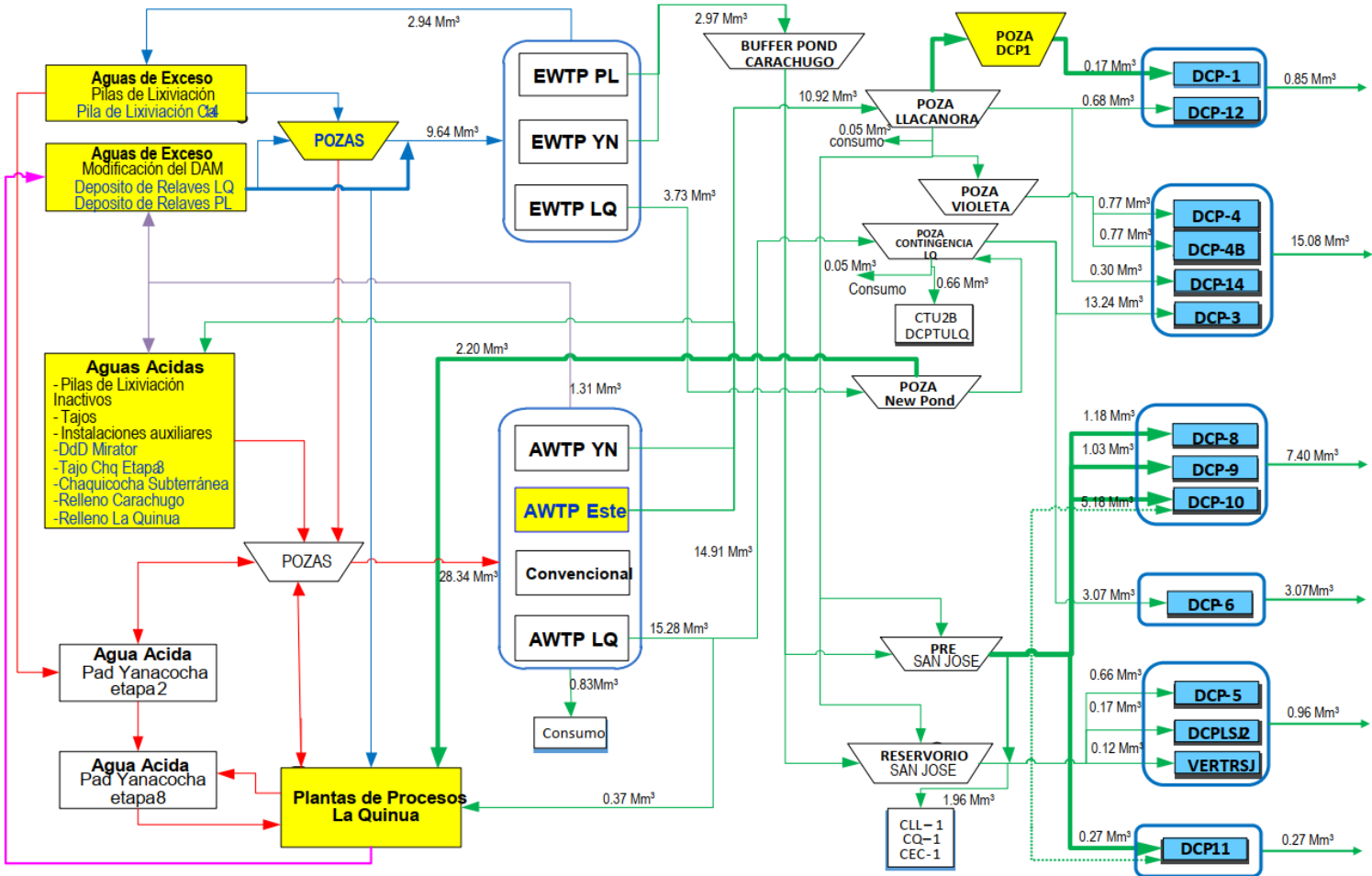


Figura ANA 3-4: Diagrama de Balance de agua (2026-2040) -Caso con Proyecto



Observación 4

Indica que la UM Yanacocha dentro del área de operaciones cuenta con 18 plantas de tratamiento de agua residuales domésticas (STP) aprobadas, de las cuales 11 se encuentran operativas y siete fuera de servicio o desactivadas. Las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas realizan el tratamiento mediante el proceso de lodos activados bajo modalidad de aireación extendida. Para ello emplea varias etapas: pre-tratamiento; ecualización y elevación; aireación; sedimentación secundaria; desinfección; digestión aeróbica y espesamiento de lodos; y deshidratación de lodos. La planta de tratamiento de agua residual doméstica del Km 52 está diseñada para tratar un caudal promedio de 110 m³/día. El diseño de la planta STP Km 52 incluye el proceso de tratamiento biológico mediante cultivo suspendido no cíclico, con nitrificación y desnitrificación, incorporando la eliminación química del fósforo. Todas las aguas tratadas de las plantas STP son reusadas para otras actividades operativas y de mantenimiento de la UM Yanacocha, principalmente en el regado de vías, en proceso industrial, regado de plantaciones forestales, entre otros. Ninguna de las plantas contempla el vertimiento de las aguas tratadas al ambiente; por lo tanto, no presentan puntos de vertimiento. De lo indicado deberá presentar los volúmenes de agua residual a generar en base al número de personas, la dotación de agua por cada etapa del proyecto, presentar un esquema por cada etapa del proyecto de los volúmenes de entradas y salidas acorde a la observación N° 1. Indicar el sistema de tratamiento, la capacidad debido al incremento de trabajadores y eficiencia del tratamiento. Indicar la estructura de almacenamiento, conducción y sistema de distribución de las aguas a reusar, volumen y destino de las aguas del reúso. Para el caso de riego de accesos debe indicar el área, volumen a emplear y frecuencia de riego. Para el caso de riego de áreas verdes indicar las especies que se han considerado cultivar, el área a regar, frecuencia de riego y volumen a reusar (m³/año). Además, indicar los puntos de control, el tratamiento previo debe garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos por el sector (LMP), los parámetros indicados en las Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales a emplearse en agricultura de la OMS y presentar tabla resumen de la evaluación de la calidad de las aguas de reúso, la cual deba contener los parámetros a evaluar, normativa de comparación y frecuencia de monitoreo.

Respuesta:

Con respecto a la etapa de construcción se espera generar 9.3 m³/día de agua tratada, que corresponde a la demanda diaria de agua potable. Al comparar este flujo con la capacidad de tratamiento de la planta de STP del Km 52 que es de 110 m³/día, se observa que no se requiere una capacidad adicional de tratamiento de agua residual para la etapa de construcción.

En el caso de la etapa de operación, se considera mantener la misma cantidad de personas que se encuentran actualmente en la operación, así los volúmenes de agua residual doméstica no se incrementarán con respecto a los valores actuales ni se requerirá capacidad adicional de tratamiento. Por otro lado, durante la etapa de cierre, se espera que la demanda de agua potable para uso doméstico vaya disminuyendo paulatinamente conforme van cerrando los componentes de la Unidad Minera Yanacocha. Así, la demanda de agua potable disminuirá y por lo tanto el agua residual para tratamiento también disminuirá.

Observación 5

De la Tabla 3.2.5.3-6 Frecuencia de Monitoreo Estaciones de Agua Superficial, muestra las categorías a las que pertenecen de los diferentes ríos y quebradas, indican que 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.

De lo indicado, el artículo 2 indica que Los Instrumentos de Gestión Ambiental aprobados que hayan considerado la Clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, se adecuarán a la Clasificación aprobada mediante la presente resolución, en la próxima modificación o actualización del Instrumento de Gestión Ambiental respectivo, según corresponda, de conformidad a la Primera Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM; en tal sentido, deberá realizar la corrección a la estación CP6, el cual pertenece a la categoría 1A2. Asimismo, deberá realizar una comparación histórica de las concentraciones reportadas en las estaciones de vertimiento y las estaciones de calidad de agua superficial (D.S. N° 004-2017-MINAM), las cuales no deben de exceder el LMP de efluentes (D.S. N° 010-2010-MINAM) a través del tiempo, de presentar excedencias influenciados por los vertimientos; presentar las medidas de manejo hacia los cuerpos de agua afectados y/o compensación ambiental.

Respuesta:

De acuerdo con la norma Resolución Jefatural RJ N°202-2010-ANA, la clasificación de río Shoclla era ECA 3-D1/D2, así la caracterización de los registros históricos de calidad de agua fue evaluada respecto a dicha categoría considerando registros hasta el año 2018. De los resultados de la evaluación de la calidad de agua considerando la categoría que indicaba la norma RJ N°202-2010-ANA, es decir ECA 3-D1/D2, la calidad de agua del punto de monitoreo CP6 cumplía con el estándar de la norma, mostrando excedencias en algunos elementos tales como: pH (2), Cobre (1), Manganeso (7) y Selenio (1). Comparando estos valores con los registros pre-mina, se observó que el Manganeso tenía concentraciones de hasta 1.15 mg/L y pH de hasta 4.4 en condiciones naturales.

Además, de mostrar las excedencias en el punto CP6, la Tabla ANA 5-1, Evaluación de la calidad de agua en CP6 con respecto al ECA 3-D1/D2, muestra las concentraciones registradas de metales y pH en el punto de vertimiento DCP6, que en ningún caso excedieron el LMP para las fechas en las cuales se produjo excedencias en el punto CP6.

Tabla ANA 5-1 Evaluación de la calidad de agua en CP6 con respecto al ECA 3-D1/D2

| Fecha | CP6 (valor de excedencia) | | | | Fecha | DCP6 (valor registrado) | | | |
|------------|---------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Campo | Metales totales | | | | Campo | Metales totales | | |
| | pH | Cobre (total) | Manganeso (total) | Selenio (total) | | pH | Cobre (total) | Manganeso (total) | Selenio (total) |
| | Unid pH | mg/L | mg/L | mg/L | | Unid pH | mg/L | mg/L | mg/L |
| 18-03-2017 | 6.2 | 0.22678 | -- | -- | 07-03-2017 | 6.97 | 0.00446 | 0.00654 | -- |
| 24-03-2017 | -- | -- | 0.25674 | -- | | | | | |
| 27-03-2017 | 8.64 | -- | -- | -- | | | | | |
| 12-04-2017 | -- | -- | 0.2094 | -- | | | | | |
| 18-04-2017 | -- | -- | 0.2238 | -- | | | | | |
| 13-07-2017 | -- | -- | 0.2132 | -- | 19-07-2017 | -- | -- | 0.09028 | -- |
| 19-07-2017 | -- | -- | 0.23655 | -- | | | | | |
| 03-08-2017 | -- | -- | 0.20137 | -- | | | | | |

| Fecha | CP6 (valor de excedencia) | | | | Fecha | DCP6 (valor registrado) | | | |
|------------|---------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Campo | Metales totales | | | | Campo | Metales totales | | |
| | pH | Cobre (total) | Manganeso (total) | Selenio (total) | | pH | Cobre (total) | Manganeso (total) | Selenio (total) |
| | Unid pH | mg/L | mg/L | mg/L | | Unid pH | mg/L | mg/L | mg/L |
| 08-08-2017 | -- | -- | 0.21015 | -- | 03-08-2017 | | | | |
| 08-08-2018 | -- | -- | -- | 0.04173 | 08-08-2018 | -- | -- | 0.03637 | 0.04656 |

Fuente: elaboración propia a partir de información de Yanacocha.

Considerando que el 13 de febrero del 2018, se aprueba la R.J. N°056-2018-ANA, en la cual se cambia la categoría del río Shoclla a ECA 1- A2 y que la Autoridad solicita realizar la evaluación con respecto a la nueva categoría, se realiza la comparación de los registros de calidad de agua superficial del año 2018, año en el cual entra en vigor esta norma. La Tabla ANA 5-2, *Evaluación de la calidad de agua en CP6 con respecto al ECA 1-A2*, muestra las excedencias encontradas en el punto de monitoreo CP6, con respecto al ECA 1-A2; también muestra los valores registrados en el punto de vertimiento DCP6, que en ningún caso exceden los límites del LMP.

Tabla ANA 5-2 Evaluación de la calidad de agua en CP6 con respecto al ECA 1-A2

| Fecha | CP6 (valor de excedencia) | | | | DCP6 (valor registrado) | | | |
|------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Campo | Inorgánicos | Metales totales | | Campo | inorgánicos | Metales totales | |
| | Turbiedad de campo | Fósforo (total) | Hierro (total) | Selenio (total) | Turbiedad de campo | Fósforo (total) | Hierro (total) | Selenio (total) |
| | NTU | mg/L | mg/L | mg/L | NTU | mg/L | mg/L | mg/L |
| 10-01-2018 | -- | 0.167 | -- | -- | -- | 0.105 | -- | -- |
| 07-02-2018 | 133 | -- | 1.512 | -- | 0.43 | -- | 0.3 | -- |
| 14-04-2018 | -- | -- | 1.1766 | -- | -- | -- | <0.3 | |
| 08-08-2018 | -- | -- | -- | 0.04173 | -- | -- | -- | 0.04656 |
| 11-09-2018 | -- | -- | 1.0802 | -- | -- | -- | 0.1055 | -- |
| 04-10-2018 | -- | -- | 1.0158 | -- | -- | -- | 0.1416 | -- |
| 08-11-2018 | -- | -- | 1.0793 | -- | -- | -- | 0.0759 | -- |

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Yanacocha.

En la Tabla ANA 5-2 se observa que los límites del ECA 1-A2 se vuelven más exigentes con respecto a los del ECA 3-D1/D2 para los siguientes parámetros: Manganeso, cuyo límite era 0.2 mg/L para el ECA 3-D1/D2 y cambia a 0.4 mg/L para el ECA 1-A2; lo mismo sucede con el límite de Hierro que cambia de 5 mg/L en el ECA 3-D1 a 1 mg/L del ECA 1-A2 y con el Fósforo que no posee límite en el ECA 3-D1/D2 y es 0.15 mg/L en el ECA 1-A2. De igual forma, la Tabla ANA 5-2 indica que, no se presentan excedencias a los LMP's; así, se muestra que los vertimientos no influyen en la ocurrencia de excedencias en la calidad de agua del punto CP6.

Adicional a lo anterior, es importante mencionar que, la evaluación de la calidad de agua del CP6 con respecto al ECA 1-A2 es referencial ya que de acuerdo con el I MEIA aprobado (2019), la adecuación de ECA's en los cursos de agua que se encuentran en la zona del proyecto, en especial el río Shoclla que cambia de categoría, se dará a partir del año 2023. Este compromiso va alineado con el inicio de la operación de las nuevas plantas de tratamiento: AWTP Este y EWTP Pampa Larga. Asimismo se enviará un link en el cual se muestra los editables de las tablas mencionadas.

Observación 6

Indica que cuenta con un amplio registro histórico de niveles y análisis de la calidad de las aguas subterráneas asociadas al área operativa del proyecto. Describe 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.

De lo indicado, no muestra el análisis de manantiales de la zona del proyecto, los cuales tienen que ser considerados desde la Línea Base hasta la fecha y tienen que ser representativos los cuales pudieran tener algún impacto referido a los componentes del proyecto; asimismo, deberá indicar si los manantiales han tenido alguna variación a través del tiempo en su cantidad (modelamiento hidrogeológico numérico) y su calidad de agua (transportes de contaminantes y reportes de calidad a través del tiempo), esto tiene que estar relacionado con el desarrollo de los tajos y/o relaveras; de presentar excedencias influenciadas por los componentes mineros; presentar las medidas de manejo hacia los cuerpos de agua afectados y/o compensación ambiental de ser el caso.

Respuesta:

La descripción detallada de la calidad de agua de los manantiales y filtraciones presentes en el área de estudio se incluye en el epígrafe 3.8 del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico. En la Figuras 3.26 y 3.27 se presentan los diagramas de Piper correspondientes al monitoreo de la época húmeda y seca, respectivamente. Esta descripción está siendo incluida, a su vez en la sección de línea base.

Al respecto, se aclara a la Autoridad que recién como parte del plan de vigilancia ambiental aprobada en la I MEIA Yanacocha (R.D. N° 00049-2019-SENACE-PE/DEAR) de fecha 07 de marzo de 2019, se incluyó el programa de monitoreo de manantiales ubicadas en el área de influencia del Proyecto y por ende el compromiso de reportarlas de manera semestral al Ministerio de Energía y Minas.

Respecto a la comparación de los manantiales con las estaciones de vertimiento, se precisa lo siguiente:

- El capítulo 5.1 del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por R.J. N° 010-2016-ANA, establece los criterios de ubicación de los puntos de control de la calidad del cuerpo receptor respecto a un vertimiento. En ella se precisa que, en la elaboración de los Instrumentos de Gestión Ambiental, se tomarán en cuenta los criterios para la ubicación de los puntos de control en cuerpos lótico (ríos o quebradas), lénticos (lagos, lagunas y embalses) y marino costeros.
- Considerando que la ubicación del punto de monitoreo en relación a un vertimiento dependerá de las condiciones naturales del cauce del río o quebrada en lo referente a su forma, turbulencias y obstáculos, así como el lugar donde el cuerpo natural del agua presenta un cauce regular y uniforme y al considerarse los manantiales como puntos o áreas aflorantes de las aguas subterráneas (*Artículo 225º, De la definición de Agua Subterránea, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos D.S. N° 001-2010-AG*) no es dable ni representativo su comparación con los vertimientos correspondientes.
- En base a lo asumido en el programa de monitoreo de manantiales y teniendo en cuenta que estos son considerados como aguas subterráneas, la evaluación de las mismas se ha considerado de manera referencial con los nuevos ECAs para agua establecidos por el D.S. N° 004-2017- MINAM. Bajo ese contexto, la comparación de los manantiales es netamente referencial y no un referente obligatorio de cumplimiento. Esta información fue incluida en el epígrafe 3.8.4. del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico.

En base a las premisas anteriores, se aclara lo siguiente:

1. La U.M. Yanacocha cumplirá en estricto con la ejecución del programa de manantiales asumidos en la I MEIA Yanacocha y por ende con el compromiso de reportarlas a la autoridad sectorial.

2. La evolución de los manantiales fue considerada de manera referencial con los ECA para agua establecido por el D.S. N° 004-2017- MINAM.
3. Se precisa, que como parte de la II MEIA Yanacocha, se indica que no se producirán abatimientos del nivel piezométrico asociados al desaguado de los tajos adicionales a los ya aprobados en la I MEIA y por tanto se ha descartado la afectación adicional dentro del área de influencia del Proyecto, por lo que no se requiere la provisión de flujos de mitigación asociados a impactos sobre los manantiales.

Observación 7

En relación a la temperatura, el estudio señala que el análisis y tratamiento de los datos para cada una de las estaciones, se presenta en el Apéndice D (Estudio Climatológico). Sin embargo, este documento carece de la metodología de cómo fueron contrastados e integrados las estaciones locales con las estaciones regionales, asimismo, el análisis de consistencia de datos (saltos y tendencias, periodos de análisis, así como los estadísticos de significancia). Además, carece del análisis metodológico de la completación y extensión de datos. Pero, concluye en una relación de Temperatura – Elevación: $T = -0.0059 \text{ Elevación} + 29.945$ ($R^2 = 0.99$), por lo que deberá presentar lo requerido.

Respuesta:

Para la caracterización de la temperatura en el área de estudio se consideró la información de las estaciones regionales de la red del SENAMHI y locales operados por Yanacocha. Los registros de temperatura de las estaciones regionales cubren distintos periodos (ver Tabla ANA 7-1, Periodo de registro de la temperatura), mientras que el periodo de análisis de las estaciones administradas por Yanacocha, el periodo de registro es 1993 – 2018.

Tabla ANA 7-1: Periodo de registro de la temperatura

| Estación | Parámetros | Periodo |
|--------------------|----------------------------------|-------------|
| Llapa | Temperatura Media Mensual | 1996 – 2018 |
| Augusto Weberbauer | Temperatura Máxima Media Mensual | 1965 – 2018 |
| | Temperatura Media Mensual | 1965 – 2018 |
| | Temperatura Mínima Media Mensual | 1965 – 2018 |
| Granja Porcón | Temperatura Máxima Media Mensual | 1997 – 2014 |
| | Temperatura Media Mensual | 1997 – 2018 |
| | Temperatura Mínima Media Mensual | 1997 – 2014 |
| Bambamarca | Temperatura Máxima Media Mensual | 2000 – 2014 |
| | Temperatura Media Mensual | 2000 – 2018 |
| | Temperatura Mínima Media Mensual | 2000 – 2014 |
| La Encañada | Temperatura Máxima Media Mensual | 2003 – 2014 |
| | Temperatura Media Mensual | 2003 – 2018 |
| | Temperatura Mínima Media Mensual | 2003 – 2014 |
| Magdalena | Temperatura Media Mensual | 1994 – 2018 |

Fuente: elaboración propia.

Considerando que la temperatura es una variable estable, es decir, que no presenta variaciones considerables a través del tiempo, se realizó un análisis tipo gráfico de cajas con los registros históricos para identificar la ocurrencia de valores atípicos en las series. El Gráfico ANA 7-1, Gráfico de cajas – Temperatura media diaria, Gráfico ANA 7-2, Gráfico de cajas – Temperatura máxima diaria y Gráfico ANA 7-3, Gráfico de cajas – Temperatura mínima diaria muestran que no se producen valores atípicos, además el grado de completitud de los registros de las estaciones tanto regionales como locales es del 99%, por lo que no se requiere realizar relleno de datos. Por tal motivo, se procedió a utilizar los registros históricos de las estaciones con el fin de representar el comportamiento de la temperatura en la zona de estudio.

Gráfico ANA 7-1: Gráfico de cajas – Temperatura media diaria

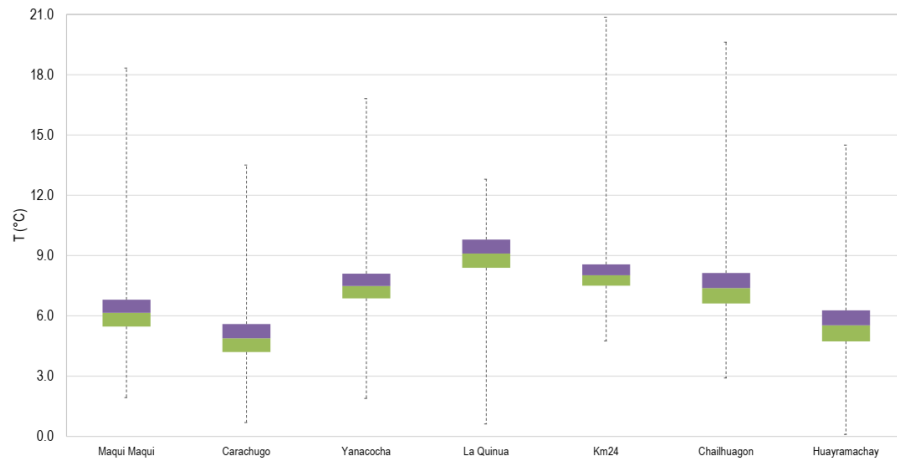


Gráfico ANA 7-2: Gráfico de cajas – Temperatura máxima diaria

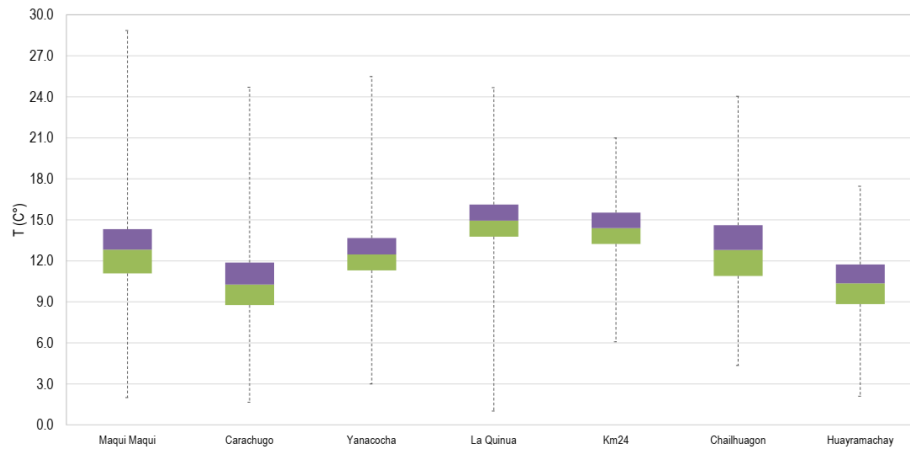
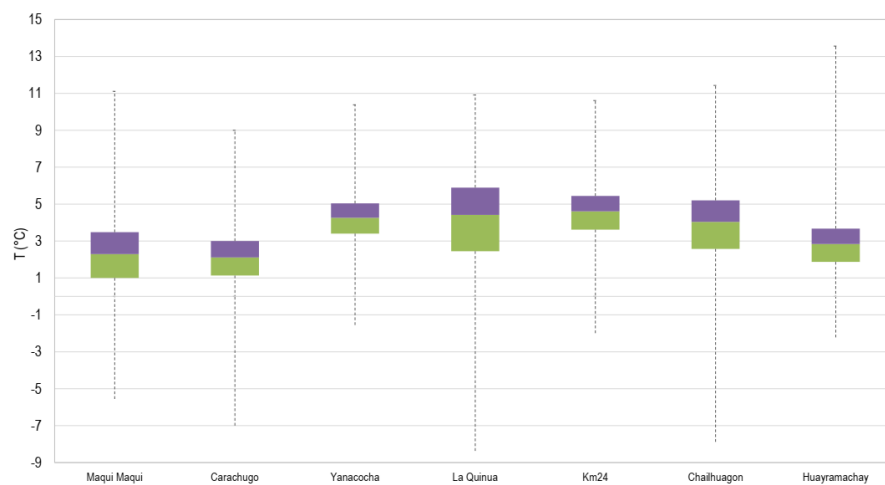


Gráfico ANA 7-3: Gráfico de cajas – Temperatura mínima diaria



A continuación, la Tabla ANA 7-2: *Estadísticos anuales de temperatura media – estaciones regionales* y la Tabla ANA 7-3, *Estadísticos anuales de temperatura media – estaciones locales*, muestran un resumen de los estadísticos anuales de las series de temperatura media:

Tabla ANA 7-2: Estadísticos anuales de temperatura media – estaciones regionales

| Estadísticos | Estaciones regionales | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|---------------|------------|-------------|-------|-----------|
| | A. Weberbauer | Granja Porcón | Bambamarca | La Encañada | Llapa | Magdalena |
| Nro. De datos | 54 | 22 | 19 | 16 | 23 | 25 |
| Promedio | 14.4 | 10.3 | 15.2 | 13.1 | 12.0 | 22.1 |
| Desv. Std. | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| Curtosis | -0.3 | 1.2 | 1.6 | 0.4 | -0.4 | -0.7 |
| Coefficiente de asimetría | -0.1 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.2 | 0.7 |
| Coefficiente de variación | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Fuente: Elaboración propia.

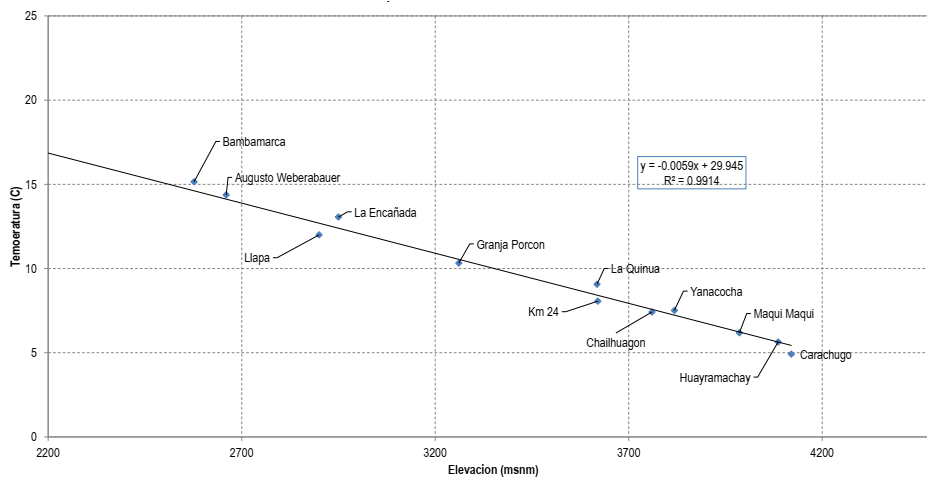
Tabla ANA 7-3: Estadísticos anuales de temperatura media – estaciones locales

| Estadísticos | Estaciones locales | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-----------|-----------|------|-------------|--------------|
| | Maqui Maqui | Carachugo | Yanacocha | Km24 | Chailhuagón | Huayramachay |
| Nro. De datos | 14 | 15 | 14 | 10 | 12 | 10 |
| Promedio | 6.2 | 4.9 | 7.5 | 8.1 | 7.4 | 5.6 |
| Desv. Std. | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.7 |
| Curtosis | 2.1 | 0.9 | 0.3 | 1.3 | 0.5 | 3.7 |
| Coefficiente de asimetría | 1.4 | 1.1 | 0.7 | -1.1 | 0.0 | 1.7 |
| Coefficiente de variación | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 |

Fuente: Elaboración propia.

De igual modo que la precipitación, la temperatura guarda una relación con la elevación; por ello, se evaluó el comportamiento de la temperatura promedio anual con respecto a la elevación de cada estación, encontrándose que todas las estaciones consideradas guardan relación esperada con la elevación. El Gráfico ANA 7-4, *Temperatura media anual versus elevación* muestra la buena correlación que existe entre la temperatura media anual en la zona de estudio con respecto a la elevación, obteniéndose un coeficiente R2 de 0.9914:

Gráfico ANA 7-4: Temperatura media anual versus elevación



Observación 8

En relación a la precipitación, el estudio presenta como más representativas a las estaciones de Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua. Sin embargo, también carece de la contrastación e integración de la estación La Quinua con la estación Negritos que se encuentran muy cercanos. De otro lado, carece de definición de regiones homogéneas de precipitación y sus respectivos estadísticos de ajuste, ya que la regionalización es vital para la completación y extensión de datos pluviométricos, los cuales tampoco se presenta. Asimismo, falta el análisis de consistencia (saltos y tendencia) de la información utilizada. Sin embargo, presentan la relación Precipitación – Elevación: PMA (mm) = 0.373 Elevación – 179.14 (R2= 0.753), por lo que deberá presentar lo requerido.

Respuesta:

En el estudio de Climatológico mediante el MVR se identificó una región homogénea conformada por 9 estaciones pluviométricas, para el periodo 1985-2018 empleando el uso del software HYDRACCES desarrollado por Philippe VAUCHEL, Hidrólogo del IRD (Instituto de investigación para el desarrollo) el cual tiene incluido un módulo para el cálculo del vector regional por el método de Y. Brunet Moret.

La hipótesis principal del método del Vector Regional es el principio de "pseudo-proporcionalidad", por lo cual los datos deben tener el mismo comportamiento (cantidad y variación temporal), es decir deben tener una tendencia climática regional única. El principal criterio medir la pseudo proporcionalidad se basa en los siguientes parámetros estadísticos:

- La Desviación Estándar de Desvíos "D.E.Desvíos" que compara la desviación de los índices pluviométricos anual de las estaciones y los índices del vector.
- El coeficiente de correlación "Correl./Vector" entre el vector y valores pluviométricos anuales de las estaciones.

Para que una estación pertenezca a la región homogénea se estableció como criterio que la desviación estándar de desvíos presente valores bajos (menor a 0.4) y el coeficiente de correlación entre el vector y la estación sea superior a 0.7. Bajo estos criterios se identificó las nueve (09) estaciones que conforman la región climática homogénea. En la Tabla ANA 8-1, Estadísticas del vector regional de la zona de estudio se muestra los principales parámetros estadísticos del vector regional, donde se evidencia que todas las estaciones cumplen con los criterios establecidos.

Tabla ANA 8-1: Estadísticas del vector regional de la zona de estudio

| Id Estación | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | D.E. Desvíos | Correl. /Vector |
|---------------|---------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|
| A. WEBERBAUER | 34 | 127.0 | 0.192 | 0.091 | 0.885 |
| BAMBAMARCA | 34 | 128.3 | 0.169 | 0.084 | 0.877 |
| CARACHUGO | 25 | 252.3 | 0.181 | 0.121 | 0.752 |
| ENCAÑADA | 21 | 104.4 | 0.109 | 0.094 | 0.721 |
| LA QUINUA | 20 | 277.1 | 0.193 | 0.123 | 0.798 |
| LLAPA | 34 | 203.3 | 0.208 | 0.120 | 0.812 |
| MAQUIMAQUI | 23 | 271.9 | 0.224 | 0.128 | 0.864 |
| Q. HONDA | 13 | 213.8 | 0.210 | 0.083 | 0.895 |
| YANACOCCHA | 20 | 331.7 | 0.237 | 0.165 | 0.757 |

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, considerando estos criterios se evaluó la calidad de la información pluviométrica de la estación Negritos con respecto al vector regional de la región climática homogénea de la zona de estudio, antes definida. Se incorporó la estación Negritos al conjunto de las nueve estaciones del Vector Regional, para el periodo 1985-2018. La Tabla ANA 8-2, Estadísticas del vector regional considerando

Negritos en la zona de estudio muestra los principales estadísticos de vectores regional al incluir la estación Negritos.

Tabla ANA 8-2: Estadísticas del vector regional considerando Negritos en la zona de estudio

| Id Estación | No Años | D.E. Obs. | Coef. Variación | D.E. Desvíos | Correl. /Vector |
|---------------|---------|-----------|-----------------|--------------|-----------------|
| A. WEBERBAUER | 34 | 127 | 0.192 | 0.095 | 0.871 |
| BAMBAMARCA | 34 | 128.3 | 0.169 | 0.077 | 0.892 |
| CARACHUGO | 25 | 252.3 | 0.181 | 0.121 | 0.751 |
| ENCAÑADA | 21 | 104.4 | 0.109 | 0.093 | 0.721 |
| LA QUINUA | 20 | 277.1 | 0.193 | 0.122 | 0.798 |
| LLAPA | 34 | 203.3 | 0.208 | 0.128 | 0.779 |
| MAQUIMAQUI | 23 | 271.9 | 0.224 | 0.127 | 0.863 |
| Q. HONDA | 13 | 213.8 | 0.21 | 0.087 | 0.884 |
| YANACOCHA | 20 | 331.7 | 0.237 | 0.165 | 0.758 |
| NEGRITOS | 10 | 213.9 | 0.264 | 0.216 | 0.558 |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, resalta que la menor correlación con el vector regional se presenta en la estación Negritos (0.558), y este es menor al umbral (0.7) establecido para seleccionar las estaciones que integran el vector regional. Por lo cual, la estación Negritos no fue considerada dentro de la región homogénea. Es cierto que la estación Negritos se ubica próxima a la estación La Quinua; sin embargo, hay una diferencia de elevaciones de 105 metros que cambia las condiciones de precipitación de la estación Negritos respecto a la estación La Quinua y por tanto muestra un comportamiento estadístico diferente y no se considera como parte de la región climática homogénea.

Por otro lado, una vez seleccionadas las estaciones que conforman el vector regional se procedió a completar y/o extender los registros de precipitación para el periodo 1985 – 2018. Se realizaron pruebas de homogeneidad (salto y tendencia) mediante el software TREND (desarrollado por el Cooperative Research Center (CRC) for Catchment Hydrology, del programa de variabilidad climática, en Australia) a los registros completos.

Las pruebas que contiene TREND, están basadas en las recomendaciones del grupo de trabajo de la Organización Meteorológica Mundial y la UNESCO en tendencias y detección del cambio. Los resultados se muestran en la Tabla ANA 8-3, Pruebas estadísticas de homogeneidad – 1985-2018 siguiente:

Tabla ANA 8-3: Pruebas estadísticas de homogeneidad – 1985-2018

| Estaciones | Tendencia | | | Prueba en la media | | |
|---------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------|----------------|
| | Mann-Kendall | Spearman's Rho | Linear regression | Rank Sum | Student's t | Año de quiebre |
| A. WEBERBAUER | S (0.05) | S (0.05) | S (0.05) | NS | NS | 2001 |
| BAMBAMARCA | NS | NS | NS | NS | NS | 2002 |
| ENCAÑADA | S (0.1) | S (0.05) | S (0.05) | NS | NS | 2009 |
| LLAPA | S (0.1) | S (0.1) | S (0.05) | S (0.05) | S (0.05) | 1997 |
| Q. HONDA | NS | S (0.1) | NS | NS | NS | 2012 |
| CARACHUGO | NS | NS | NS | NS | NS | 2009 |
| MAQUIMAQUI | S (0.1) | S (0.1) | S (0.1) | NS | NS | 2012 |

| Estaciones | Tendencia | | | Prueba en la media | | |
|------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------|----------------|
| | Mann-Kendall | Spearman's Rho | Linear regression | Rank Sum | Student's t | Año de quiebre |
| YANACOCHA | NS | NS | NS | NS | NS | 2012 |
| LA QUINUA | NS | NS | NS | NS | NS | 2009 |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla anterior, se observa que la tendencia en las estaciones A. Weberbauer, La Encañada, Llapa y Maqui Maqui es estadísticamente significativa. Sin embargo, al analizar la variabilidad regional de la precipitación de la zona de estudio se observa que el periodo previo al 1993, se caracteriza por la ocurrencia continua de sequías de intensidad moderada a extremadamente seco según el estudio elaborado por especialistas del Grupo de Trabajo de Sequías (GTS) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

El estudio denominado "Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos andinos del Perú (1981-2018)" concluye que en el periodo 1981-2018, se presentaron sequías en los años 1982, 1983, 1985, 1987, 1988, 1990, 1992, 2004, 2005 y 2016 con intensidades de moderada a extremadamente seco. Este comportamiento se observa en los registros históricos de las estaciones pluviométricas que integran el vector regional, lo cual, explica que el periodo anterior al 1993 presente precipitación más baja en comparación con el periodo posterior y por lo cual se observe una tendencia en las estaciones regionales.

Además, a modo de comparación se estimó los estadísticos de homogeneidad de las estaciones completas considerando el periodo 1993-2018. Los valores de las pruebas estadísticas se muestran en la Tabla ANA 8-4: Pruebas estadísticas de homogeneidad – 1993–2018 los cual son no significativos.

Tabla ANA 8-4: Pruebas estadísticas de homogeneidad – 1993–2018

| Estaciones | Tendencia | | | Prueba en la media | | |
|---------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------|-------------|----------------|
| | Mann-Kendall | Spearman's Rho | Linear regression | Rank Sum | Student's t | Año de quiebre |
| A. WEBERBAUER | NS | NS | NS | NS | NS | 2001 |
| BAMBAMARCA | NS | NS | NS | NS | NS | 2002 |
| ENCAÑADA | NS | NS | NS | NS | NS | 2009 |
| LLAPA | NS | NS | NS | NS | NS | 1997 |
| Q. HONDA | NS | NS | NS | NS | NS | 2012 |
| CARACHUGO | NS | NS | NS | NS | NS | 2009 |
| MAQUIMAQUI | NS | NS | NS | NS | NS | 2012 |
| YANACOCHA | NS | NS | NS | NS | NS | 2012 |
| LA QUINUA | NS | NS | NS | NS | NS | 2009 |

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis se concluyó que, debido a la ocurrencia de un periodo de sequías severas antes de 1993, produce que la tendencia sea estadísticamente significativa para cuatro estaciones; sin embargo, este comportamiento guarda relación con la variabilidad de las precipitaciones en la zona de estudio y representa un comportamiento y variabilidad regional. Es por ello, se consideró trabajar con el 1985-2018 a fin de conservar la variabilidad de la precipitación histórica en la zona de estudio.

Observación 9

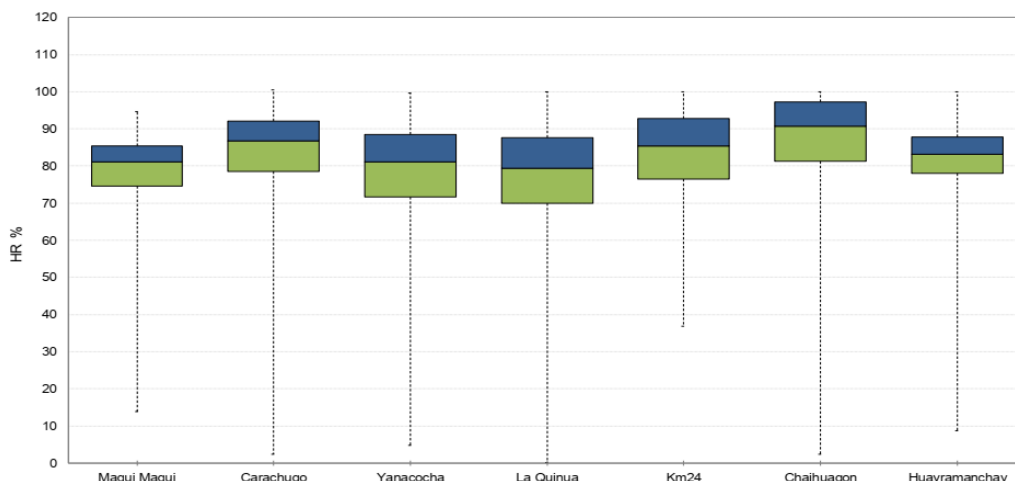
El administrado deberá presentar el análisis y tratamiento de datos de la humedad relativa, asimismo, desarrollar la regionalización de este parámetro. Además, el parámetro humedad relativa no aparece en la Tabla 3.2.1.2-2 correspondiente a la estación La Encañada; sin embargo, aparece en la Tabla 3.2.1.4-15 con información, por lo cual hacer las correcciones correspondientes.

Respuesta:

Se corrige la Tabla 3.2.1.2-2 añadiendo la variable humedad relativa para el periodo 2003 – 2009, que es el periodo que se utiliza para estimar los valores mensuales que se muestran en la Tabla 3.2.1.4-15. Los registros de la estación La Encañada se muestran en el Apéndice D: Estudio Climatológico elaborado por WSP (2019) y sus resultados se resumen a continuación:

Para realizar la caracterización de la humedad relativa del aire se utilizaron los registros diarios de las estaciones locales de Yanacocha y los registros mensuales de las estaciones regionales: A. Weberbauer y La Encañada. Los registros fueron analizados para conocer la calidad de los datos, utilizando los estadísticos y gráficos de las series, además de gráficos de cajas, con el propósito de identificar valores atípicos, los cuales fueron removidos para posteriores análisis (ver Gráfico ANA 9-1: Gráfico de cajas – Humedad relativa diaria en estaciones locales).

Gráfico ANA 9-1: Gráfico de cajas – Humedad relativa diaria en estaciones locales



Fuente: Elaboración propia.

Humedad relativa anual

La humedad relativa es una variable climática con un comportamiento generalmente estable, es decir se mantiene con una variación no mayor al 10% entre los meses con mayor y menor humedad relativa. En la zona de estudio se identificaron siete estaciones meteorológicas que registran humedad relativa a nivel diario y dos a nivel mensual. A partir de los registros completos de las estaciones, se obtuvo el promedio anual, el cual se muestra en la Tabla ANA 9-1, Humedad relativa promedio anual.

Tabla ANA 9-1: Humedad relativa promedio anual

| Estación | Elevación (msnm) | Periodo original | Promedio anual (%) |
|-------------|------------------|------------------|--------------------|
| Maqui Maqui | 4,112 | 2003 – 2018 | 78.4 |
| Carachugo | 4,196 | 2003 – 2018 | 83.2 |
| Yanacocha | 3,816 | 2003 – 2018 | 80.0 |

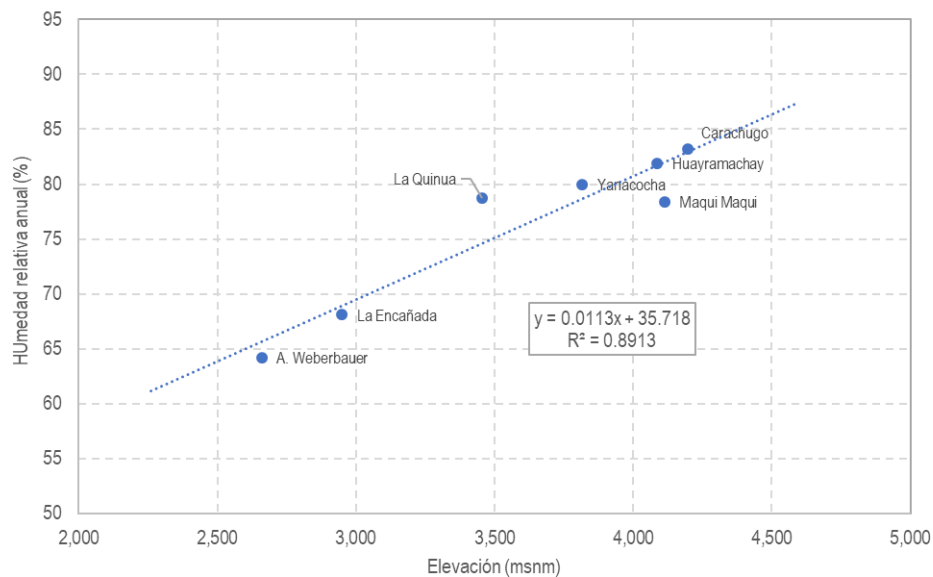
| Estación | Elevación (msnm) | Periodo original | Promedio anual (%) |
|---------------|------------------|--|--------------------|
| La Quinoa | 3,455 | 2003 – 2018 | 78.7 |
| Km 24 | 3,613 | 2012 – 2014 | 83.0 |
| Chailhuagón | 3,760 | 1998 – 2014 | 88.8 |
| Huayramachay | 4,086 | 2004 – 2014 | 81.9 |
| A. Weberbauer | 2,660 | 1988 / 1990 – 2000 / 2006 / 2010 / 2012– 2018 | 64.2 |
| La Encañada | 2,950 | 2003 – 2009 | 68.1 |

Fuente: Elaboración propia.

La estación que registra la mayor humedad relativa es Chailhuagón, con 88.8%, mientras que la estación A. Weberbauer registra una humedad relativa de 64.2 %, que es el valor más bajo en la región.

Con los valores que se muestran en la Tabla ANA 9-1, Humedad relativa promedio anual, se realizó una regresión lineal entre la humedad relativa anual y la elevación en la cual se ubican la estación de análisis; debido al corto periodo de registro de las estaciones Km 24 y Chailhuagón (sólo 2 y 7 años completos respectivamente), los promedios anuales de estas estaciones fueron eliminados del análisis regional. A partir los promedios anuales de humedad relativa anual de las siete estaciones restantes se obtuvo la siguiente ecuación que caracteriza la humedad relativa respecto a la elevación (Gráfico ANA 9-1, Humedad relativa anual versus Elevación).

Gráfico ANA 9-1: Humedad relativa anual versus Elevación



Fuente: Elaboración propia.

Humedad relativa mensual

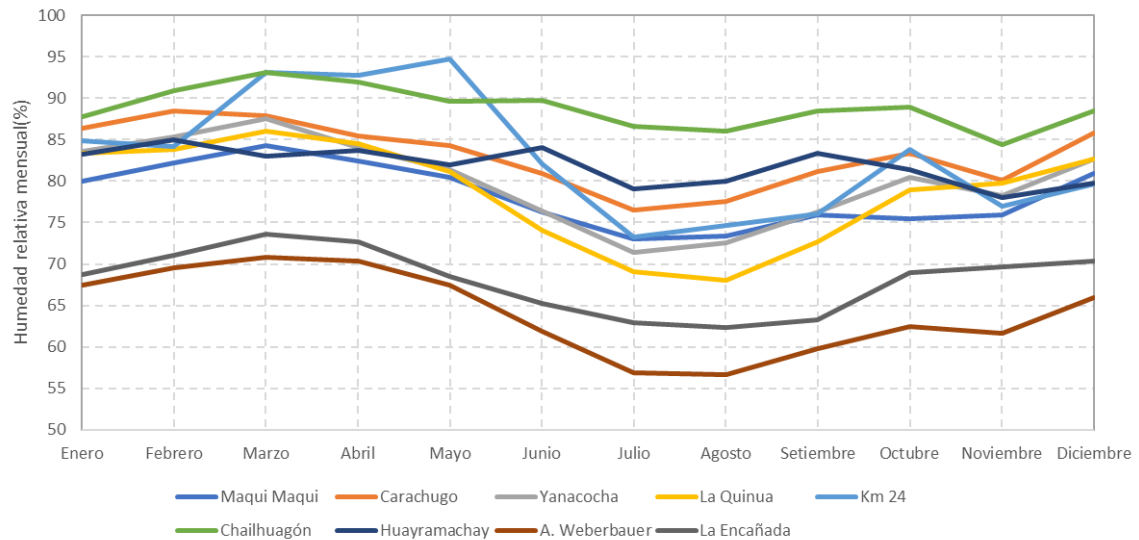
La humedad promedio mensual de las estaciones seleccionadas varía entre los 56% y 95%. La Tabla ANA 9-2: Humedad relativa promedio mensual (%) resume los valores mensuales registrados, de los cuales se observa que existe un comportamiento estacional, los menores valores ocurren entre los meses de junio a setiembre (invierno) y los máximos valores ocurren entre los meses de enero a marzo (verano). Este comportamiento se puede apreciar más claramente en el Gráfico ANA 9-2: Humedad relativa promedio mensual. Además, se observa que las estaciones locales, presentan valores mayores que los registrados en las estaciones regionales.

Tabla ANA 9-2: Humedad relativa promedio mensual (%)

| Estación | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-----------|---------|-----------|-----------|
| Maqui Maqui | 80.0 | 82.2 | 84.3 | 82.4 | 80.4 | 76.3 | 73.0 | 73.4 | 75.9 | 75.4 | 75.9 | 80.9 |
| Carachugo | 86.4 | 88.4 | 87.9 | 85.4 | 84.3 | 80.9 | 76.5 | 77.5 | 81.2 | 83.4 | 80.1 | 85.8 |
| Yanacocha | 83.6 | 85.3 | 87.5 | 84.0 | 81.4 | 76.4 | 71.4 | 72.6 | 76.3 | 80.4 | 78.2 | 82.6 |
| La Quinua | 83.3 | 83.8 | 86.0 | 84.5 | 81.2 | 74.1 | 69.1 | 68.0 | 72.7 | 78.9 | 79.8 | 82.7 |
| Km 24 | 84.9 | 84.2 | 93.1 | 92.8 | 94.7 | 82.1 | 73.3 | 74.7 | 76.0 | 83.8 | 77.0 | 79.6 |
| Chailhuagón | 87.7 | 90.9 | 93.1 | 91.9 | 89.6 | 89.7 | 86.6 | 86.0 | 88.4 | 88.9 | 84.4 | 88.4 |
| Huayramachay | 83.2 | 85.0 | 83.0 | 83.7 | 81.9 | 84.1 | 79.0 | 80.0 | 83.3 | 81.4 | 78.0 | 79.7 |
| A. Weberbauer | 67.4 | 69.5 | 70.8 | 70.4 | 67.5 | 61.9 | 56.9 | 56.7 | 59.8 | 62.5 | 61.6 | 65.9 |
| La Encañada | 68.7 | 71.0 | 73.6 | 72.7 | 68.5 | 65.2 | 62.9 | 62.3 | 63.3 | 68.9 | 69.6 | 70.4 |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico ANA 9-2: Humedad relativa promedio mensual



Observación 10

Se requiere que detalle la metodología de la obtención de los años secos y húmedos; asimismo, se sugiere detallar el análisis y sustentar del ajuste a la distribución Gumbel, debido a que los datos de precipitaciones corresponden a precipitaciones medias mensuales; además, deberá presentar el análisis de sequías para la región.

Respuesta:

El objetivo del análisis estadístico para determinar los años húmedos y secos es establecer el límite o umbral que permita diferenciar dichos eventos extremos de un año estadísticamente normal. Para determinar este umbral extremo, se determina la serie de precipitación total anual y se le aplica una distribución del tipo extrema, a fin de encontrar el rango que defina de manera crítica a un año seco o húmedo; aplicando una distribución extrema, robustecemos la confiabilidad de que el evento extremo, año seco o húmedo sea mejor representado. Dentro de las funciones del tipo extremo recomendadas para el análisis de datos climatológicos, Gumbel es la de uso extendido y la que mejor representa el comportamiento extremo de esta serie de precipitaciones anuales en la zona de estudio con respecto a las otras funciones extremas.

Bajo el criterio anterior, el análisis de años húmedos y secos se realizó mediante la siguiente metodología:

1. Se realizó el análisis de frecuencia de las series de precipitaciones anuales de cada estación. Las estaciones utilizadas fueron: A. Weberbauer, Bambamarca, La Encañada, Llapa, Quebrada Honda, Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua.
2. El análisis de frecuencia fue desarrollado utilizando las recomendaciones de Ven Te Chow usando el método del factor de frecuencia, la función de distribución seleccionada para este análisis fue Gumbel, por ser una función de distribución extrema que permite estimar los umbrales eventos extremos como son los años húmedos y secos.
3. Se estimaron los parámetros para estimación de los niveles de retorno usando el método del factor de frecuencia (Ven Te Chow, 1994). Se consideró el uso de factores de corrección en base al número de registros de la serie.
4. Con los resultados del análisis de frecuencia, se realiza una regresión lineal entre la precipitación anual obtenida por periodo de retorno y la elevación a la cual se ubica la estación meteorológica.
5. Se obtienen ecuaciones Precipitación – Altura por periodo de retorno, mediante las cuales se estima la precipitación para la elevación media de la cuenca por periodo de retorno. A partir de estas ecuaciones se estiman los umbrales para años húmedos y secos en las microcuencas de interés.
6. El umbral para los años húmedos es el valor correspondiente al periodo de retorno de 10 años de un análisis de crecidas.
7. El umbral para los años secos es el valor correspondiente al periodo de retorno de 10 años de un análisis de sequías.

La Tabla ANA 10-1, Análisis de años húmedos y secos para diferentes periodos de retorno en las estaciones seleccionadas muestra los años húmedos y secos para diferentes periodos de retorno en las estaciones seleccionadas:

Tabla ANA 10-1: Análisis de años húmedos y secos para diferentes periodos de retorno en las estaciones seleccionadas

| Estaciones | | A. Weberbauer | Bambamarca | La Encañada | Llapa | Qda. Honda | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua | Ecuación | R ² |
|------------------|-----------|---------------|------------|-------------|--------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|---|----------------|
| Elevación (msnm) | | 2660 | 2577 | 2950 | 2900 | 3550 | 4196 | 4112 | 3816 | 3455 | | |
| Crecidas | TR (años) | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel | | |
| | 500 | 1,300 | 1,405 | 1,642 | 2,001 | 2,101 | 2,692 | 2,502 | 2,887 | 2,761 | $y = 0.8524 \times \text{Elevación} - 718.37$ | 0.7530 |
| | 200 | 1,197 | 1,300 | 1,522 | 1,835 | 1,943 | 2,475 | 2,287 | 2,638 | 2,534 | $y = 0.7748 \times \text{Elevación} - 631.13$ | 0.755 |
| | 100 | 1,118 | 1,221 | 1,432 | 1,710 | 1,823 | 2,310 | 2,124 | 2,450 | 2,361 | $y = 0.7159 \times \text{Elevación} - 565.01$ | 0.756 |
| | 50 | 1,039 | 1,141 | 1,340 | 1,583 | 1,703 | 2,144 | 1,960 | 2,261 | 2,188 | $y = 0.6569 \times \text{Elevación} - 498.64$ | 0.757 |
| | 20 | 934 | 1,035 | 1,219 | 1,415 | 1,542 | 1,924 | 1,742 | 2,009 | 1,958 | $y = 0.5781 \times \text{Elevación} - 410.08$ | 0.758 |
| | 10 | 853 | 953 | 1,125 | 1,285 | 1,418 | 1,753 | 1,573 | 1,814 | 1,779 | $y = 0.5172 \times \text{Elevación} - 341.66$ | 0.758 |
| | 5 | 768 | 867 | 1,027 | 1,150 | 1,288 | 1,575 | 1,397 | 1,611 | 1,593 | $y = 0.4537 \times \text{Elevación} - 270.33$ | 0.757 |
| Promedio | 2 | 641 | 738 | 879 | 945 | 1,093 | 1,307 | 1,131 | 1,304 | 1,313 | $y = 0.3578 \times \text{Elevación} - 162.6$ | 0.75 |
| Sequías | 5 | 546 | 642 | 768 | 793 | 947 | 1,107 | 934 | 1,076 | 1,104 | $y = 0.2866 \times \text{Elevación} - 82.53$ | 0.73 |
| | 10 | 505 | 601 | 722 | 728 | 886 | 1,022 | 850 | 979 | 1,015 | $y = 0.2563 \times \text{Elevación} - 48.49$ | 0.72 |
| | 20 | 475 | 571 | 687 | 681 | 840 | 960 | 788 | 907 | 950 | $y = 0.234 \times \text{Elevación} - 23.47$ | 0.7 |
| | 50 | 445 | 541 | 652 | 632 | 794 | 897 | 725 | 835 | 884 | $y = 0.2115 \times \text{Elevación} + 1.89$ | 0.68 |
| | 100 | 427 | 522 | 631 | 603 | 766 | 858 | 687 | 791 | 843 | $y = 0.1977 \times \text{Elevación} + 17.4$ | 0.67 |
| | 200 | 411 | 506 | 613 | 578 | 742 | 825 | 654 | 753 | 809 | $y = 0.1858 \times \text{Elevación} + 30.73$ | 0.65 |
| | 500 | 393 | 488 | 592 | 549 | 714 | 787 | 617 | 710 | 769 | $y = 0.1723 \times \text{Elevación} + 45.89$ | 0.63 |

Las siguientes gráficas muestran las series de precipitaciones anuales por estación con los umbrales de años húmedos y secos:

Gráfico ANA 10-1: Umbrales de años húmedos y secos para la estación La Quinua

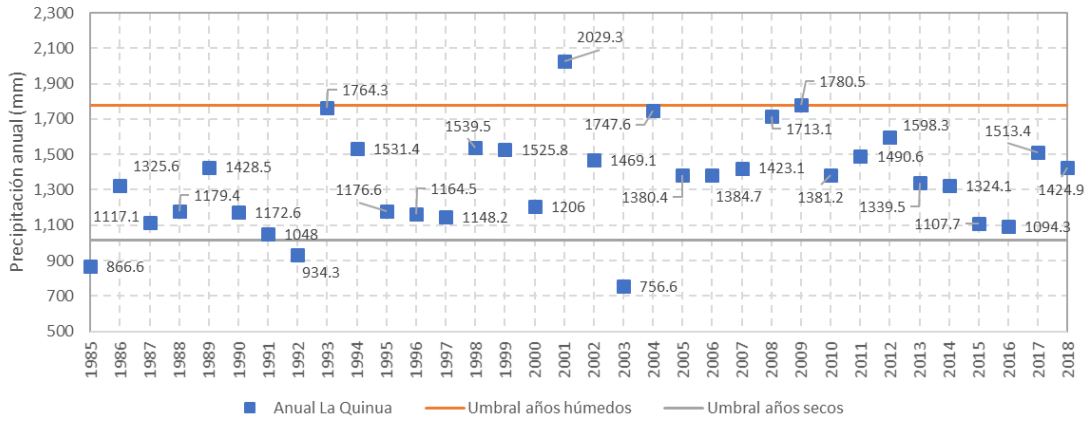


Gráfico ANA 10-2: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Yanacocha

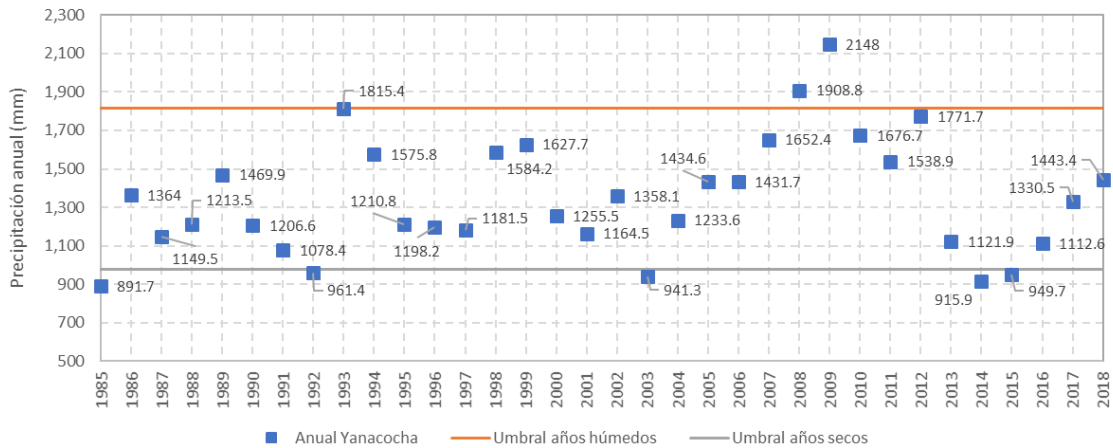


Gráfico ANA 10-3: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Maqui Maqui

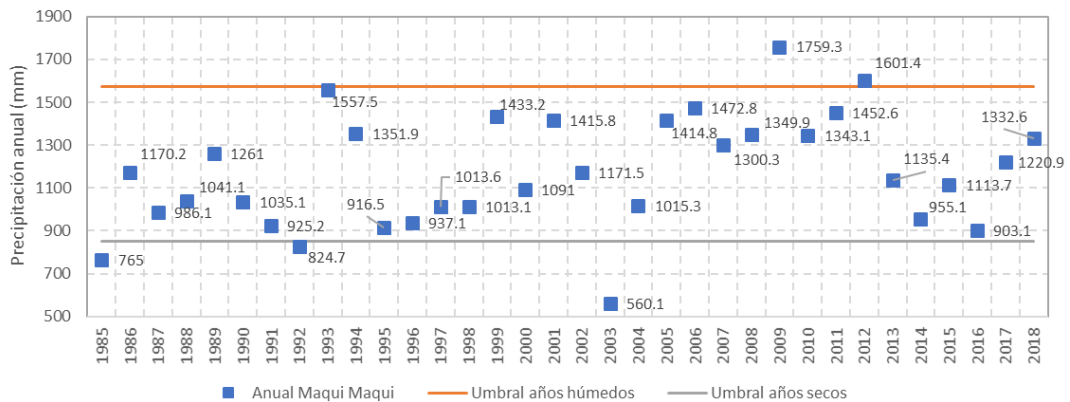


Gráfico ANA 10-4: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Carachugo

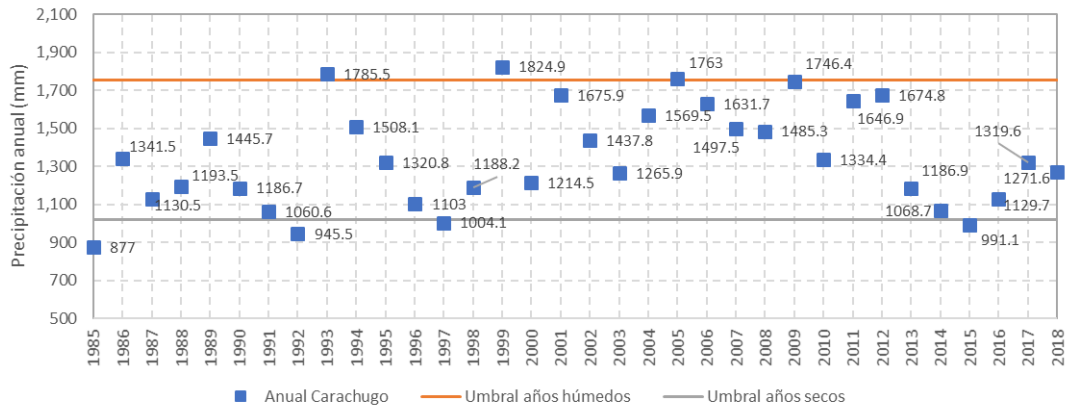


Gráfico ANA 10-5: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Quebrada Honda

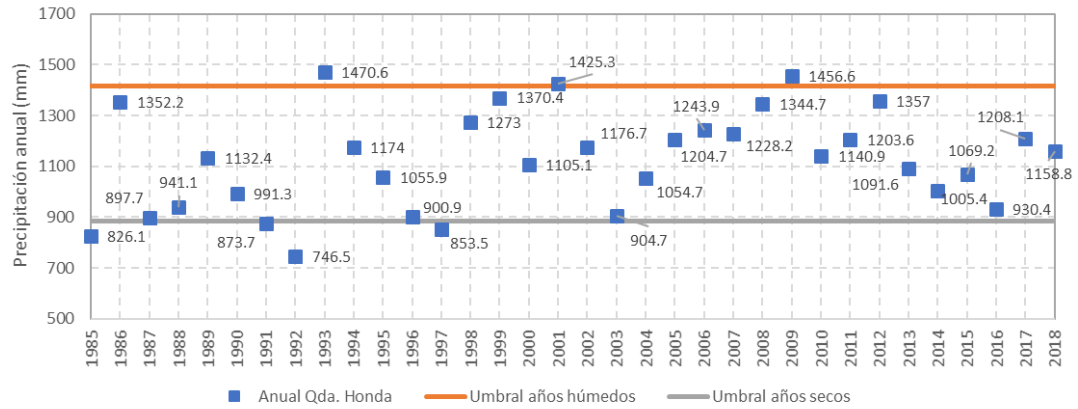


Gráfico ANA 10-6: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Llapa

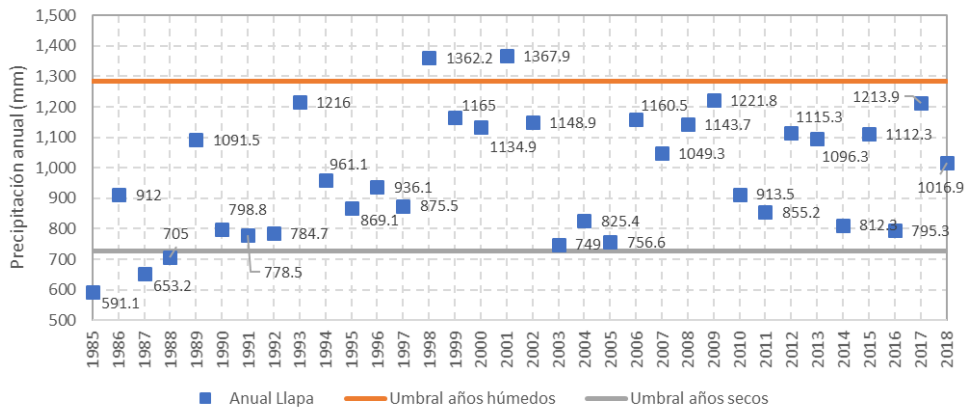


Gráfico ANA 10-7: Umbrales de años húmedos y secos para la estación La Encañada

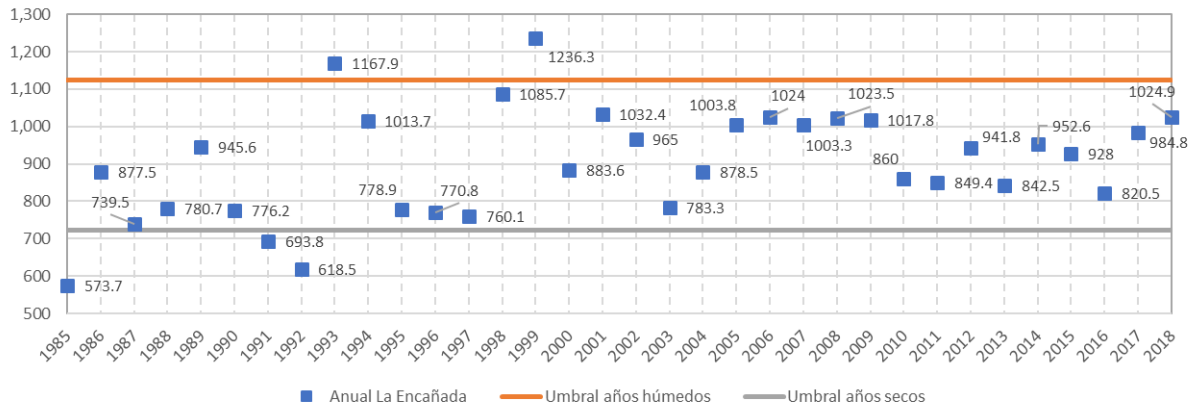


Gráfico ANA 10-8: Umbrales de años húmedos y secos para la estación Bambamarca

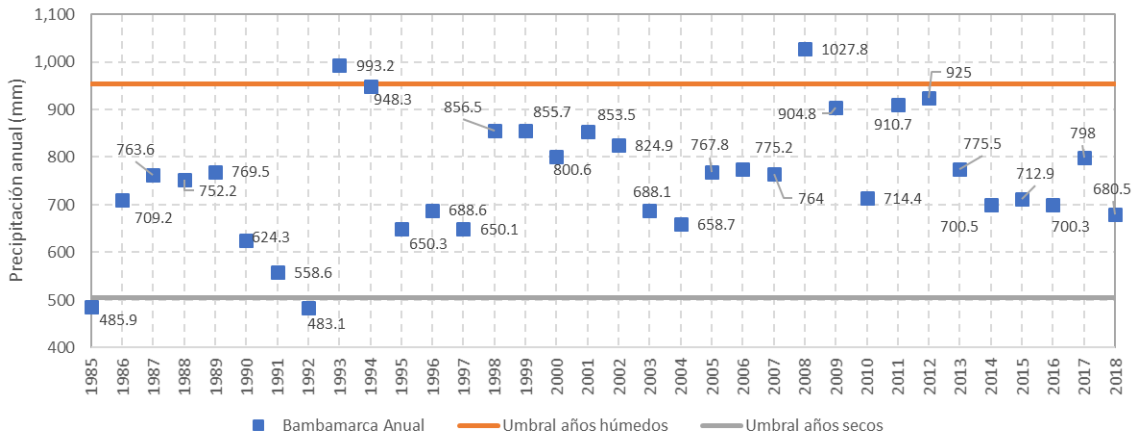
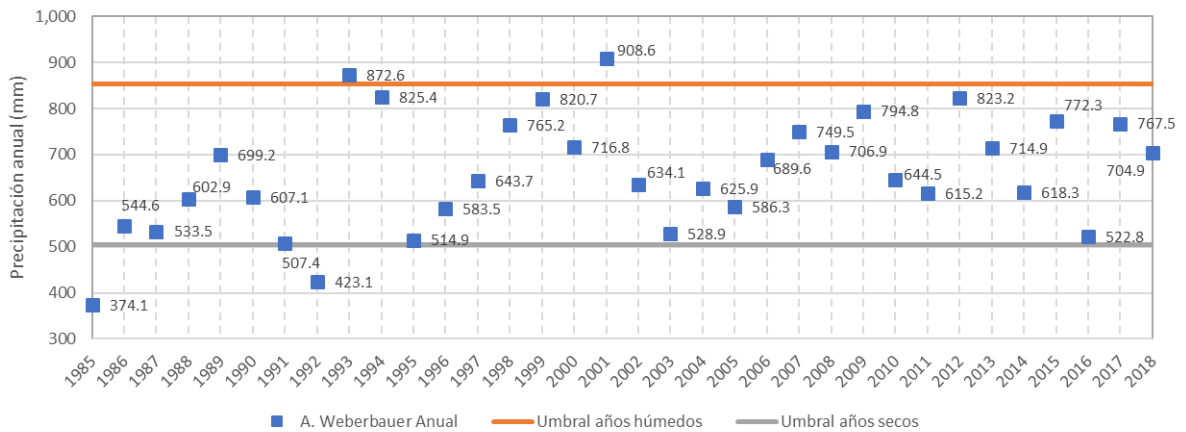


Gráfico ANA 10-9: Umbrales de años húmedos y secos para la estación A. Weberbauer



El análisis de sequías se encuentra desarrollado en el Apéndice F.1: Estudio hidrológico, sección 3.8. A continuación, se muestra el análisis realizado.

Análisis de sequías

La sequía es un fenómeno natural que se da como resultado de la disminución natural de la precipitación a diferentes escalas de tiempo. Cuando este fenómeno se prolonga provoca de forma directa una disminución de la presencia del agua. Puede presentarse en cualquier región climática con amplias consecuencias (socioeconómicas y naturales), que permanecen aún después del término del evento.

Existe diversas definiciones de sequía, dependiendo del sector en el que se experimente el déficit de agua, la sequía puede entenderse desde diferentes perspectivas, puesto que sus efectos pueden ser muy distintos en cada sector. Según Wilhite y Glantz (1985) las sequías pueden clasificarse, según su tipo, en meteorológica, agrícola e hidrológica y difieren entre sí por su intensidad, duración y extensión espacial.

Sequía meteorológica, se define en función del nivel de déficit de precipitación (en comparación de su rango promedio) y la duración del periodo seco.

Sequía hidrológica, está asociada con periodos de precipitación deficientes que afectan la disponibilidad del agua superficial (caudales, reservorios, niveles lacustres y aguas subterráneas).

Sequía agrícola, ocurre cuando no hay suficiente agua para que puedan crecer los cultivos. Esta sequía no depende sólo de la cantidad de agua que haya o que llueva, también depende de cómo se use el agua disponible.

La sequía es analizada mediante la precipitación y el caudal. Para caracterizar las sequías meteorológicas (precipitación) se utilizó el índice de precipitación estandarizado (SPI), y para caracterizar la sequía hidrológica se utilizó el índice de sequía de caudales (SDI).

Índice de precipitación estandarizado (SPI)

El índice usado para caracterizar las sequías meteorológicas es el llamado índice de precipitación estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés), que permite identificar condiciones de déficit y exceso de precipitación a corto y largo plazo, lo cual reflejan el impacto de la sequía en la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos. Los déficits de precipitación a corto plazo afectan las condiciones de humedad del suelo, mientras que las sequías más prolongadas (largo plazo) quedan reflejadas en el agua subterránea, almacenamiento de reservorios.

El índice SPI puede ser calculado en base a los registros de precipitación para diversas escalas temporales (3, 6, 12 meses en valores acumulados móviles). Los registros de precipitación se ajustan a la distribución de probabilidad Gamma y a continuación se transforma en una distribución normal estándar con media cero y varianza uno (Edwards y McKee, 1997). Una secuencia de valores positivos de SPI indican un periodo húmedo, y una secuencia negativa representa periodos secos.

La Tabla ANA 10-2, Valores índice de precipitación estandarizado (SPI) muestra las distintas intensidades de sequía según los distintos valores de SPI. Los episodios de sequía tienen lugar siempre que el SPI sea continuamente negativo y alcanza intensidades inferiores a -1 y finaliza cuando se alcanzan valores positivos.

Tabla ANA 10-2: Valores índice de precipitación estandarizado (SPI)

| Valor del índice | Categoría de sequía | Escala W-D ^(a) |
|------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Mayor a 2 | Extremadamente húmedo | W3 |
| 1.5 a 1.99 | Muy húmedo | W2 |
| 1 a 1.49 | Moderadamente húmedo | W1 |
| -0.99 a 0.99 | Normal o aproximadamente Normal | N |
| -1.49 a -1 | Moderadamente seco | D1 |

| Valor del índice | Categoría de sequía | Escala W-D ^(a) |
|------------------|---------------------|---------------------------|
| -1.99 a -1.5 | Severamente seco | D2 |
| Menor a -2 | Extremadamente seco | D3 |

Fuente: Organización de Meteorología Mundial (OMM, 2012).

Notas:

W= Húmedo y D= Seco.

Los valores de SPI se estimaron a partir de la información de registros históricos de precipitación mensual de las estaciones representativas en el área de estudio. Estas estaciones fueron seleccionadas del estudio Climatológico elaborado por WSP en 2019. El SPI se calculó para cinco estaciones regionales (A. Weberbauer, Bambamarca, Encañada, Llapa y Qda. Honda) y cuatro estaciones locales (Carachugo, Maqui Maqui, Yanacocha y La Quinua) considerando las escalas temporales (3, 6 y 12 meses).

En base a los valores de SPI, a escala temporal de 12 meses, para las estaciones regionales se muestra en el Gráfico ANA 10-10, Índice de sequías meteorológica (SPI 12) – estaciones regionales y para las estaciones locales se muestra en el Gráfico ANA 10-11, Índice de sequías meteorológica (SPI 12) – estaciones locales a partir de los valores de SPI se identificaron periodos de ocurrencia de sequías meteorológicas, extremadamente secas y severamente secas, para las estaciones locales y regionales que se muestran en la Tabla ANA 10-3: Ocurrencia de sequías meteorológicas.

Tabla ANA 10-3: Ocurrencia de sequías meteorológicas

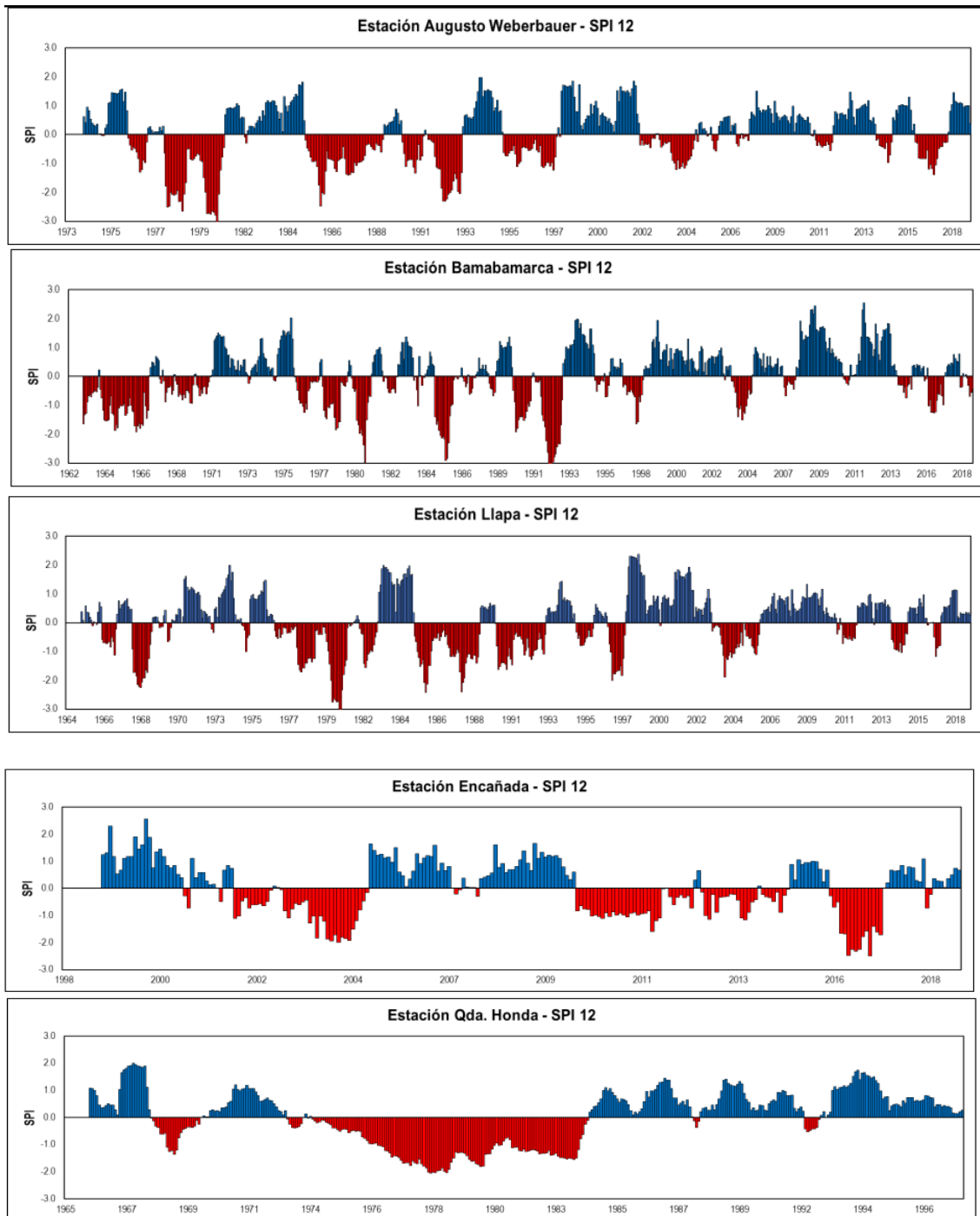
| Estación | Período | Fuente | Comentario |
|----------------------|------------------------------|---------|---|
| A. Weberbauer | 1973 – 1994 / 1996 – 2018 | SENAMHI | Ocurrencia de sequías extremadamente secas en 1978 y 1998, sequías severamente secas en 1977-1980 y 1983 |
| Bambamarca | 1962 – 2018 | SENAMHI | Ocurrencia de sequías extremadamente secas en 1980, 1985 y 1992, sequías severamente secas en 1964. |
| Encañada | 1998 – 2018 | SENAMHI | Ocurrencia de sequías extremadamente secas en 2016 y sequías severamente secas en 2004, 2016 y 2017 |
| Llapa | 1964 – 2018 | SENAMHI | Ocurrencia de sequías extremadamente secas en 1968,1980,1985,1988 y 1997, sequías severamente secas en 1968,1978,1980,1982,1985,1997 y 2004 |
| Qda. Honda | 1965 – 1997 | SENAMHI | Ocurrencia de sequías extremadamente secas en 1978 y 1998, sequías severamente secas en 1977-1980 y 1983 |
| Carachugo | 1993 – Nov 2018 | MYSRL | Ocurrencia de sequías extremadamente secas y sequías severamente secas en 1996 – 1997 y 2015 – 2016. |
| Maqui Maqui | 1995 – Nov 2018 | MYSRL | Ocurrencia de sequías extremadamente secas 2003 – 2004 y sequías severamente secas 2016. |
| Yanacocha | 1998 – Nov 2018 | MYSRL | Ocurrencia de sequías severamente secos en 2003 – 2004 y 2015 – 2016. |
| La Quinua | 1999 – Nov 2018 | MYSRL | Ocurrencia de sequías extrema y extremadamente secas en 2003, 2004 y 2016. |

Fuente: Elaboración propia

Nota:

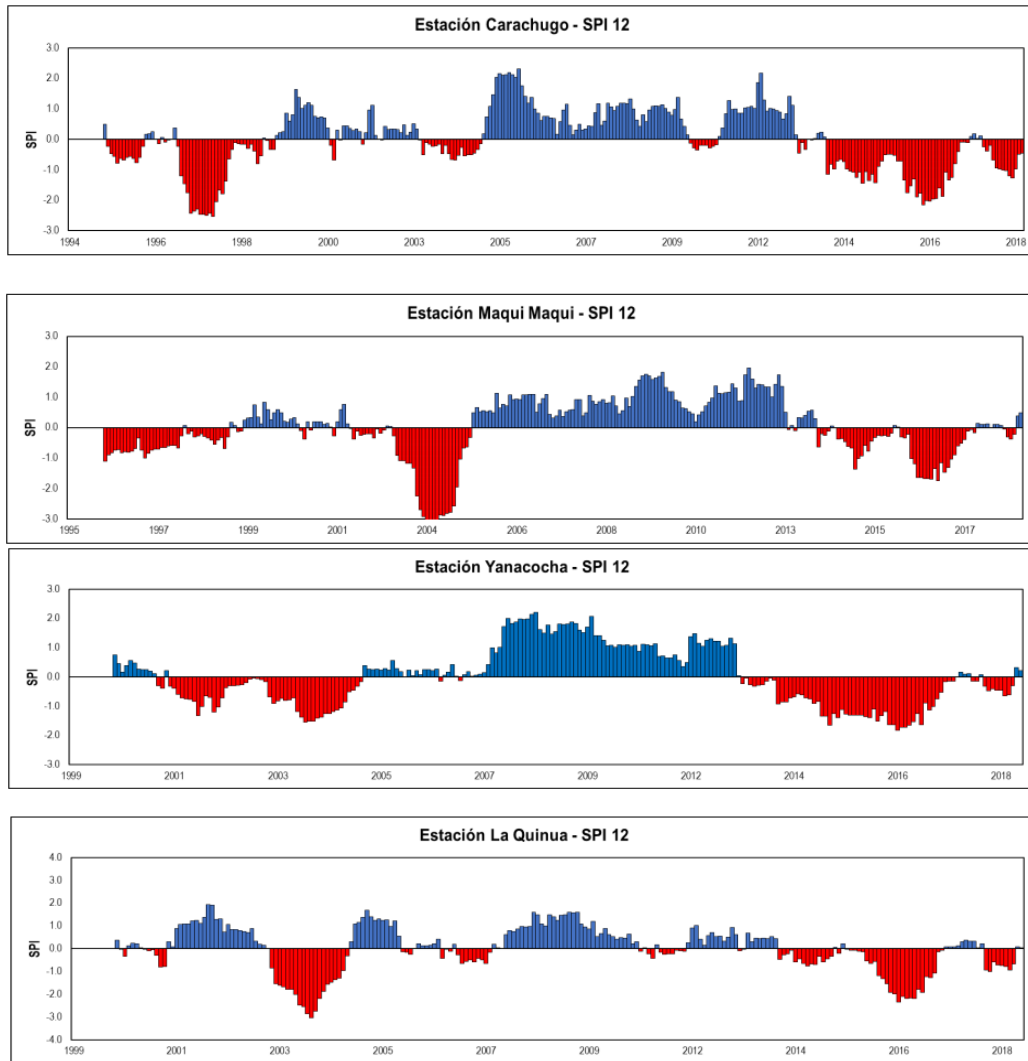
1. El periodo de ocurrencia de sequias meteorológicas está en función a los valores de SPI a escala temporal de 12 meses.

Gráfico ANA 10-10: Índice de sequías meteorológica (SPI 12) – estaciones regionales



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico ANA 10-11: Índice de sequías meteorológica (SPI 12) – estaciones locales



Fuente: Elaboración propia.

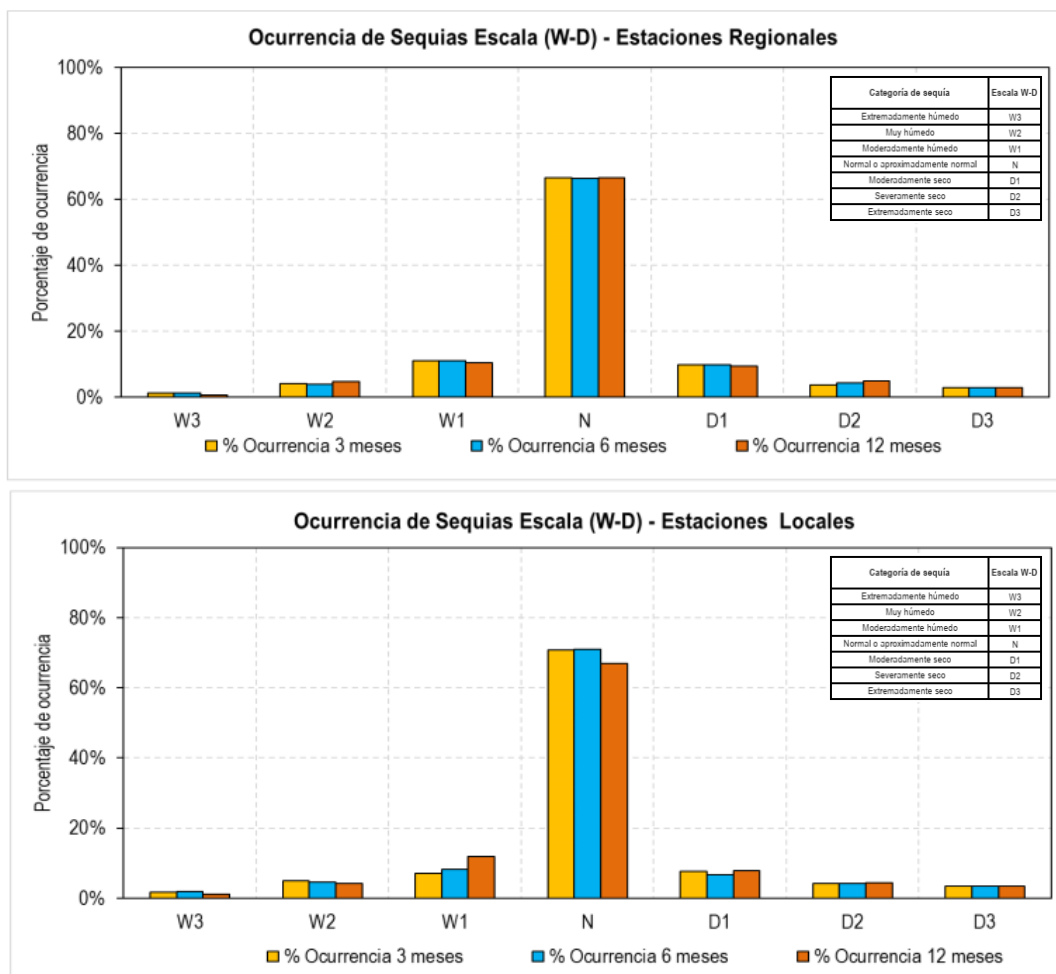
La Tabla ANA 10-4, Ocurrencia del índice estandarizado de precipitación (SPI) muestra el resumen de SPI para las tres escalas temporales para estaciones regionales y locales (ver Gráfico ANA 10-12: Ocurrencia de sequías meteorológicas escala (W – D) – estaciones regionales y locales).

Tabla ANA 10-4: Ocurrencia del índice estandarizado de precipitación (SPI)

| Categoría de sequía | Escala W-D | Estaciones Regionales | | | Estaciones Locales | | | Promedio |
|--|------------|-----------------------|---------|----------|--------------------|---------|----------|----------|
| | | 3 meses | 6 meses | 12 meses | 3 meses | 6 meses | 12 meses | |
| Extremadamente húmedo | W3 | 1% | 1% | 1% | 2% | 2% | 1% | 1% |
| Muy húmedo | W2 | 4% | 4% | 5% | 5% | 5% | 4% | 4% |
| Moderadamente húmedo | W1 | 11% | 11% | 11% | 7% | 8% | 12% | 10% |
| Normal o aproximadamente normal | N | 67% | 66% | 67% | 71% | 71% | 67% | 68% |
| Moderadamente seco | D1 | 10% | 10% | 9% | 8% | 7% | 8% | 9% |
| Severamente seco | D2 | 4% | 4% | 5% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Extremadamente seco | D3 | 3% | 3% | 3% | 3% | 3% | 3% | 3% |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico ANA 10-12: Ocurrencia de sequías meteorológicas escala (W – D) – estaciones regionales y locales



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis de sequía, para las tres escalas temporales (3, 6 y 12 meses), indican que las sequías extremadamente secas y severamente secas presentan porcentajes de ocurrencia bajos, en promedio 3% y 4 % respectivamente. La condición normal (N) presenta el mayor porcentaje de ocurrencia de 68% seguido de la condición moderadamente húmeda entre 10%.

Índice de sequía de caudales (SDI)

Para analizar las sequías hidrológicas se utilizó el índice de sequía de caudal (SDI, por sus siglas inglés). El SDI permite realizar de forma sencilla la determinación y clasificación de las sequías hidrológicas que pueden ocurrir en una determinada unidad hidrográfica. El análisis de sequías de caudales requiere datos hidrométricos con suficiente longitud de registro para estimar con mayor precisión la frecuencia de los eventos de sequía (Wagner Gómez; et al., 2012). Este índice de sequía se basa en los valores de caudales promediados durante períodos determinado (3, 6, 12 meses promedios móviles) dentro de cada año hidrológico (Nalbantis, 2009).

El SDI puede ser calculado en base a una serie de registros de caudales que son transformados a una distribución normal estándar con media cero y varianza 1. En base a los valores del SDI, se definen estados o clases que muestran las distintas intensidades de sequía hidrológica. Se consideran cinco estados, que se indican con un número entero que va de 0 (no sequía) a 4 (sequía extrema) y se definen a través de la Tabla ANA 10-5, Valores de índice de sequía hidrológica (SDI).

Tabla ANA 10-5: Valores de índice de sequía hidrológica (SDI)

| Estado | Criterio | Abreviatura | Categoría de sequía |
|--------|------------------------|-------------|---------------------|
| 0 | $SDI \geq 0.0$ | ND | Sin Sequía |
| 1 | $-1.0 \leq SDI < 0.0$ | MD | Sequía Suave |
| 2 | $-1.5 \leq SDI < -1.0$ | MDD | Sequía moderada |
| 3 | $-2.0 \leq SDI < -1.5$ | SD | Sequía severa |
| 4 | $SDI < -2.0$ | ED | Sequía extrema |

Fuente: Nalbantis y Tsakiris (2009).

En base a los caudales generados, en las ocho (8) microcuencas, a partir del modelo hidrológico (SMA) verificado se ha calculado el índice SDI. A partir de los valores de SDI se identificaron periodos de ocurrencia de sequías hidrológicas extremas y severas en cada microcuenca que se muestra en la Tabla ANA 10-6: Ocurrencia de sequías hidrológicas – A nivel local.

Tabla ANA 10-6: Ocurrencia de sequías hidrológicas – A nivel local

| Microcuenca | Periodo | Comentario |
|--------------------|----------------|--|
| Quebrada Honda | 1994-Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 1997, y sequías severas en 1997-1998 y 2016 |
| Río Azufre | 1994- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 1997, y sequías severas en 1997-1998 y 2016 |
| Quebrada La Saccha | 1994- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 1997, y sequías severas en 1997-1998 y 2016 |
| Río San José | 1994- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 1997, y sequías severas en 1997-1998 y 2016 |
| Río Grande | 199- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 2003-2004, y sequías severas en 2003-2004 y 2016-2017 |
| Río Shoclla | 1999- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 2003-2004, y sequías severas en 2003-2004 y 2016 |
| Quebrada SN1 | 1999- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 2003-2004, y sequías severas en 2003-2004 y 2016-2017 |
| Qda. Chachacoma | 1999- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 2003-2004, y sequías severas en 2003-2004 y 2016-2017 |
| Intercuenca SN2 | 1999- Nov 2018 | Ocurrencia de sequías extrema en 2003-2004, y sequías severas en 2003-2004 y 2016-2017 |

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

1. El periodo de ocurrencia de sequías hidrológicas está en función a los valores de SPI a escala temporal de 12 meses.

Los índices de sequía SDI para las ocho (8) microcuencas, a escala temporal de 12 meses, se muestran en el Gráfico ANA 10-13: Índice de sequía hidrológica (SDI) para microcuencas de interés. La Tabla ANA 10-7, Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI – Microcuencas muestra el resumen de valores de SDI, para las tres escalas temporales (3, 6 y 12 meses y promedio).

Tabla ANA 10-7: Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI - Microcuencas

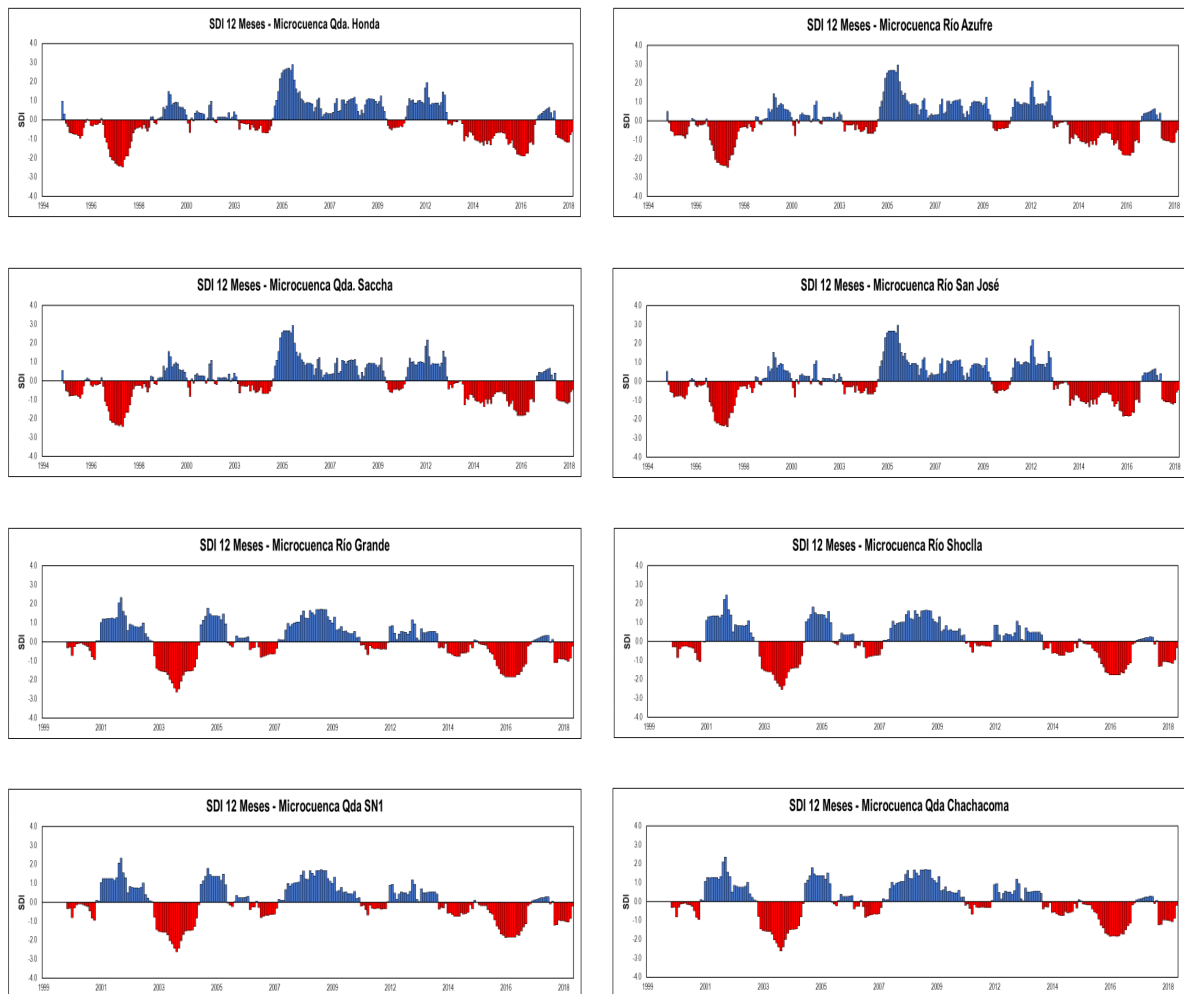
| Categoría de sequía | Escala | % Ocurrencia | | | |
|---------------------|--------|--------------|---------|----------|----------|
| | | 3 meses | 6 meses | 12 meses | Promedio |
| Sin Sequía | ND | 46% | 45% | 51% | 47% |
| Sequía Suave | MD | 34% | 37% | 33% | 35% |
| Sequía moderada | MDD | 20% | 15% | 7% | 14% |
| Sequía severa | SD | 0% | 3% | 6% | 3% |

| Categoría de sequía | Escala | % Ocurrencia | | | |
|---------------------|--------|--------------|---------|----------|----------|
| | | 3 meses | 6 meses | 12 meses | Promedio |
| Sequía extrema | ED | 0% | 0% | 3% | 1% |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla ANA 10-7, Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI - Microcuencas se observa que las sequías extremas son significativas a escalas temporales de 12 meses, con porcentajes de ocurrencia bajos, en promedio 3%. Las sequías severas, son significativas a escalas temporales de 6 y 12 meses, con porcentajes de ocurrencia, en promedio 3% y 6%, respectivamente. Para las tres escalas temporales la condición sin sequía y sequía suave presenta un porcentaje de ocurrencia acumulada de 82%.

Gráfico ANA 10-13: Índice de sequía hidrológica (SDI) para microcuencas de interés



Fuente: Elaboración propia.

Además, a modo de comparación se estima los valores de SDI utilizando la información de caudales de tres (03) estaciones hidrométricas regionales cercanas en la zona del proyecto: Jesús Túnel (cuena del río Crisnejas), Yonan (cuena del río Jequetepeque) y Llaucano Corellama (cuena del río Marañón). A partir de los valores de SDI se identificaron periodos de ocurrencia de sequías hidrológicas extremas y severas en cada estación regional que se muestra en la Tabla ANA 10-8: Ocurrencia de sequías hidrológicas – A nivel regional.

Tabla ANA 10-8: Ocurrencia de sequías hidrológicas – A nivel regional

| Estación | Fuente | Periodo | Comentario ^(a) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|---|
| Jesús Túnel | SENAMHI | 1969-1993 | Ocurrencia de sequías severas en 1978-1979 y 1992-1993. |
| Yonan | SENAMHI/PEJEZA ^(b) | 1965-2015 | Ocurrencia de sequías severa en 1980 |
| Llaucano Corellama | SENAMHI | 1965-1989/ 2000-2013 | Ocurrencia de sequías extrema en 1990, y sequías severas en 1969,1978 -1980,1985 y 1990 |

Fuente: Elaboración propia

Nota:

a.- El periodo de ocurrencia de sequias hidrológicas está en función a los valores de SPI a escala temporal de 12 meses.

b.- Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña (PEJEZA).

Los valores de índices de sequía de caudales (SDI) estimados para las tres estaciones regionales, a escala temporal de 12 meses, se muestran en el Gráfico ANA 10-14, Índice de sequía hidrológica (SDI 12) en estaciones regionales y el resumen del porcentaje de ocurrencia se muestra en la Tabla ANA 10-9: Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI – Estaciones regionales y en la Gráfico ANA 10-15, Ocurrencia de sequías hidrológicas (SDI).

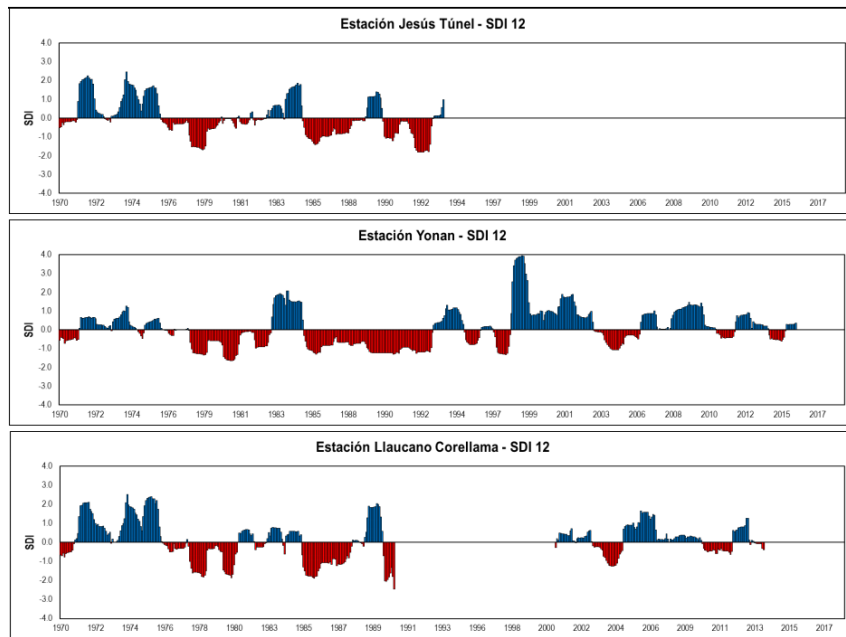
Tabla ANA 10-9: Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI – Estaciones regionales

| Categoría de sequía | Escala | % Ocurrencia | | | |
|------------------------|--------|--------------|---------|----------|----------|
| | | 3 meses | 6 meses | 12 meses | Promedio |
| Sin Sequía | ND | 25% | 28% | 29% | 27% |
| Sequía Suave | MD | 47% | 38% | 31% | 39% |
| Sequía moderada | MDD | 3% | 8% | 10% | 7% |
| Sequía severa | SD | 0% | 0% | 5% | 2% |
| Sequía extrema | ED | 0% | 0% | 0% | 0% |

Fuente: Elaboración propia.

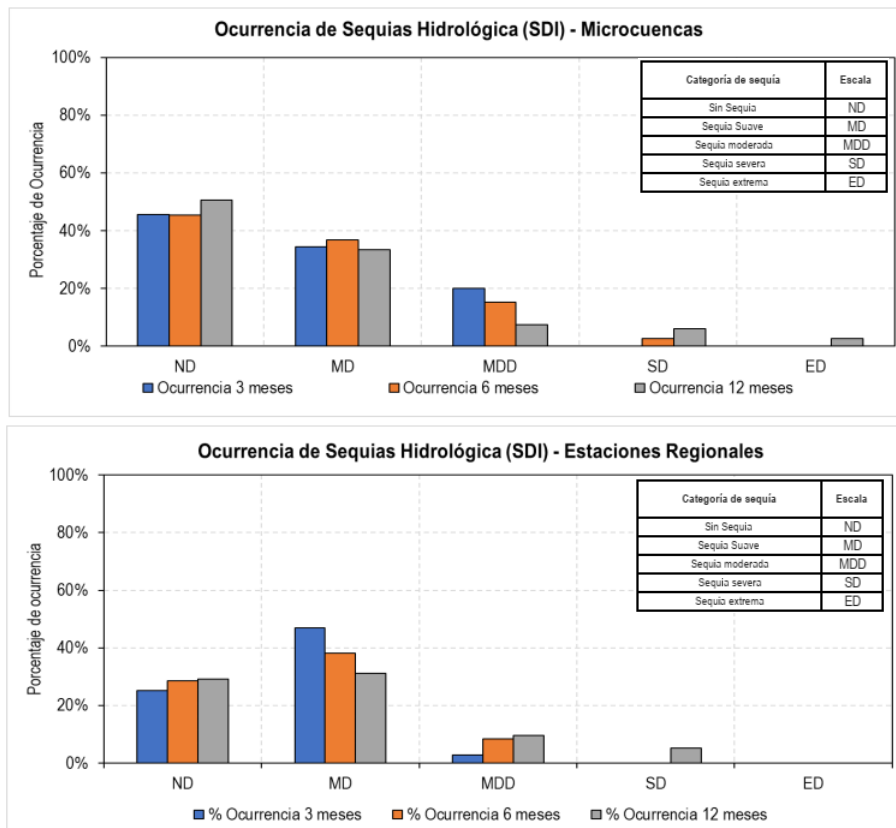
De la Tabla ANA 10-9: Resumen de porcentaje de ocurrencia de SDI – Estaciones regionales, se observa que las sequías extremas, no son significativas para todas las escalas temporales (3, 6 y 12 meses). Para las tres escalas temporales, la condición de sequía extrema es nula (0%). La condición de sequía severa es significativa a una escala temporal de 12 meses, con un porcentaje de ocurrencia de 5%.

Gráfico ANA 10-14: Índice de sequía hidrológica (SDI 12) en estaciones regionales



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico ANA 10-15: Ocurrencia de sequías hidrológicas (SDI)



Fuente: Elaboración propia.

Observación 11

En relación al estudio hidrológico de máximas avenidas para el control de flujos de escorrentía superficial producto de las lluvias. Debido a la escasez de información, se requiere desarrollar este capítulo a partir de un análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24h. Por otro lado, para la estimación del caudal de máximas avenidas se recomienda el uso del programa HEC-HMS. En este marco presentar: selección de las distribuciones de frecuencia más usuales, para caso de eventos máximos; asimismo, el cálculo de los parámetros de las distribuciones mediante los métodos de momentos y de máxima verosimilitud; determinación de las distribuciones de mejor ajuste a la información histórica; finalmente, presentará el orden de ajuste de las distribuciones de frecuencia utilizadas y la estimación de caudales para diferentes periodos de retorno.

Respuesta:

La estimación de los flujos de máximas avenidas se muestra en el Apéndice F.1: Estudio hidrológico, sección 3.7. A continuación, se muestra el análisis realizado.

Como parte de la caracterización de caudales, se estimaron flujos de máximas avenidas o caudales máximos asociados a precipitaciones máximas en 24 horas (P24h) para diferentes periodos de retorno, en el punto de cierre de las microcuencas en estudio. Los caudales en esta sección fueron estimados sólo con fines de caracterización; ya que los caudales de diseño de las estructuras de manejo de agua asociados a los componentes del II MEIA, fueron estimados utilizando las P24h, e incluidos en los informes de diseño de dichas estructuras.

La estimación de caudales máximos se realizó usando el programa HEC-HMS con el método del número de curva del Natural Resources Conservation Services de los Estados Unidos de América (ex Soil Conservation Service, SCS). Se tuvieron los siguientes criterios para la simulación:

1. Como número de curva se usó el valor de 84; este valor fue elegido en base al reporte climatológico elaborado por Knight Piésold and Co. (abril, 2009). Este número fue determinado a partir del reconocimiento del terreno e investigaciones realizadas por Knight Piésold en la zona de Yanacocha. El estudio de KP determinó que la cobertura natural del suelo son pasturas en buenas condiciones (aproximadamente 70% de cobertura vegetal). Además, se determinó que los suelos superficiales son arenas limosas y arcillas arenosas con un 20 a 50% de contenido de finos, 50% de arenas y 0 a 30% de gravas (ver Foto ANA 11-1: Cobertura vegetal y suelo en la zona de estudio - Yanacocha). Asumiendo condiciones de humedad antecedentes del tipo II (AMC II), y considerando las características granulométricas del suelo, un número de curva general para condiciones no disturbadas del suelo es en promedio 84, este número representa las características existentes del suelo en la zona de estudio, la cual es una combinación de suelo natural no disturbado y roca expuesta.

Foto ANA 11-1: Cobertura vegetal y suelo en la zona de estudio - Yanacocha



Fuente: Climatological Updated Data Analysis Report, Rev 1, Knight Piésold, 2009.

2. Para distribuir la precipitación se utilizó el hietograma de tormenta tipo II, típico de zonas montañosas (NRCS), y el hidrograma unitario del NRCS.

3. Se utilizó las precipitaciones máximas en 24 horas para las estaciones Carachugo, con un registro de 25 años y La Quinua, con un registro de 20 años. Según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial – WMO, al ser precipitaciones máximas diarias, los 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. La Tabla ANA 11-1, Serie de precipitaciones máximas diarias muestra los máximos diarios anuales para las estaciones locales; los registros de las estaciones regionales se muestran en el Apéndice D: Estudio Climatológico elaborado por WSP (2019), sección 3.2.7.

Tabla ANA 11-1: Serie de precipitaciones máximas diarias

| Año | Precipitación máxima | | | | 1.13 X Precipitación máxima | | | |
|----------------|----------------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua |
| 1994 | 51.3 | - | - | - | 58.0 | | | |
| 1995 | 41.9 | 38.9 | - | - | 47.4 | 43.9 | | |
| 1996 | 44.5 | 37.1 | - | - | 50.2 | 41.9 | | |
| 1997 | 43.1 | - | - | - | 48.7 | | | |
| 1998 | 48.4 | 49.5 | 37.6 | - | 54.7 | 56.0 | 42.5 | |
| 1999 | 39.8 | 35.8 | 47.2 | 41.0 | 45.0 | 40.5 | 53.4 | 46.3 |
| 2000 | 34.6 | 24.8 | 34.5 | 34.0 | 39.1 | 28.0 | 39.0 | 38.5 |
| 2001 | 69.0 | 36.6 | 41.7 | 86.6 | 78.0 | 41.4 | 47.1 | 97.9 |
| 2002 | 53.6 | 30.2 | 74.2 | 74.2 | 60.6 | 34.1 | 83.8 | 83.8 |
| 2003 | 58.8 | 54.4 | 44.5 | 34.5 | 66.4 | 61.4 | 50.2 | 39.0 |
| 2004 | 73.9 | 32.5 | 45.7 | 68.3 | 83.5 | 36.7 | 51.7 | 77.2 |
| 2005 | 43.2 | 56.1 | 53.8 | 68.8 | 48.8 | 63.4 | 60.8 | 77.8 |
| 2006 | 42.9 | 54.9 | 34.8 | 66.0 | 48.5 | 62.0 | 39.3 | 74.6 |
| 2007 | 41.7 | 36.3 | 67.1 | 50.5 | 47.1 | 41.0 | 75.8 | 57.1 |
| 2008 | 36.6 | 36.8 | 59.2 | 47.3 | 41.3 | 41.6 | 66.9 | 53.4 |
| 2009 | 58.4 | 49.8 | 85.4 | 49.8 | 66.0 | 56.3 | 96.4 | 56.3 |
| 2010 | 33.5 | 51.6 | 56.9 | 62.0 | 37.9 | 58.3 | 64.3 | 70.0 |
| 2011 | 58.2 | 47.2 | 43.9 | 38.4 | 65.7 | 53.4 | 49.7 | 43.3 |
| 2012 | 36.6 | 43.4 | 39.4 | 38.6 | 41.3 | 49.1 | 44.5 | 43.6 |
| 2013 | 31.8 | 29.7 | 36.3 | 86.4 | 35.9 | 33.6 | 41.0 | 97.6 |
| 2014 | 36.8 | 36.3 | 47.8 | 49.5 | 41.6 | 41.0 | 54.0 | 56.0 |
| 2015 | 32.8 | 46.7 | 35.0 | 45.0 | 37.0 | 52.8 | 39.6 | 50.8 |
| 2016 | 39.1 | 54.6 | 47.2 | 36.6 | 44.2 | 61.7 | 53.4 | 41.3 |
| 2017 | 32.0 | 36.8 | 29.2 | 38.6 | 36.2 | 41.6 | 33.0 | 43.6 |
| 2018 | 30.5 | 26.9 | 43.7 | 38.9 | 34.4 | 30.4 | 49.4 | 43.9 |
| Estadísticas | | | | | | | | |
| Nro. datos | 25.0 | 23.0 | 21.0 | 20.0 | 25.0 | 23.0 | 21.0 | 20.0 |
| Promedio | 44.5 | 41.2 | 47.9 | 52.7 | 50.3 | 46.5 | 54.1 | 59.6 |
| Máximo | 73.9 | 56.1 | 85.4 | 86.6 | 83.5 | 63.4 | 96.4 | 97.9 |
| Mínimo | 30.5 | 24.8 | 29.2 | 34.0 | 34.4 | 28.0 | 33.0 | 38.5 |
| Des. estándar | 11.8 | 9.6 | 14.1 | 17.0 | 13.3 | 10.9 | 15.9 | 19.2 |
| Coef. Varianza | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 |

| Año | Precipitación máxima | | | | 1.13 X Precipitación máxima | | | |
|-----------------|----------------------|-------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------|-----------|-----------|
| | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua |
| Kurtosis | 0.4 | -1.2 | 1.4 | -0.6 | 0.4 | -1.2 | 1.4 | -0.6 |

Fuente: Elaboración propia.

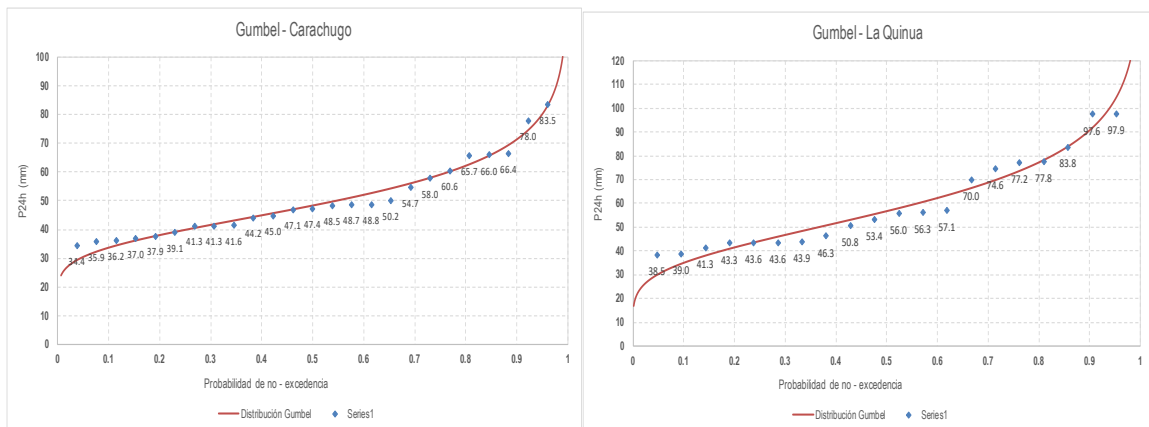
- Con los valores corregidos, mostrados en la Tabla ANA 11-2: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm) se realizó el análisis de frecuencias determinando con las pruebas de bondad de ajuste que las series de precipitación ajustan a la distribución Gumbel. El cálculo de los niveles de retorno se realizó 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. Los resultados del análisis de frecuencia se muestran en la Tabla ANA 11-2: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm), Gráfico ANA 11-1: Distribución Gumbel para las estaciones Carachugo y La Quinua y en el Apéndice D: Estudio Climatológico elaborado por WSP (2019), sección 3.2.7.

Tabla ANA 11-2: Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)

| TR (años) | Carachugo | Maqui Maqui | Yanacocha | La Quinua |
|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| | Gumbel | Gumbel | Gumbel | Gumbel |
| 1,000 | 128.0 | 110.8 | 149.1 | 175.0 |
| 500 | 119.5 | 103.8 | 138.8 | 162.5 |
| 200 | 108.4 | 94.6 | 125.1 | 145.9 |
| 100 | 99.9 | 87.6 | 114.8 | 133.3 |
| 50 | 91.4 | 80.5 | 104.4 | 120.7 |
| 20 | 80.0 | 71.1 | 90.5 | 103.8 |
| 10 | 71.3 | 63.9 | 79.8 | 90.8 |
| 5 | 62.1 | 56.3 | 68.6 | 77.3 |
| 2 | 48.3 | 44.9 | 51.7 | 56.8 |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico ANA 11-1: Distribución Gumbel para las estaciones Carachugo y La Quinua



Fuente: Elaboración propia.

- Considerando la ubicación de las estaciones, la estación Carachugo se ubica en el sector este y la estación La Quinua en el sector Oeste. Así, 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.

6. Se consideró no tomar en cuenta el tránsito en las cuencas, con el propósito de obtener un valor conservador del flujo de máximas avenidas, ya que éste es referente para el diseño de estructuras hidráulicas.
7. El tiempo de concentración usado en cada una de las microcuencas fue estimado considerando la metodología del NRCS y los valores se muestran en la Tabla ANA 11-3, Tiempo de concentración (horas). También se muestra en área de la microcuenca en km².

Tabla ANA 11-3: Tiempo de concentración (horas)

| Microcuenca | Quebrada Honda | | Río Azufre | | | Quebrada La Saccha | Río San José | Río Grande | | | Río Shoclla | | | Quebrada Chachacoma | Quebrada SN1 | Intercuenca SN2 |
|-------------|----------------|-------|------------|------|------|--------------------|--------------|------------|------|-------|-------------|------|------|---------------------|--------------|-----------------|
| | ID | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 22 | 21 |
| Tc (horas) | 1.15 | 1.62 | 1.73 | 0.51 | 0.12 | 0.60 | 1.57 | 1.13 | 0.93 | 0.72 | 1.66 | 0.94 | 0.15 | 0.69 | 0.31 | 0.19 |
| Área (km2) | 13.35 | 12.62 | 19.8 | 4.05 | 0.81 | 4.87 | 10.4 | 7.8 | 5.19 | 14.51 | 27.96 | 4.32 | 1.89 | 3.74 | 1.67 | 1.66 |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla ANA 11-4: Caudales máximos para distintos periodos de retorno (m³/s) se muestran los caudales máximos, que fueron estimados en los puntos de cierre de las microcuencas para el caso sin proyecto (ver áreas de contribución en Figuras 2.2, 3.20 y 3.21 y Tabla 2-2 del Estudio Hidrológico adjunto en el Anexo F.1 del expediente de la II MEIA):

Tabla ANA 11-4: Caudales máximos para distintos periodos de retorno (m³/s)

| TR | Microcuencas de estudio | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------|------------|--------------------|--------------|------------|-------------|---------------------|--------------|-----------------|
| | Quebrada Honda | Río Azufre | Quebrada La 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: Elaboración propia.

Asimismo se enviará un link en el cual se muestra en formato nativo los modelo hidrológico de máximas avenidas.

Observación 12

Con respecto a caudales máximos y avenidas estimadas en cada uno de las microcuencas para distintos periodos de retorno el estudio señala que se usó el modelo hidrológico HEC-HMS con el método del número de curva (CN), por lo que, se requiere presentar la metodología y los procesos de la obtención del CN y demás parámetros de entrada, asimismo, presentar la conceptualización del sistema hidrológico.

Respuesta:

El HEC-HMS es un programa implementado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos que contiene una variedad de modelos para el análisis hidrológico. La selección del modelo a usar depende del tipo de respuesta que se espera. La Tabla ANA 12-1, Modelos escorrentía – volumen muestra los modelos de escorrentía – volumen que pueden ejecutarse en el programa HEC-HMS. De acuerdo con la categorización de los modelos, el modelo SCS Número de curva (CN) simula caudales para un evento, en este caso para eventos de tormenta que produzcan caudales máximos de avenidas; además este modelo es agrupado, empírico y tiene como parámetros de ajuste: el número de curva CN, el tiempo de concentración.

Tabla ANA 12-1: Modelos escorrentía – volumen

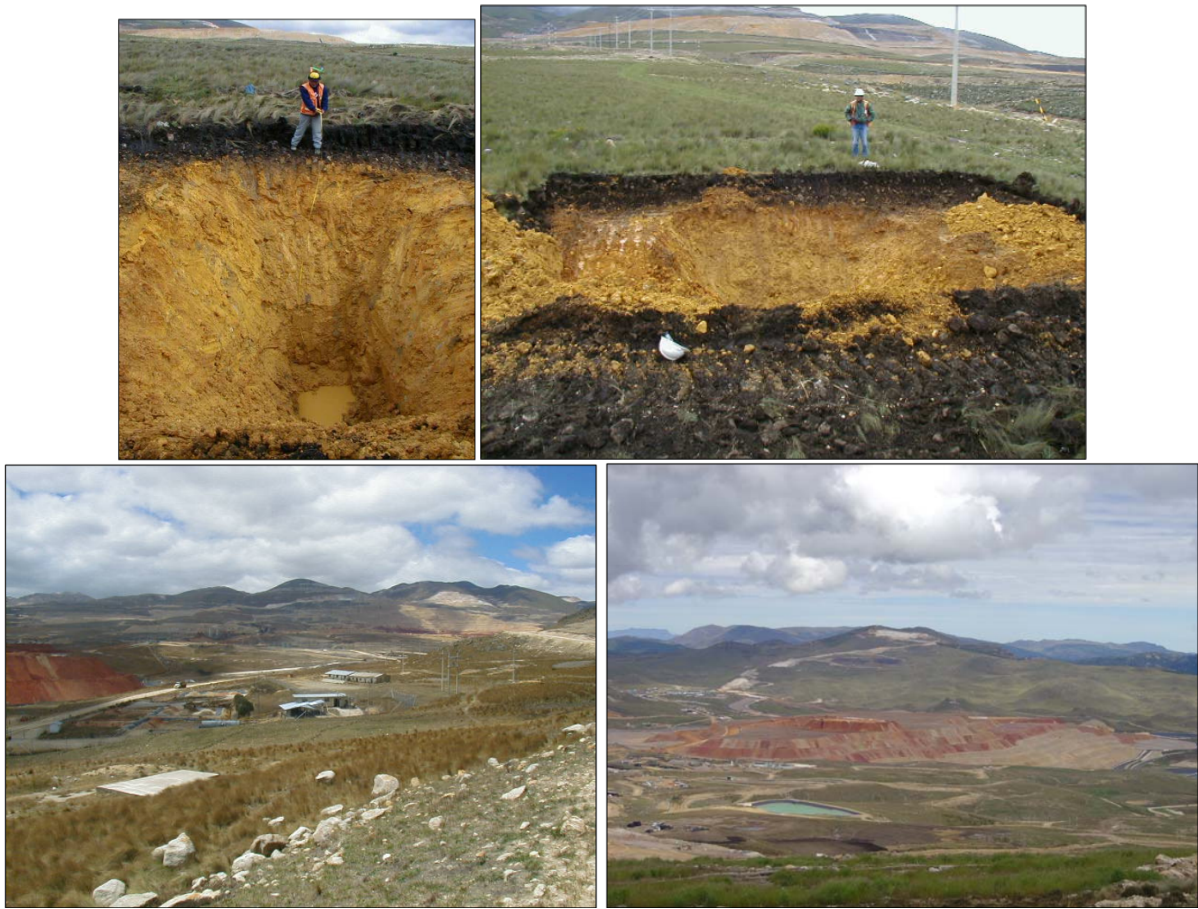
| Modelo | Categorización |
|--------------------------------|--|
| Initial and tasa constante | Evento, agrupado, empírico y parámetro ajustado |
| SCS Número de curva (CN) | Evento, agrupado, empírico y parámetro ajustado |
| Gridded SCS CN | Evento, distribuido, empírico y parámetro ajustado |
| Green and Ampt | Evento, distribuido, empírico y parámetro ajustado |
| Déficit y tasa constante | Continuo, agregado, empírico y parámetro ajustado |
| Soil moisture accounting (SMA) | Continuo, agrupado, empírico y parámetro ajustado |
| Gridded SMA | Continuo, distribuido, empírico y parámetro ajustado |

Fuente: Manual de referencias técnicas, HEC – HMS, marzo 2000.

La determinación de los caudales máximos de avenidas se describe en la Observación 11. A continuación, se describe la metodología utilizada para seleccionar el número de curva en la zona de estudio.

1. El número de curva fue determinado a partir del reconocimiento del terreno e investigaciones realizadas por Knight Piésold en la zona de Yanacocha (Knight Piésold and Co., abril, 2009). El estudio de KP determinó que la cobertura natural del suelo son pasturas en buenas condiciones (aproximadamente 70% de cobertura vegetal). Además, se determinó que los suelos superficiales son arenas limosas y arcillas arenosas con un 20 a 50% de contenido de finos, 50% de arenas y 0 a 30% de gravas. Asumiendo condiciones de humedad antecedentes del tipo II (AMC II), y considerando las características granulométricas del suelo, un número de curva general para condiciones no disturbadas del suelo es en promedio 84, este número representa las características existentes del suelo en la zona de estudio, la cual es una combinación de suelo natural no disturbado y roca expuesta. La Foto ANA 12-1: Cobertura vegetal y suelo en la zona de estudio – Yanacocha muestra la cobertura de suelo vegetal y el tipo de suelo superficial en las microcuencas de estudio.

Foto ANA 12-1: Cobertura vegetal y suelo en la zona de estudio - Yanacocha



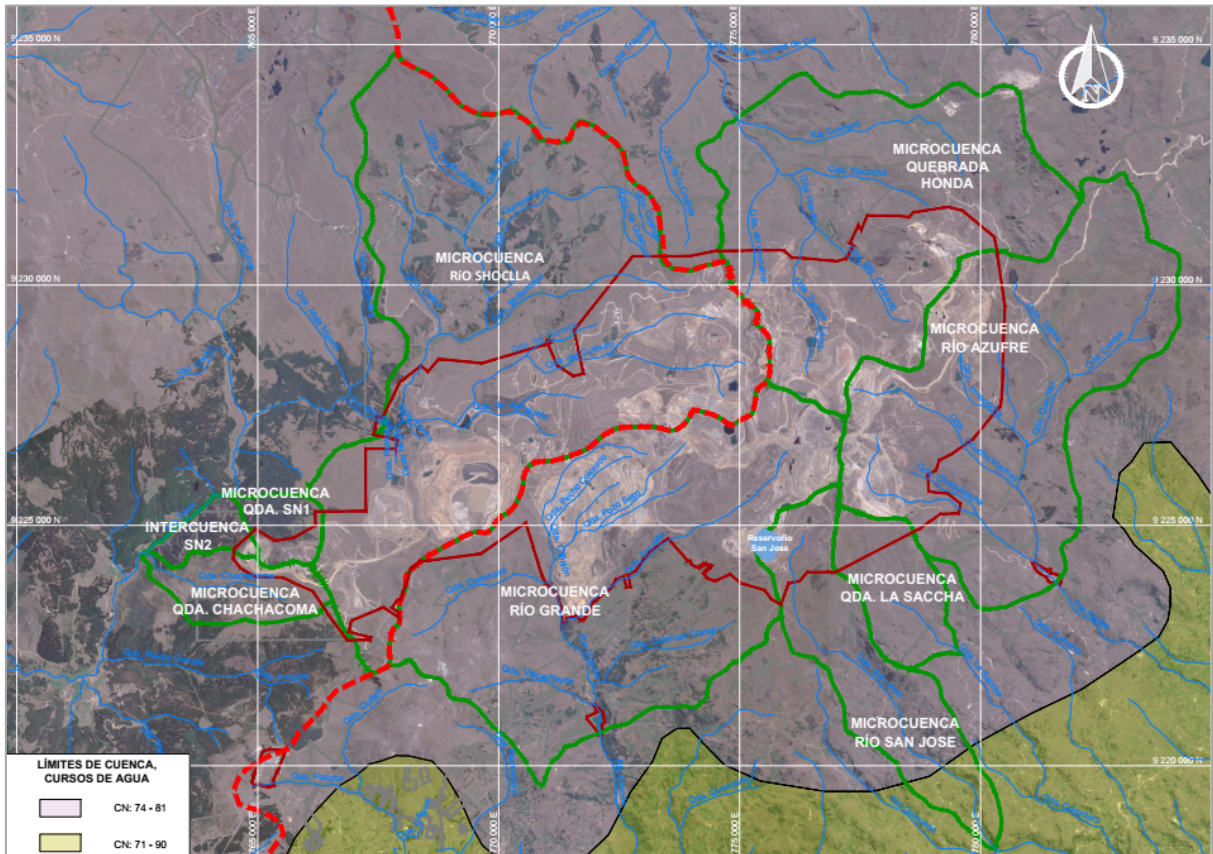
Fuente: Climatological Updated Data Analysis Report, Rev 1, Knight Piésold, 2009.

A modo de verificación, se utilizó la publicación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Generación del mapa temático de curva número (CN), 2015, en la cual se muestra la información utilizada para estimar la curva número para todo el Perú usando los mapas temáticos de:

- Modelo digital de elevaciones, el cual se descargó desde el enlace: <http://srtm.csi.cgiar.org> del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).
- Mapa temático de suelos, elaborado por el Ministerio del Ambiente posee información proveniente de imágenes satelitales del año 2009 y luego verificada en el terreno. El mapa muestra información a escala 1:100,000.
- Mapa de cobertura y uso, elaborado a partir de información publicada por la FAO y UNESCO a escala 1:5,000,000. Fue el resultado de un proyecto desarrollado en colaboración con científicos de suelo a nivel mundial. De acuerdo con el tipo de suelo se asignó un grupo hidrológico.

A partir de esta información se obtuvo el mapa temático de CN para todo el Perú para condiciones antecedentes de humedad: Normales, Secas y Húmedas. Del mapa temático de CN a nivel país, se extrajo el área correspondiente al límite de estudio hidrológico obteniendo para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II) un valor que fluctúa entre 81 – 90. El Gráfico ANA 12-1, Curva número en la zona de estudio de acuerdo con mapas muestra el resultado obtenido de CN en la zona de estudio.

Gráfico ANA 12-1: Curva número en la zona de estudio de acuerdo con mapas



Fuente: elaboración propia a partir de información de la Autoridad Nacional de Agua.

Además del antecedente del mapa temático de la Curva Número estimado por ANA, que muestra que el Número de Curva usado en la simulación de caudales de avenida para la zona de estudio (CN=84), se encuentra en el rango estimado por la ANA, se dispone de la referencia del Manual de referencias técnicas del programa HEC-HMS (2000).

El Gráfico ANA 12-2, Tabla de Curva número para otros tipos de tierra agrícola muestra los valores de CN establecidos para tipos de tierras agrícolas considerando sus características de cobertura vegetal e hidrología de los suelos. De la Foto ANA 12-1: Cobertura vegetal y suelo en la zona de estudio - Yanacocha se observa que los suelos naturales en la zona de estudio se encuentran cubiertos con pasturas naturales en un 70%; este porcentaje según la tabla del Gráfico ANA 12-2, Tabla de Curva número para otros tipos de tierra agrícola representa una condición hidrológica "justa" (o fair en inglés), la cual posee un rango de variación del número de curva que va desde 49, para suelos bien drenados o del Tipo A; hasta 84, para suelos pobremente drenados o del Tipo D.

A partir de lo anterior y considerando que los suelos son arenas limosas o arcillas arenosas, el CN elegido de 84 se considera apropiado para simular los caudales de avenidas máximas.

Gráfico ANA 12-2: Tabla de Curva número para otros tipos de tierra agrícola

SCS TR-55 Table 2-2c – Runoff curve numbers for other agricultural lands¹

| Cover description | | Curve numbers for hydrologic soil group | | | |
|--|----------------------|---|----|----|----|
| Cover type and hydrologic condition | Hydrologic condition | A | B | C | D |
| Pasture, grassland, or range – continuous forage for grazing. ² | Poor | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Fair | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Good | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Meadow – continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay. | – | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Brush – brush-weed mixture with brush the major element. ³ | Poor | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Fair | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Good | 30 ⁴ | 48 | 65 | 73 |
| Woods – grass combination (orchard or tree farm). ⁵ | Poor | 57 | 73 | 82 | 86 |
| | Fair | 43 | 65 | 76 | 82 |
| | Good | 32 | 58 | 72 | 79 |
| Woods. ⁶ | Poor | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | Fair | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | Good | 30 ⁴ | 55 | 70 | 77 |
| Farmsteads – buildings, lanes, driveways, and surrounding lots. | – | 59 | 74 | 82 | 86 |

¹ Average runoff condition, and $I_a = 0.2S$.

² Poor: <50% ground cover or heavily grazed with no mulch.

Fair: 50 to 75% ground cover and not heavily grazed.

Good: >75% ground cover and lightly or only occasionally grazed.

³ Poor: <50% ground cover.

Fair: 50 to 75% ground cover.

Good: >75% ground cover.

⁴ Actual curve number is less than 30; use CN=30 for runoff computations.

⁵ CN's shown were computed for areas with 50% woods and 50% grass (pasture) cover. Other combinations of conditions may be computed from the CN's for woods and pasture.

⁶ Poor: Forest litter, small trees, and brush are destroyed by heavy grazing or regular burning.

Fair: Woods are grazed but not burned, and some forest litter covers the soil.

Good: Woods are protected from grazing, and litter and brush adequately cover the soil.

Fuente: Manual de referencias técnicas del programa HEC – HMS, marzo 2000, página 127.

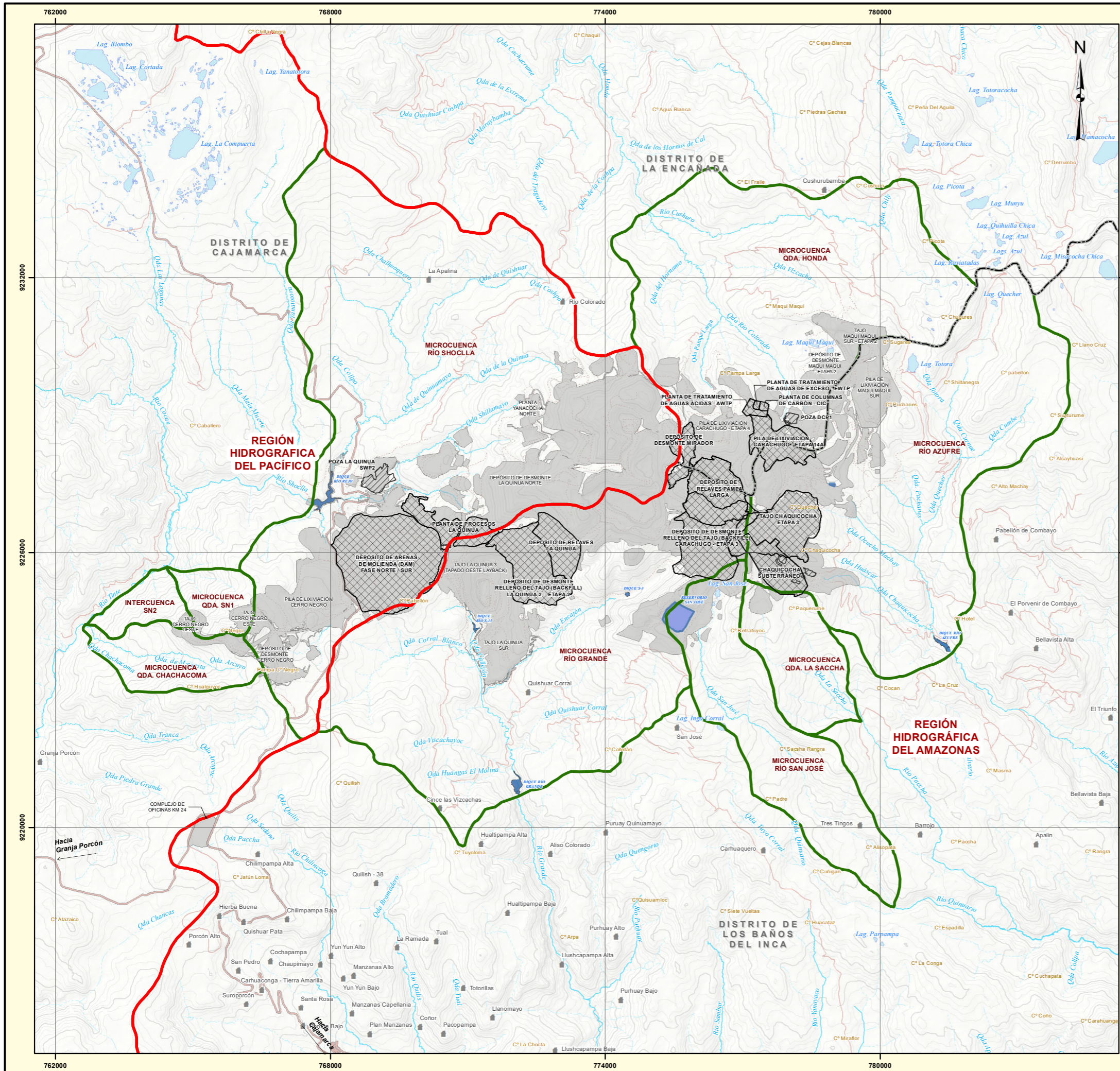
Observación 13

Con respecto al inventario de las fuentes naturales de aguas superficiales, el estudio solo presenta una lista de manantiales y filtraciones. Sin embargo, según la normativa vigente, exige que dicho inventario se desarrolle por cada unidad hidrográfica para las diferentes fuentes hídricas tales como ríos, quebradas, humedales, lagunas, manantiales y bofedales, existentes en el Área de Influencia Ambiental. Tomar en cuenta la Guía para realizar inventarios de fuentes naturales de agua superficial aprobada con Resolución Jefatural N°319-2015-ANA y adjuntar los archivos digitales para validar la información.

Asimismo, en el inventario de fuentes de agua realizado para la presente II MEIA solo se realizaron 2 campañas época seca y época húmeda (mayo 2019). Se requiere conocer la evolución histórica respecto a los caudales de los manantiales y filtraciones para ver su variación y evolución; en tal sentido, el administrado deberá presentar inventarios de manantiales y filtraciones desde inicios del proyecto a la fecha para observar la evolución histórica de la cantidad de agua de los manantiales de la zona del proyecto.

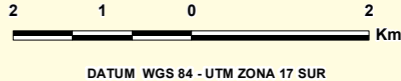
Respuesta:

1. En relación al inventario de fuentes de agua superficial, se precisa lo siguiente:
 - Respecto al Inventario de Fuentes de Agua Superficial en el área del Proyecto, esta fue presentada como parte de la Sección 3.2.3.1.2, *Inventario de Fuentes de Agua Superficial, Subterránea y de Infraestructura Hidráulica*, identificándose 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%), tal como se muestra en la Figura ANA 13-1, *Mapa de Fuentes de Agua Superficial*. Se precisa, que la identificación de ríos y quebradas fueron identificadas por cada unidad hidrográfica (quebrada Honda, río Azufre, quebrada La Saccha, río San José, río Grande, río Shoclla y Quebrada Chachacoma). Asimismo, se presentó el diagrama fluvial correspondiente por cada unidad hidrográfica identificada.
 - Respecto al Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el área del Proyecto (manantiales y filtraciones), se realizaron dos (02) campañas de campo de inventario y monitoreo, ejecutadas durante octubre de 2018 (época seca) y mayo de 2019 (época húmeda). Para precisar que a efectos de comparar ambas épocas en relación a la estacionalidad, se realizaron medidas in situ de parámetros de campo como temperatura (°C), conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (unidades de pH), sólidos totales disueltos (mg/L), oxígeno disuelto (mg/L), potencial óxido reducción (mV) y caudal (L/s). Asimismo, por cada muestreo realizado se analizaron parámetros fisicoquímicos, aniones, hidrocarburos totales de petróleo, metales totales y disueltos así como parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales). El detalle completo del inventario, incluyendo la metodología, las fichas del inventario, la red de monitoreo de manantiales y filtraciones, resultados del muestreo así como las estadísticas del inventario de fuentes de agua subterránea se presentaron en el Apéndice F.4, *Inventarios de Fuentes de Agua Subterránea* de la II MEIA Yanacocha.
2. En relación a la presentación del inventario de manantiales y filtraciones desde el inicio del Proyecto, se aclara a la Autoridad que si bien es cierto, Yanacocha ejecuta de manera interna el monitoreo de manantiales, se precisa que recién como parte del plan de vigilancia ambiental aprobada en la I MEIA Yanacocha (R.D. N° 00049-2019-SENACE-PE/DEAR) de fecha 07 de marzo de 2019, se incluyó el programa de monitoreo de manantiales ubicadas en el área de influencia del Proyecto y por ende el compromiso de reportarlas de manera semestral al Ministerio de Energía y Minas.
3. Respecto al número de campañas realizadas, se precisa que de acuerdo a la "Guía para realizar inventarios de fuentes de agua superficial" aprobado por R.J. N° 319-2015-ANA (aplicable como documento orientativo en su momento), menciona textualmente que "...la ejecución de la recopilación de información de campo se debe realizar durante los meses secos del año en lo posible, época en donde se aprovecha la accesibilidad de las fuentes de las partes altas principalmente y los caminos de acceso no se toman peligrosos por los deslizamientos. Y es el periodo en el que se puede medir los caudales de agua mínimos de las fuentes...". En ese sentido, considerando que se llevaron a cabo 02 campañas de campo de inventario y monitoreo, ejecutadas durante octubre de 2018 (época seca) y mayo de 2019 (época húmeda), se concluye que se cubrió con lo descrito en la Guía como documento de referencia.



SIMBOLOGÍA

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ CASERIOS ▣ COMPONENTES PROPUESTOS ▤ INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS ▥ COMPONENTES APROBADOS ▧ MICROCUENCAS DE ESTUDIO ▨ DIVISORA DE VERTIENTES | <ul style="list-style-type: none"> — VÍAS — ACCESOS INTERNOS — CARRETERA AFIRMADA — CARRETERA ASFALTADA — CURSOS Y CUERPOS DE AGUA — RÍOS — QUEBRADAS |
|---|--|



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. Nº | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



PROYECTO:
II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACocha
 UNIDAD MINERA YANACocha

TÍTULO:
MAPA DE FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL

PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACocha 2019, WSP 2018

| | | |
|--|--|--------------------|
| | ESCALA: 1:85,000 | FIGURA Nº ANA 13-1 |
| | ARCHIVO: Figura ANA 13-1 Mapa de Fuentes de Agua Superficial.mxd | |

Observación 14

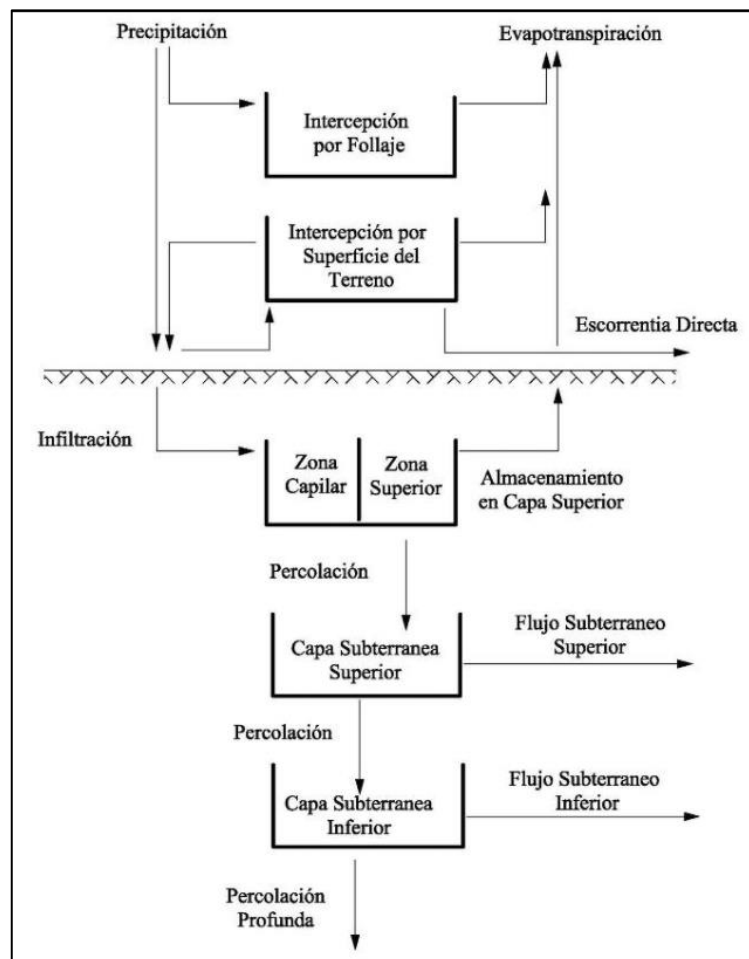
En la obtención de las ofertas hídricas mediante un modelo hidrológico, el modelo carece de fundamentos para su construcción, no presenta la conceptualización numérica e integración de cada uno de los procesos hidrológicos; asimismo, no presenta los parámetros de ajuste del modelo hidrológico. Por lo tanto, se requiere presentar el modelo conceptual parametrizado y numérico en formato digital para su respectiva verificación, ya que, el estudio señala que se implementó un modelo hidrológico usando el programa HEC-HMS, sin embargo, los procesos fueron simulados mediante el modelo Soil Moisture Accounting (SMA).

Respuesta:

SMA es un modelo hidrológico continuo, agrupado, empírico y de parámetros ajustados que corre a paso de tiempo diario y que simula el movimiento del agua de forma continua en el perfil de suelo, considerando la representación de los procesos hidrológicos típicos, tales como: infiltración, escorrentía superficial, almacenamientos, evapotranspiración (ET) y flujo de agua subsuperficial.

El modelo utiliza la precipitación y evapotranspiración como principales parámetros climáticos, además de parámetros específicos de las capas de suelo considerados (infiltración percolación, coeficientes de almacenamiento), de manera tal que permitan expresar las entradas, salidas y almacenamientos de las tres capas consideradas (Capa superior, Capa subterránea superior y Capa subterránea inferior). El Gráfico ANA 14-1: Esquema conceptual del modelo SMA muestra los elementos clave utilizados en la construcción del modelo hidrológico de las microcuencas de interés.

Gráfico ANA 14-1: Esquema conceptual del modelo SMA



Fuente: Manual de referencias técnicas del programa HEC-HMS, 2000.

Componentes de flujo

El modelo SMA calcula el flujo de entrada, salida y entre los volúmenes de almacenamiento. Este flujo puede tomar la forma de:

- Precipitation (Precipitación).
- Infiltration (Infiltración).
- Percolation (Percolación).
- Surface runoff and groundwater flow (Escorrentía superficial y escorrentía subterránea).
- Evapotranspiration (ET) (Evapotranspiración).

Componentes de Almacenamiento

El modelo SMA representa la cuenca hidrográfica con una serie de capas de almacenamiento, como se ilustra en el Gráfico ANA 14-1: Esquema conceptual del modelo SMA. Las tasas de entrada, salida y capacidad de las capas controlan el volumen de agua perdida o agregada a cada uno de estos componentes de almacenamiento. Los contenidos de almacenamiento actuales se calculan durante la simulación y varían continuamente durante y entre la precipitación. Las diferentes capas de almacenamiento en el modelo SMA son:

- Canopy-interception storage (Intercepción de la cubierta vegetal).
- Surface-interception storage (Almacenamiento en las depresiones superficiales).
- Soil-profile storage (Almacenamiento en el perfil de suelo).
- Groundwater storage (Almacenamiento subterráneo).

Desde las tres primeras capas de almacenamiento, el modelo permite que ocurra el flujo de evapotranspiración; sin embargo, el almacenamiento subterráneo tiene como preferencia el flujo de percolación.

Conceptualización Numérica

El modelo SMA considera que la lluvia contribuye en primer lugar al almacenamiento de intercepción de la precipitación (S_c). Entonces, el agua de lluvia está disponible para la infiltración, que se determina por la capacidad de infiltración y almacenamiento del suelo (S_s). Cualquier exceso de agua de lluvia llena secuencialmente el almacenamiento de depresión superficial (S_{sf}) y eventualmente se convierte en escorrentía superficial. La tasa potencial de infiltración está dada por:

$$i(t) = i_m \frac{S_{sd}(t)}{S_{s\ max}}$$

En el cual,

$$S_{sd}(t) = S_{s\ max} - S_s(t)$$

Donde:

$i(t)$ = Tasa de infiltración potencial en el tiempo t (la tasa de infiltración real también depende del agua disponible para la infiltración en el instante t).

i_m = Tasa máxima de infiltración.

$S_{s\ max}$ = Almacenamiento máximo de agua en el suelo.

$S_s(t)$ = Almacenamiento del agua del suelo en el tiempo t .

$S_{sd}(t)$ = Déficit de almacenamiento de agua en el suelo en el tiempo t .

La tasa de infiltración es igual a cero cuando $S_{sd}(t) = 0$ ($S_s(t) = S_{smax}$ y alcanza la tasa máxima i_m cuando $S_{sd}(t) = S_{smax}$ ($S_s(t) = 0$). A partir de la definición de la abstracción inicial en el modelo CN y los procedimientos de cálculo del modelo SMA (sin evaporación durante la lluvia), se tiene:

$$I_a = S_c + S_{sf} + F_o$$

En el cual;

$$F_o = i_0 t_0$$

Donde F_o es la infiltración acumulada antes de que empiece la escorrenfía superficial i_0 es la masa media de infiltración antes de que comience la escorrenfía superficial, y t_0 es el tiempo inicial.

Para todo el evento de precipitación la escorrenfía puede expresarse como:

Para la precipitación en el paso de tiempo evaluado, la escorrenfía puede expresarse como:

$$R = P - S_c - S_{sf} - F_o - F_r$$

Donde F_r corresponde a la infiltración acumulada después del inicio de la escorrenfía superficial.

Tal como lo indica el manual de referencias técnicas del programa HEC-HMS, 2000 (página 18), HEC-HMS es un programa de cómputo que usa un algoritmo para resolver apropiadamente las ecuaciones de un modelo matemático; es decir HEC-HMS es un programa que incluye el algoritmo de una variedad de modelos, entre ellos el modelo SMA.

El modelo SMA fue elegido en este estudio porque permite representar el régimen hidrológico de las áreas de interés de Yanacocha y además mantiene la consistencia y continuidad con el modelo de balance de agua de la operación (el cual se realiza a paso diario). También porque este modelo ha sido utilizado para la simulación de caudales en estudios previos realizados en las microcuencas de interés, y a paso diario ha permitido simular apropiadamente caudales medidos en los puntos de monitoreo sobre todo durante la época seca.

Asimismo se enviará un link en el cual se muestra el modelo hidrológico de calibración en formato digital (HEC-HMS). Se recomienda abrir el modelo en la versión nativa del proyecto HEC- HMS 4.2.1.

Observación 15

El estudio carece del proceso de calibración y validación del modelo hidrológico continuo utilizado, así como el valor de sus parámetros óptimos de ajuste, asimismo, carece de los criterios estadísticos de ajuste debido a registros de mediciones puntuales disponibles. Por lo tanto, se sugiere optar por un modelo hidrológico a paso de tiempo mensual, que tiene menos parámetros de ajuste para su comprensión; adjuntar los archivos digitales para validar la información.

Respuesta:

Se realizó un proceso de calibración y validación, el cual consistió en reproducir los caudales registrados en los puntos seleccionados. El periodo de calibración y validación fue fijado en función del traslape entre datos de precipitación y caudal, fijándose entre enero 2004 y noviembre del 2018 para todas las microcuencas.

Tomando como base la precipitación y evapotranspiración potencial asignada a cada microcuenca, la calibración se realizó ajustando los parámetros principales del modelo SMA: capacidad de almacenamiento, capacidad de infiltración del suelo, tasa de infiltración máxima, profundidad máxima del suelo, así como las tasas de percolación y los componentes de las aguas subterráneas. Como resultado de la calibración se obtuvieron los parámetros SMA que se muestran en la Observación 16..

La Tabla ANA 15-1, Resumen de estadísticos de calibración a nivel diario muestra los estadísticos de la calibración a nivel diario debido a los registros de mediciones puntuales en las cuencas de interés.

Tabla ANA 15-1 Resumen de estadísticos de calibración a nivel diario

| Microcuenca | Fase | Tipo de Dato | Promedio | percentil 50 | máximo | N° datos | MS E | RMS E |
|--------------------|-------------|--------------|----------|--------------|--------|----------|------|-------|
| Quebrada Honda | Calibración | Simulado | 0.061 | 0.055 | 0.103 | 46 | 0.04 | 0.49 |
| | | Observado | 0.087 | 0.085 | 0.180 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.066 | 0.059 | 0.189 | 58 | 0.02 | 0.26 |
| | | Observado | 0.073 | 0.070 | 0.132 | | | |
| Río Azufre | Calibración | Simulado | 0.255 | 0.261 | 0.426 | 45 | 0.14 | 0.49 |
| | | Observado | 0.275 | 0.211 | 0.800 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.373 | 0.352 | 0.519 | 10 | 0.18 | 0.82 |
| | | Observado | 0.225 | 0.190 | 0.600 | | | |
| Quebrada La Saccha | Calibración | Simulado | 0.009 | 0.009 | 0.018 | 30 | 0.01 | 0.52 |
| | | Observado | 0.012 | 0.011 | 0.040 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.008 | 0.008 | 0.011 | 20 | 0.00 | 0.26 |
| | | Observado | 0.010 | 0.009 | 0.015 | | | |
| Río San José | Calibración | Simulado | 0.055 | 0.057 | 0.088 | 70 | 0.11 | 1.00 |
| | | Observado | 0.113 | 0.084 | 0.480 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.045 | 0.052 | 0.059 | 16 | 0.29 | 1.09 |
| | | Observado | 0.266 | 0.170 | 0.727 | | | |
| Río Grande | Calibración | Simulado | 0.388 | 0.362 | 1.005 | 61 | 0.17 | 0.38 |
| | | Observado | 0.454 | 0.480 | 1.160 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.534 | 0.471 | 1.008 | 33 | 0.25 | 0.41 |
| | | Observado | 0.601 | 0.558 | 0.930 | | | |
| Río Shoclla | | Simulado | 0.157 | 0.133 | 0.477 | 28 | | 0.72 |

| Microcuenca | Fase | Tipo de Dato | Promedio | percentil 50 | máximo | Nº datos | MSE | RMS E |
|---------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|--------|----------|------|-------|
| | Calibración | Observado | 0.160 | 0.100 | 0.615 | 17 | 0.11 | 0.42 |
| | Validación | Simulado | 0.264 | 0.245 | 0.672 | | 0.09 | |
| | | Validación | Observado | 0.208 | 0.174 | 0.600 | 9 | 0.01 |
| | Simulado | | 0.016 | 0.012 | 0.054 | | | |
| Quebrada Chachacomá | Calibración | Observado | 0.015 | 0.015 | 0.030 | 2 | 0.00 | 0.51 |
| | | Simulado | 0.008 | 0.008 | 0.008 | | | |
| | Validación | Observado | 0.005 | 0.005 | 0.005 | | | |
| | | Simulado | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla ANA 15-1, Resumen de estadísticos de calibración a nivel diario se observa que los estadísticos de la calibración del modelo en las cuencas son aceptables con valores de MSE que varían entre 1% y 29%.

Con el propósito de observar el comportamiento mensualizado de los caudales simulados, se procedió a mensualizar los resultados del modelo y a estimar los estadísticos de calibración para la serie mensualizada. La Tabla ANA 15-2, Resumen de estadísticos de calibración a nivel mensual muestra los valores obtenidos.

Tabla ANA 15-2: Resumen de estadísticos de calibración a nivel mensual

| Microcuenca | Fase | Tipo de Dato | Promedio | percentil 50 | Máx. | Nº datos | MSE | RMSE |
|--------------------|-------------|--------------|----------|--------------|-------|----------|-------|-------|
| Quebrada Honda | Calibración | Simulado | 0.059 | 0.054 | 0.092 | 24 | 0.04 | 0.465 |
| | | Observado | 0.085 | 0.087 | 0.125 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.067 | 0.060 | 0.118 | 15 | 0.017 | 0.218 |
| | | Observado | 0.078 | 0.074 | 0.132 | | | |
| Río Azufre | Calibración | Simulado | 0.247 | 0.246 | 0.426 | 30 | 0.11 | 0.421 |
| | | Observado | 0.261 | 0.236 | 0.575 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.381 | 0.356 | 0.519 | 8 | 0.19 | 0.83 |
| | | Observado | 0.231 | 0.170 | 0.600 | | | |
| Quebrada La Saccha | Calibración | Simulado | 0.009 | 0.009 | 0.013 | 17 | 0.006 | 0.45 |
| | | Observado | 0.012 | 0.011 | 0.03 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.008 | 0.008 | 0.011 | 16 | 0.002 | 0.207 |
| | | Observado | 0.009 | 0.009 | 0.015 | | | |
| Río San José | Calibración | Simulado | 0.057 | 0.058 | 0.087 | 27 | 0.115 | 0.94 |
| | | Observado | 0.122 | 0.089 | 0.425 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.044 | 0.048 | 0.057 | 8 | 0.28 | 1.19 |
| | | Observado | 0.235 | 0.13 | 0.727 | | | |
| Río Grande | Calibración | Simulado | 0.426 | 0.369 | 1.005 | 34 | 0.175 | 0.34 |
| | | Observado | 0.515 | 0.499 | 1.160 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.551 | 0.484 | 1.008 | 16 | 0.251 | 0.43 |
| | | Observado | 0.582 | 0.553 | 0.930 | | | |
| Río Shoella | Calibración | Simulado | 0.269 | 0.230 | 0.743 | 20 | 0.14 | 0.876 |

| Microcuenca | Fase | Tipo de Dato | Promedio | percentil 50 | Máx. | Nº datos | MSE | RMSE |
|---------------------|-------------|--------------|----------|--------------|-------|----------|-------|-------|
| | Validación | Observado | 0.164 | 0.091 | 0.615 | 12 | 0.18 | 0.845 |
| | | Simulado | 0.383 | 0.356 | 0.81 | | | |
| | | Observado | 0.217 | 0.149 | 0.60 | | | |
| Quebrada Chachacoma | Calibración | Simulado | 0.016 | 0.012 | 0.054 | 9 | 0.015 | 0.97 |
| | | Observado | 0.015 | 0.015 | 0.030 | | | |
| | Validación | Simulado | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 2 | 0.003 | 0.513 |
| | | Observado | 0.005 | 0.005 | 0.005 | | | |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla ANA 15-2, Resumen de estadísticos de calibración a nivel mensual se observa que los estadísticos de la calibración del modelo en las cuencas son aceptables con valores de MSE que varían entre 0.3% y 28%. Se observa una mejora marginal con respecto a los estadísticos de la calibración diaria.

Asimismo se enviará un link en el cual se muestra el modelo hidrológico en formato digital (HEC – HMS versión 4.2.1).

Observación 16

En relación al tiempo de concentración de la Tabla 2-3 y la Tabla 2-5, existe mucha discrepancia, por ejemplo, la quebrada QP de la microcuenca Shoclla tiene un valor de 2.43 horas en la primera tabla, mientras en la segunda tabla tiene un valor de 0.99 y así entre otros. De otro lado, se observan quebradas con tiempo de concentraciones mayores de 2 horas, por lo que amerita aplicar un tránsito hidráulico, en tal sentido, presentar la información requerida.

Respuesta:

El tiempo de concentración de las microcuencas se estimó por el método de Temez; este método fue utilizado en los modelos hidrológicos anteriormente desarrollados y es el que mejor se adecua al modelo SMA. El error en las Tabla 2-3 (Tabla ANA 16-1: Características de las áreas contribuyente) y 2-5 (Tabla ANA 16-1: Parámetros SMA para microcuencas de interés) a la cual hace mención la observación, del reporte corresponden a un error de tipeo que ha sido corregido en los informes adjuntos. A continuación, se adjuntan las tablas corregidas.

Tabla ANA 16-1: Características de las áreas contribuyente

| Microcuenca de interés | Área no disturbada total (Ha) | Punto | Área no disturbada hasta un DCP/CP (Ha) | Tiempo de concentración (horas) |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|---------------------------------|
| Quebrada Honda | 3,956.2 ⁽³⁾ | ECHL3 | 820.7 | 1.66 |
| | | QPL | 217.1 | 0.96 |
| | | RC/CP12 | 204.1 | 0.66 |
| | | CP1 | 298.1 | 1.03 |
| | | CCAM1 | 2,416.1 | 2.41 |
| Microcuenca Río Azufre | 2,905.6 | QQE | 1,161.3 | 1.86 |
| | | CP9 | 122.7 | 0.7 |
| | | QA2 | 214.8 | 0.74 |
| | | CP10 (DDRA) ⁽²⁾ | 893.0 | 1.35 |
| | | QCH1 | 370.4 | 1.05 |
| | | CP8/QOM | 143.4 | 0.7 |
| Quebrada La Saccha | 529.1 | CP11 | 107.2 | 0.41 |
| | | Punto de cierre ⁽¹⁾ | 421.9 | 1.11 |
| Microcuenca Río San José | 1,069.1 | CP5 | 152.0 | 0.48 |
| | | Punto de cierre ⁽¹⁾ | 917.0 | 2.2 |
| Microcuenca Río Grande | 3,015.2 | RG2 | 752.5 | 1.5 |
| | | QE3 | 618.3 | 1.63 |
| | | RG3 | 118.0 | 0.83 |
| | | CP3 (DDRG) | 1,526.4 | 1.68 |
| Microcuenca Shoclla | 4,320.5 | QP | 157.0 | 0.99 |
| | | QSCLL1 | 2,697.2 | 2.43 |
| | | CP6 (DDRR) | 1,466.3 | 2.28 |
| Quebrada Chachacoma | 352.9 | QCHA | 352.9 | 1.17 |
| Quebrada SN1 | 184.6 | SN1 | 184.6 | 0.76 |
| Intercuenca SN2 | 167.1 | SN2 | 167.1 | 0.5 |

Fuente: Elaboración propia

Notas:

1. Punto de cierre de la microcuenca, ver Figura 2.2.
2. CP10 fue movido hacia aguas abajo del reservorio Azufre (DDRA). Se usaron los datos registrados con fines de calibración del modelo.

Conociendo el comportamiento de las cuencas cuando se producen precipitaciones en la zona de estudio (aumento rápido de caudal en los cursos de agua) se decidió no considerar tránsito en la modelación hidrológica continua. El resultado de la calibración fueron los parámetros del modelo SMA, que se muestran en la Tabla 35.

Tabla ANA 16-1: Parámetros SMA para microcuencas de interés

| SUBCUENCA | QUEBRADA HONDA | | | | | RÍO AZUFRE | | | | | | RÍO QUINUARIO | | | | RÍO GRANDE | | | | RÍO REJO | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|------------|----------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|------------|----------------|--|
| Microcuenc a | Quebrada Honda | | | | | Río Azufre | | | | | | Río San José | | Qda. La Saccha | | Río Grande | | | | Río Shoclla | | | Qda .SN1 | Inter. SN2 | Qda Chachacoma | |
| Puntos de calibración | EC HL 3 | QP L | RC/CP1 2 | CP 1 | CC AM 1 | QQ E | CP 9 | QA 2 | Az ufr e | QC H1 | CP 8 | San Jose | CP 5 | Sac cha | CP 11 | Gra nde | RG 2 | RG 3 | QE 3 | QS CLL 1 | Rej o | QP | SN1 | SN2 | QCHA | |
| Área (Ha) | 82 0.7 1 | 21 7.1 4 | 204. 11 | 29 8.1 3 | 241 6.11 | 116 1.3 2 | 12 2.6 7 | 21 4.7 8 | 89 3 | 37 0.4 3 | 14 3.3 6 | 917. 02 | 15 2.0 3 | 421. 94 | 10 7.1 5 | 152 6.42 | 75 2.5 1 | 11 8.0 1 | 61 8.2 5 | 269 7.1 9 | 14 66. 3 | 15 6.9 9 | 184. 6 | 167. 06 | 352.88 | |
| Tiempo de concentraci ón (hrs) | 1.6 6 | 0.9 6 | 0.66 | 1.0 3 | 2.41 | 1.8 6 | 0.7 0 | 0.7 4 | 1.3 5 | 1.0 5 | 0.7 0 | 2.20 | 0.4 8 | 1.11 | 0.4 1 | 1.68 | 1.5 0 | 0.8 3 | 1.6 3 | 2.4 3 | 2.2 8 | 0.9 9 | 0.76 | 0.50 | 1.17 | |
| PÉRDIDAS POR FOLLAJE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Initial storage % | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 100 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 10 0 | 100 | 100 | 100 | |
| Max Storage mm | 6 | 3 | 3 | 10 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| PÉRDIDAS POR SUPERFICIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Initial storage % | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 100 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 10 0 | 100 | 10 0 | 10 0 | 10 0 | 100 | 10 0 | 10 0 | 100 | 100 | 100 | |
| Max Storage mm | 6 | 3 | 3 | 10 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| PÉRDIDAS EN EL SUELO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soil % | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 30 | 30 | 30 | 30 | 70 | 70 | 30 | 70 | 70 | 70 | |
| Groundwater 1 % | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 25 | 50 | 50 | 50 | |
| Groundwater 2 % | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 25 | 25 | 25 | 25 | 50 | 50 | 25 | 50 | 50 | 50 | |
| Max Infiltration mm/hr ⁽¹⁾ | 0.3 | 0.2 5 | 0.25 | 0.2 | 0.3 | 0.2 5 | 0.2 5 | 0.2 5 | 0.2 5 | 0.2 5 | 0.2 5 | 0.15 | 0.1 5 | 0.15 | 0.1 5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 5 | 0.4 5 | 0.4 5 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | |
| Impervios % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Soil Storage mm ⁽¹⁾ | 60 | 60 | 60 | 18 0 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 70 | 70 | 70 | 70 | 300 | 30 0 | 10 0 | 300 | 300 | 300 | |

| SUBCUENCA | QUEBRADA HONDA | | | | | RÍO AZUFRE | | | | | | RÍO QUINUARIO | | | | RÍO GRANDE | | | | RÍO REJO | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|
| Tension Storage mm | 5 | 5 | 5 | 20 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 80 | 80 | 10 | 80 | 80 | 80 |
| Soil Percolation mm/hr | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.45 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| GW 1 Storage mm | 60 | 80 | 80 | 120 | 60 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| GW 1 Percolation mm/hr | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| GW 1 coefficient hr | 250 | 250 | 1200 | 1200 | 250 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 300 | 300 | 350 | 350 | 250 | 250 | 250 | 250 | 1200 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 |
| GW 2 Storage mm | 60 | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 40 | 40 | 40 | 40 | 90 | 90 | 90 | 90 | 60 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| GW 2 Percolation mm/hr | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.8 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| GW 2 coefficient hr | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| PÁRAMETROS PARA FLUJO BASE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GW 1 Initial m³/s | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.09 | 0.01 | 0.04 | 0.2 | 0.15 | 0.01 | 0.05 | 0.4 | 0.2 | 0.01 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| GW 1 Coefficient | 500 | 500 | 3000 | 3000 | 500 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 | 450 | 450 | 300 | 300 | 500 | 500 | 500 | 500 | 1200 | 225 | 225 | 225 | 225 | 225 |
| GW 1 Reservoirs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| GW 2 Initial m³/s | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.1 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| GW 2 Coefficient | 2200 | 2200 | 3600 | 3600 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2200 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| GW 2 Reservoirs | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

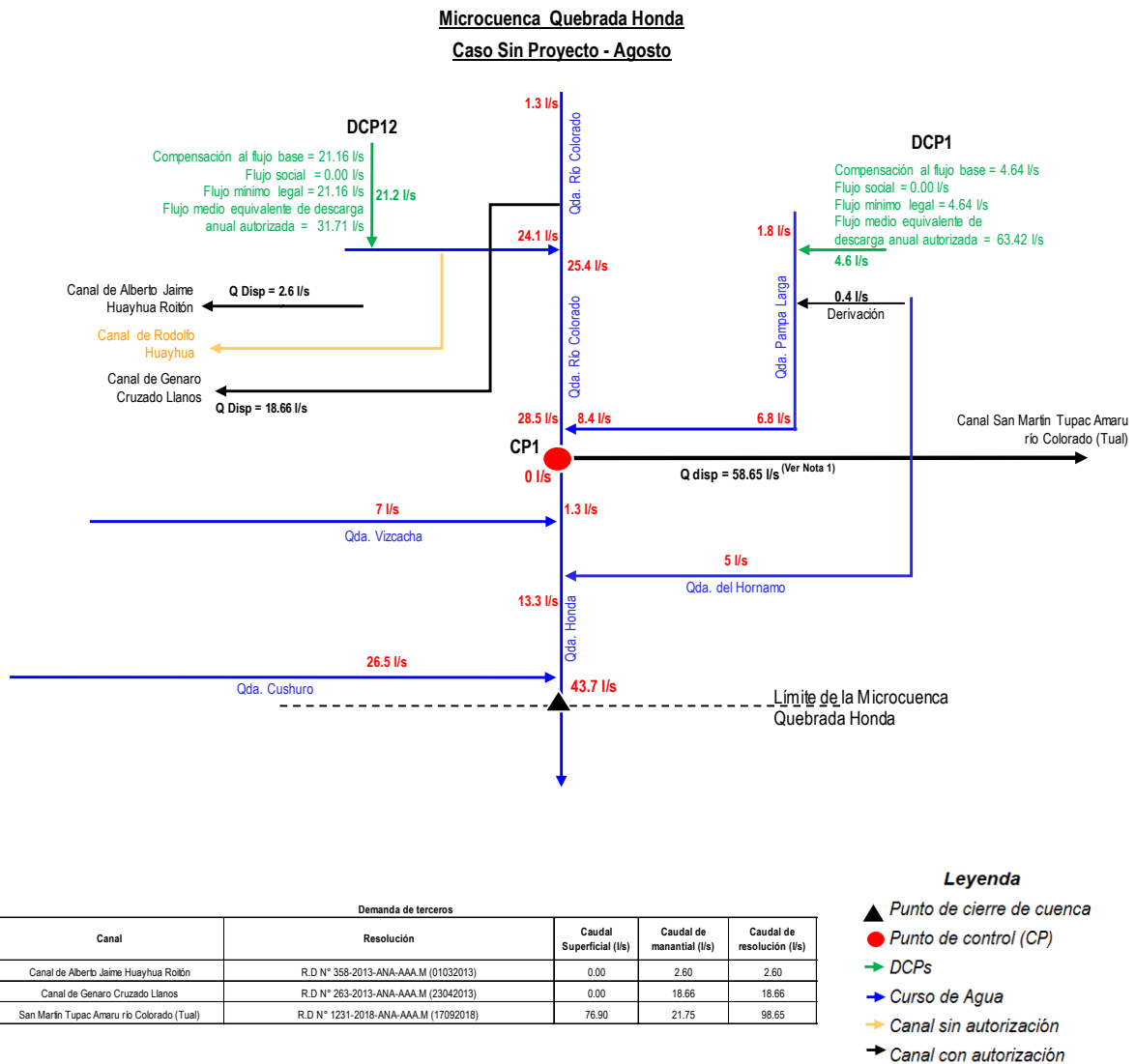
Observación 17

En los diagramas fluviales de la quebrada Honda y río Azufre consideran el mes de agosto como una época húmeda, los cuales deberían de corregirse. De otro lado, detallar el dimensionamiento del reservorio San José, asimismo, presentar las respectivas simulaciones sin proyecto y con proyecto; adjuntar los archivos digitales para validar la información.

Respuesta:

Se corrigieron los diagramas fluviales de Quebrada Honda y Azufre indicando que el mes de agosto representa la época seca. A continuación, se muestran los diagramas fluviales de Quebrada Honda y Azufre correspondientes a la época seca – agosto.

Gráfico ANA 17-1: Diagrama fluvial Quebrada Honda – época seca (agosto) – Sin Proyecto



Nota:

1. El valor corresponde al caudal ofertado hasta el punto de toma del canal Tual (36.90 l/s) más el aporte de manantiales (21.75 l/s).
2. Los caudales en los canales muestran el valor indicado en la resolución (caudal medio equivalente) o el caudal disponible (Qdisp) en la cuenca según los datos disponibles.
3. Los caudales en los canales incluyen el aporte de los manantiales según lo que indica su resolución.
4. Los valores corresponden al caudal ofertado con una persistencia del 75% para el periodo 1994-2018.
5. Los caudales descargados en los DCP's corresponden al 75% percentil del flujo mínimo legal de la serie histórica de descargas.
6. Diagrama fluvial se realiza en base a la Carta Nacional del IGN.
7. El flujo mínimo legal es el mayor valor entre el flujo de mitigación al flujo base y el flujo por compensación social aprobado.
8. El caudal en el punto de cierre considera todos los flujos de descarga inclusive los flujos que Yanacocha no tiene compromisos.
9. De acuerdo al estudio de caudal ecológico, el caudal del curso de agua principal para el mes de agosto es 40 l/s (Qda Honda).

Gráfico ANA 17-2: Diagrama fluvial Quebrada Honda – época seca (agosto) – Con proyecto

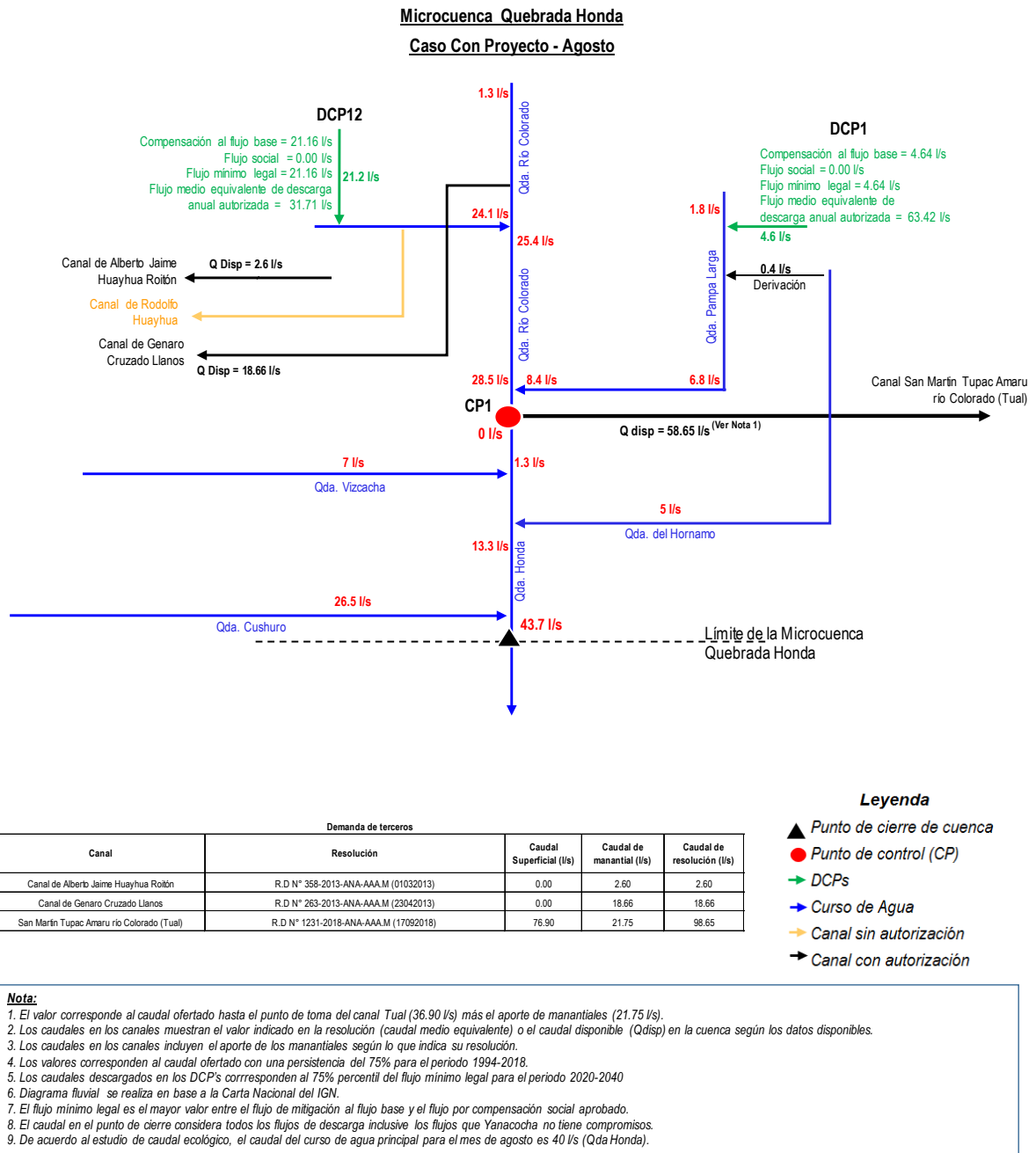
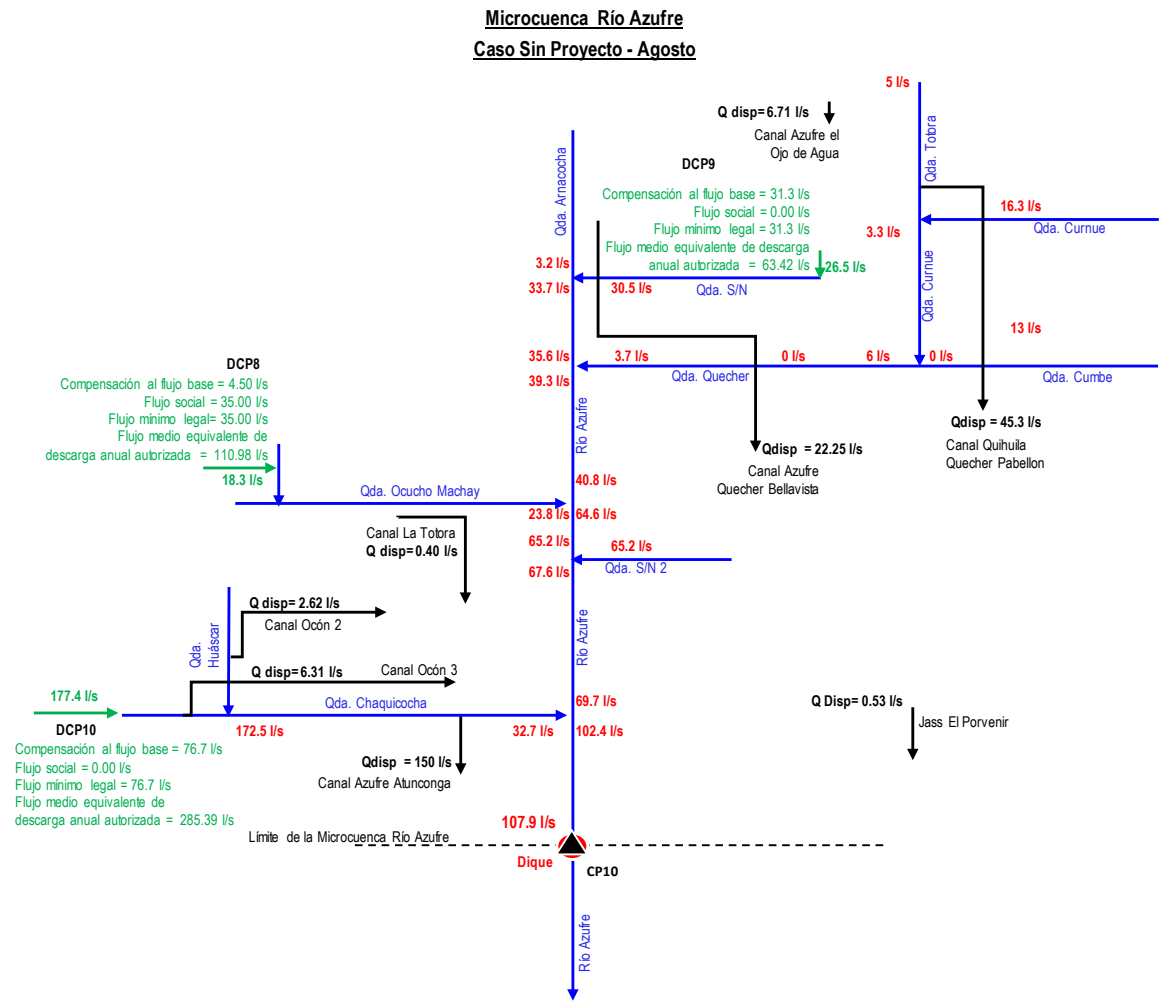


Gráfico ANA 17-3: Diagrama fluvial Río Azufre – época seca (agosto) – Sin proyecto



| Demanda de terceros | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------|----------------------------|
| Canal | Resolución | Caudal Superficial (l/s) | Caudal de resolución (l/s) |
| Quihuita Quecher Pabelon | R.A.N° 061-2000/CTAR (05072000) | 39.00 | 55.00 |
| Azufre Quecher Bellavista Alta | R.A.N°688-2009-ANA-ALA-CAJ (19112009) | 25.16 | 40.51 |
| La Totbra | R.A.N° 055-2006-GR-CAJ/DRA-ATDRC (24022006) | 0.00 | 0.40 |
| Ocon 2 | R.D N°851-2018-ANA-AAA.M (20072018) | 1.14 | 2.62 |
| Azufre El Ojo de Agua | R.A.N°539-2004-GR-CAJ/DRA-ATDRC (21122004) | 0.00 | 6.71 |
| Azufre Atuncongá | R.A.N°1055-2017-ANA-AAA.M (07062017) | 150.00 | 150.00 |
| JASS EL Porvenir | R.D N° 303-2014-ANAAAAA_VLM.Porvenir de Combayo (28032014) | 0.00 | 0.53 |
| Ocon 3 | RD N° 1050-2018-ANA-AAA.M (01082018) | 6.31 | 6.31 |

Nota:

- Los caudales en los canales muestran el valor indicado en la resolución (caudal medio equivalente) o el caudal disponible (Qdisp) en la cuenca según los datos disponibles.
- Los caudales en los canales incluyen el aporte de los manantiales según lo que indica su resolución.
- Los valores corresponden al caudal ofertado con una persistencia del 75% para el periodo 1994-2018.
- Los caudales descargados en los DCPs corresponden al 75% percentil del flujo mínimo legal de la serie histórica de descargas.
- 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.
- De acuerdo al estudio de caudal ecológico, el caudal del curso de agua principal para el mes de agosto es 61.9 l/s (río Azufre).

(durante todo el año). Los volúmenes anuales de compromiso de descarga ascienden a las 3.94 Hm³ y se muestran en la Tabla ANA 17-1: Volumen anual de compromisos de descarga.

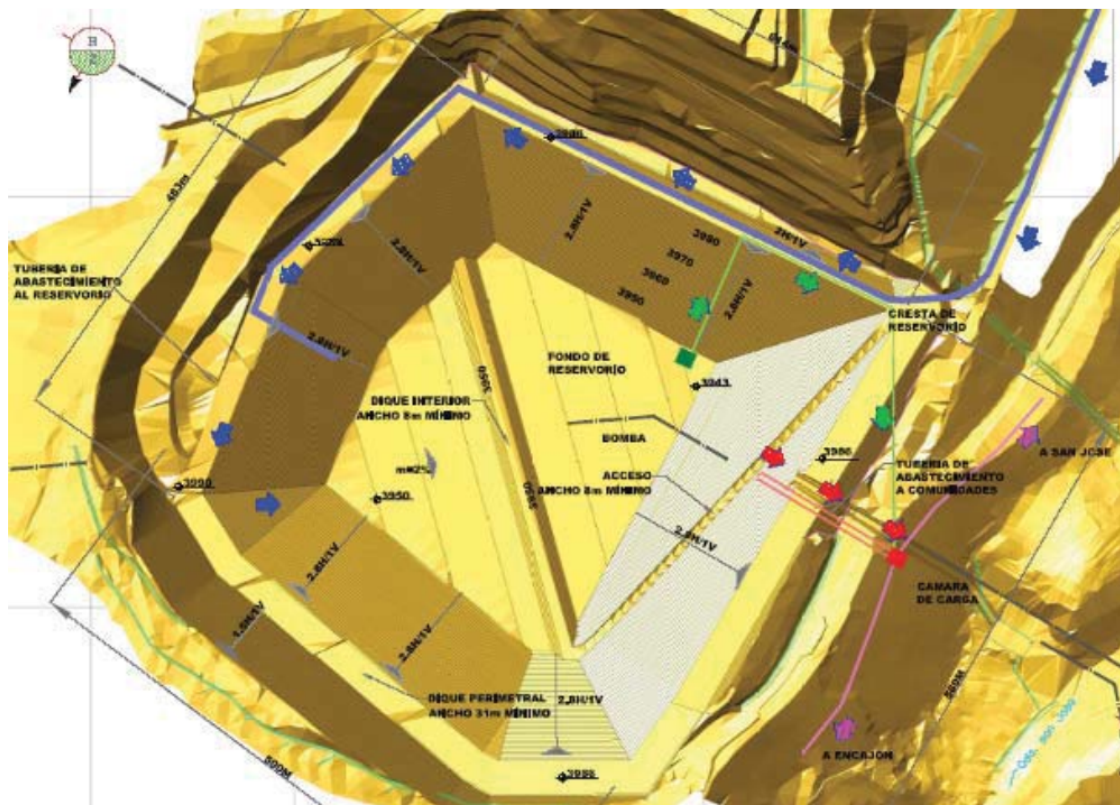
Tabla ANA 17-1: Volumen anual de compromisos de descarga

| Punto descarga | Volumen anual (m3) |
|----------------|--------------------|
| DCP 4 | 755,287 |
| DCP 4B | 755,287 |
| VET RSJ | 0 |
| DCP 5 | 480,293 |
| DCPLSJ2 | 0 |
| DCLL1 | 397,440 |
| DCEC1 | 667,699 |
| DCQ1 | 890,266 |
| TOTAL | 3,946,272 |

Fuente: Minera Yanacocha.

En el Gráfico ANA 17-4, Reservoirio San José – Vista horizontal (45 metros de profundidad) se muestran las dimensiones del reservorio San José:

Gráfico ANA 17-4: Reservoirio San José – Vista horizontal (45 metros de profundidad)



Fuente: Manual de operación del reservorio San José, Yanacocha.

Asimismo se enviará un link en el cual se muestra los editables del balance del reservorio en Excel para el caso sin y con proyecto.

Observación 18

De la modificación de los componentes proyectados, se observa que existen fuentes de recursos hídricos (ríos, quebradas, humedales, manantiales y lagunas) en el área de influencia directa. Estas fuentes requieren delimitar un área intangible, es decir, requieren un estudio de establecimiento de su faja marginal según la normativa vigente (Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales - R.J. N° 332-2016-ANA).

Respuesta:

Al respecto, se precisa que como parte del artículo 114° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338) se menciona textualmente (...) “..que la delimitación de la faja marginal se realiza de acuerdo a los siguientes criterios i) la magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses y canales de derivación ii) el espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces iii) el espacio necesario para los usos públicos que se requieran y iv) la máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua...”.

En ese contexto, considerando que como parte de la II MEIA Yanacocha no se considera ninguno de los criterios establecidos, no se requiere un estudio de determinación y/o delimitación de la faja marginal. Sin perjuicio de ello, cabe precisar que de acuerdo con lo establecido en el artículo 12°, Criterios Generales para determinar el ancho mínimo de la faja marginal aprobado por la R.J. N° 332-2016-ANA (Aprobación del Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales), se establece el ancho mínimo de la faja marginal en los cuerpos de agua, la cual está acorde a lo descrito en la Tabla ANA 18-1, Ancho Mínimo de Faja Marginal en Cuerpos de Agua.

Tabla ANA 18-1 Ancho Mínimo de Faja Marginal en Cuerpos de Agua

| Tipo de Fuente | Ancho Mínimo (m) ⁽¹⁾ |
|--|---------------------------------|
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) encañonados de material rocoso | 3 |
| Quebradas y tramos de ríos de alta pendiente (mayores a 2%) material conglomerado | 4 |
| Tramos de ríos con pendiente media (1-2%) | 5 |
| Lagos y lagunas | 10 |
| Nota | |
| (1) Medidos a partir del límite superior de la ribera | |

En base a lo anterior, se asume que el buffer considerado para la delimitación de la faja marginal sería de aproximadamente entre 5 m a cada límite de la ribera (10 m de ancho total), lo cual aplica para los cuerpos de agua (ríos y/o quebradas) que se encuentran dentro del área de estudio de la U.M. Yanacocha, ubicados en las partes altas o cabeceras de las unidades hidrográficas. Sin embargo, Yanacocha considera como parte de sus procedimientos internos un ancho de 20 m (10 m a cada límite de la ribera) con la finalidad de protección de los asentamientos poblacionales frente a eventos hidrológicos extremos.

En forma complementaria, se confirma que las huellas de los componentes propuestos de la II MEIA Yanacocha no atraviesan y/o cruzan ningún cuerpo de agua y por ende no habrá afectación alguna sobre estos. Asimismo, los componentes propuestos consideran el ancho mínimo determinado por la Resolución Jefatural, considerando que se encuentran ubicados a una distancia mayor de 20 m de los cuerpos de agua (quebradas, ríos y lagunas), tal como se muestra en la Tabla ANA 18-2, Distancias de los Componentes de la II MEIA a los Cuerpos de Agua más Próximos).

Tabla ANA 18-2 Distancias de los Componentes de la II MEIA a los Cuerpos de Agua más Próximos

| N° | Componentes del Proyecto | Cuerpo de Agua más cercano | Distancia (m) |
|----|----------------------------|--|---------------|
| 1 | Tajo Chaquicocha - Etapa 3 | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Ocucho Machay | 23 |
| 2 | Chaquicocha Subterráneo | Qda. Chaquicocha | 340 |

| N° | Componentes del Proyecto | Cuerpo de Agua más cercano | Distancia (m) |
|--|---|---|---------------|
| 3 | Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) La Quinua 2 - Etapa 2 | Qda. Encajón | 470 |
| 4 | Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo - Etapa 3 | Laguna San José | 207 |
| 5 | Depósito de Desmonte Mirador | Qda. Pampa Larga | 885 |
| 6 | Pila de Lixiviación Carachugo - Etapa 14A | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Río Colorado | 166 |
| 7 | Planta de Procesos La Quinua* | Qda. Intermitente S/N | -- |
| 8 | Modificación del Depósito de Arenas de Molienda (DAM) - Fases Norte y Sur | Qda. Pampa Cerro Negro | 110 |
| 9 | Depósito de Relaves La Quinua | Qda. Encajón | 734 |
| 10 | Depósito de Relaves Pampa Larga | Laguna San José | 1,382 |
| 11 | Plantas de Tratamiento de Aguas Acidas - AWT | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Río Colorado | 314 |
| | Plantas de Tratamiento de Aguas de Exceso - EWTP | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Río Colorado | 525 |
| | Planta de Columnas de Carbono - CIC | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Río Colorado | 352 |
| 12 | Áreas Superficiales de Chaquicocha Subterráneo | Qda. Chaquicocha | 90 |
| | Infraestructura del SIMA (Pozas) | | |
| | Poza La Quinua SWP2 | Qda. Shillamayo | 52 |
| | Poza Menores Eventos II La Quinua (Poza La Vieja) | Qda. del Cienega | 25 |
| | Poza DCP 1 (Poza Yajayri) | Qda. Intermitente S/N, afluente de la Qda. Río Colorado | 25 |
| Nota: Huella aprobada en la I MEIA, la cual abarca parte del curso de la Qda. Intermitente S/N, no se ha realizado ninguna modificación en la II MEIA. | | | |

Asimismo, para señalar que la nueva zona La Quinua Oeste (planta de Procesos de la Quinua, cuya implementación fue aprobada en la I MEIA Yanacocha (2019), intercepta una quebrada intermitente S/N (sin nombre) que se activa sólo en época de lluvia. Ésta quebrada intermitente, presenta un área de contribución es 0.495 km² y es tributaria de la quebrada La Pajuela, la cual a su vez es parte de la red de drenaje de la microcuenca del río Shoclla. MYSRL ha considerado como parte del Proyecto la implementación de obras hidráulicas que permitan el cruce del flujo que discurre por la quebrada para evitar que esta sea impactada.

Las obras hidráulicas de cruce a ser implementadas serán: dos alcantarillas cuyo diseño ha considerado un caudal producido por una tormenta máxima en 24 horas correspondiente a un periodo de retorno de 100 años. Los caudales de diseño correspondientes a los puntos donde se intercepta la quebrada S/N son: para el punto 1 de 9.48 m³/s; y para el punto 2 de 15.47 m³/s. El área de la planta presentará canales perimetrales, los cuales captarán el agua de lluvia y la entregarán hacia el punto: 769841.8E – 9227284.6N (Datum WGS84), el cual se ubica en la quebrada intermitente S/N, la cual finalmente entrega sus aguas hacia la quebrada La Pajuela.

Finalmente, en base a las premisas descritas líneas arriba, se reitera que en caso de requerirse y/o aplicar el estudio de determinación y/o delimitación de la faja marginal, la misma será gestionado después de la aprobación de la II MEIA Yanacocha y formará parte del permiso de obras hidráulicas durante la etapa de construcción del Proyecto. Esta determinación considerará el límite superior de la ribera de cauces naturales por métodos hidráulicos o por huellas máximas.

Observación 19

El modelo matemático de flujo subterráneo requiere como condiciones de borde el flujo superficial que entra y sale del modelo conceptual (por ejemplo, el flujo base, recarga hídrica, etc.). Por lo tanto, se sugiere monitorear de manera continua el flujo superficial en las salidas de las unidades hidrográficas para su respectivo balance hídrico o calibración del modelo matemático. De otro lado, se deberá presentar la estimación de la recarga hídrica del acuífero a través de un modelo hidrológico que desarrolla el balance de procesos hidrológicos.

Respuesta:

En el modelo hidrológico se analizaron los componentes de balance de agua en el suelo con el propósito de conocer los porcentajes, con respecto a la PMA (precipitación media anual para el periodo: enero 2004 – noviembre 2018), de evapotranspiración, recarga y escorrentía anuales en las microcuencas pertenecientes al Límite de estudio.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla ANA 19-1: Porcentajes anuales de balance de agua en áreas no disturbadas donde se aprecia que los porcentajes de recarga anual varían entre 14.1% y 22.0%, las pérdidas por evapotranspiración (que considera la evaporación y las pérdidas por cobertura vegetal y superficie) varían entre 13.4% y 28.0%, la escorrentía total varía entre 50.2% 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 30.8% y 59.8% y el flujo subsuperficial varía entre 5.4% y 28.6%.

Tabla ANA 19-1: Porcentajes anuales de balance de agua en áreas no disturbadas

| Microcuenca | Precipitación total anual (mm) | Evapotranspiración | Recarga | Escorrentía | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|---------|---------------------|----------------------|
| | | | | Escorrentía directa | Flujo subsuperficial |
| Quebrada Honda ⁽¹⁾ | 1,430.9 | 14.1% | 19.5% | 49.0% | 17.4% |
| Río Azufre ⁽¹⁾ | 1,430.9 | 13.8% | 20.4% | 52.4% | 13.4% |
| Quebrada La Saccha ⁽¹⁾ | 1,430.9 | 13.4% | 21.0% | 59.8% | 5.8% |
| Río San José ⁽¹⁾ | 1,430.9 | 13.4% | 21.5% | 59.7% | 5.4% |
| Río Grande ⁽²⁾ | 1,446.4 | 18.3% | 16.1% | 37.0% | 28.6% |
| Río Shoolla ⁽²⁾ | 1,446.4 | 28.0% | 21.8% | 30.8% | 19.4% |
| Qda Chachacoma ⁽²⁾ | 1,446.4 | 16.9% | 22.0% | 39.5% | 21.6% |
| Quebrada SN1 ⁽²⁾ | 1,446.4 | 24.6% | 14.1% | 33.9% | 27.4% |
| Intercuenca SN2 ⁽²⁾ | 1,446.4 | 17.1% | 18.7% | 40.4% | 23.7% |

Fuente: Elaboración propia.

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.

Con el propósito de validar la recarga estimada por el modelo hidrológico y utilizada en el modelo hidrogeológico se realizó el siguiente cálculo:

1. Del modelo hidrogeológico se tomaron los porcentajes de recarga asignadas a las distintas unidades hidrogeológicas.
2. Se realizó el promedio ponderado de áreas que coinciden con el límite las microcuencas del estudio hidrológico. Las áreas de las microcuencas y los porcentajes de recarga del modelo hidrogeológico se muestran en la Figura ANA 19-1, Áreas de recarga del modelo hidrológico e hidrogeológico.

3. Se compararon los porcentajes de recarga ponderados del modelo hidrogeológico con los porcentajes de recarga estimados por el modelo hidrológico como se muestra en la Tabla ANA 19-2. Porcentajes de recarga del modelo Hidrológico e Hidrogeológico.

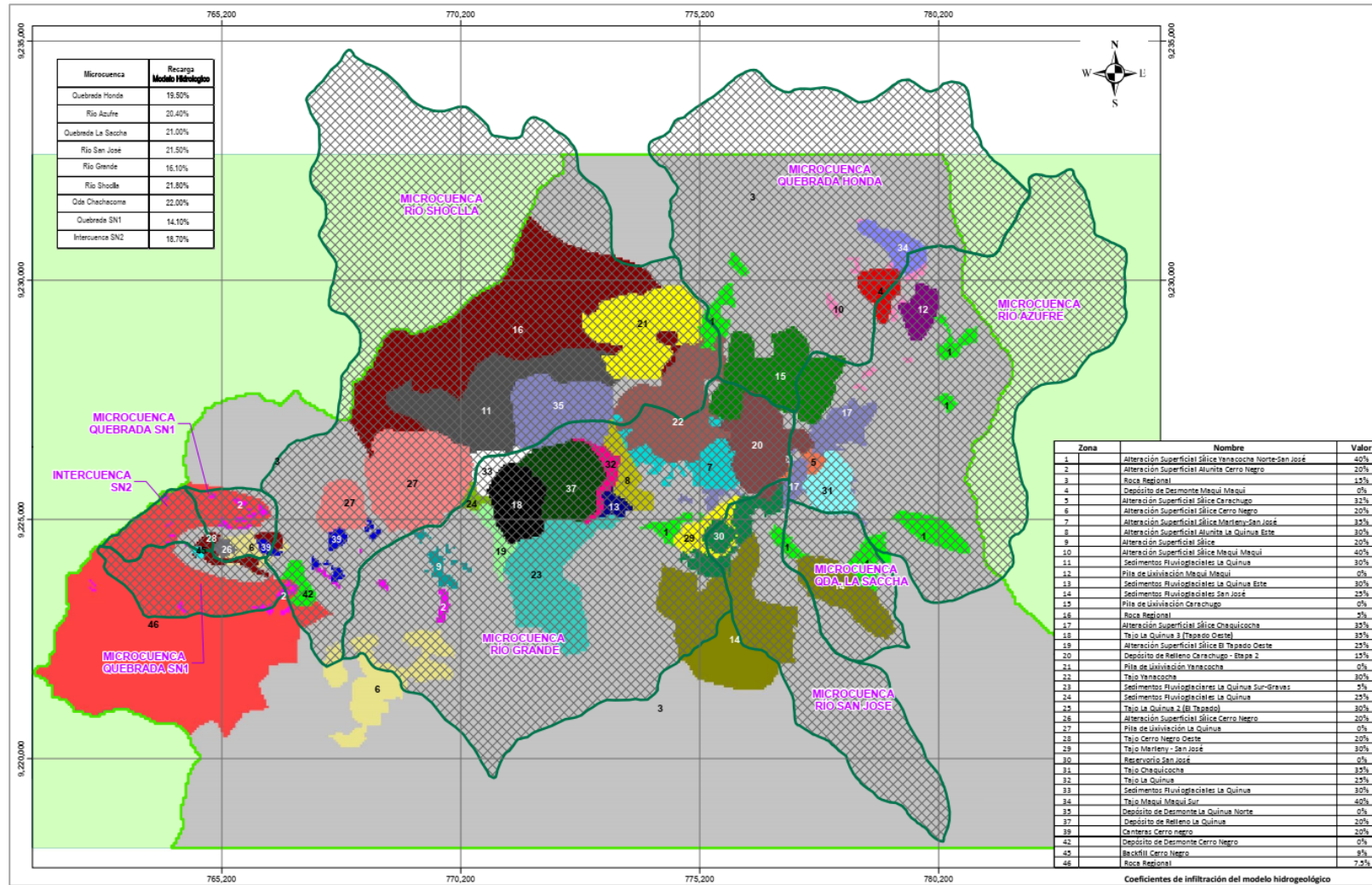
Tabla ANA 19-2: Porcentajes de recarga del modelo Hidrológico e Hidrogeológico

| Microcuenca | %Recarga del Modelo Hidrológico | % Recarga del Modelo Hidrogeológico | Diferencia % |
|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Quebrada Honda | 19.5% | 15.4% | 4.1% |
| Río Azufre | 20.4% | 16.5% | 4.0% |
| Quebrada La Saccha | 21.0% | 20.5% | 0.5% |
| Río San José | 21.5% | 20.5% | 1.0% |
| Río Grande | 16.1% | 16.4% | -0.3% |
| Río Shoclla | 21.8% | 14.2% | 7.6% |
| Quebrada Chachacoma | 22.0% | 15.0% | 7.0% |
| Quebrada SN1 | 14.1% | 15.0% | -0.9% |
| Intercuenca SN2 | 18.7% | 15.0% | 3.7% |

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla ANA 19-2, Porcentajes de recarga del modelo Hidrológico e Hidrogeológico se observa que los porcentajes de recarga por microcuenca estimados en el modelo hidrológico y usados por el modelo hidrogeológico se encuentran en el mismo orden de magnitud con diferencias que varían entre 0.5 % para la microcuenca Quebrada La Saccha y 7.6% para la microcuenca Shoclla. Para este análisis se considera que una diferencia de hasta el 10% es aceptable para considerarse que las recargas se encuentran en el mismo rango de valores.

Figura ANA 19-1: Áreas de recarga del modelo hidrológico e hidrogeológico



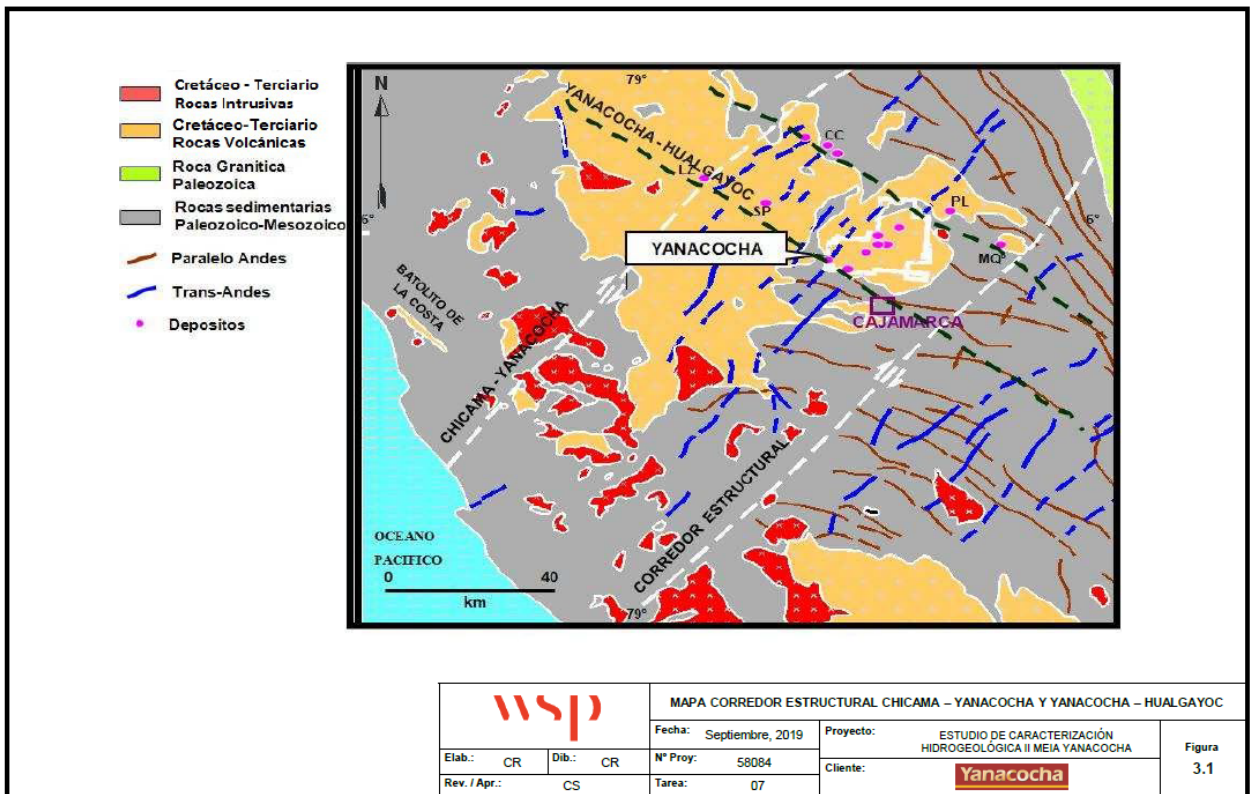
Observación 20

De la geología regional desarrolla la descripción de la geología regional de forma general, específicamente en el capítulo 3.1.1 Estratigrafía sedimentaria y volcánica; así también, se desarrolla la configuración estructural a escala regional. El administrado deberá presentar un mapa y la descripción donde se muestre la disposición de lo descrito en el ítem 3.1 (Estratigrafía sedimentaria y volcánica y configuración estructural).

Respuesta:

Referente a la presente observación se indica que en el Apéndice Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico se muestra la figura 3.1 Mapa Estructural (Ver Figura ANA 20-1, Mapa Estructural) en la cual se visualiza lo descrito en el ítem 3.1 Estratigrafía sedimentaria y volcánica y configuración estructural.

Figura ANA 20-1 Mapa Estructural



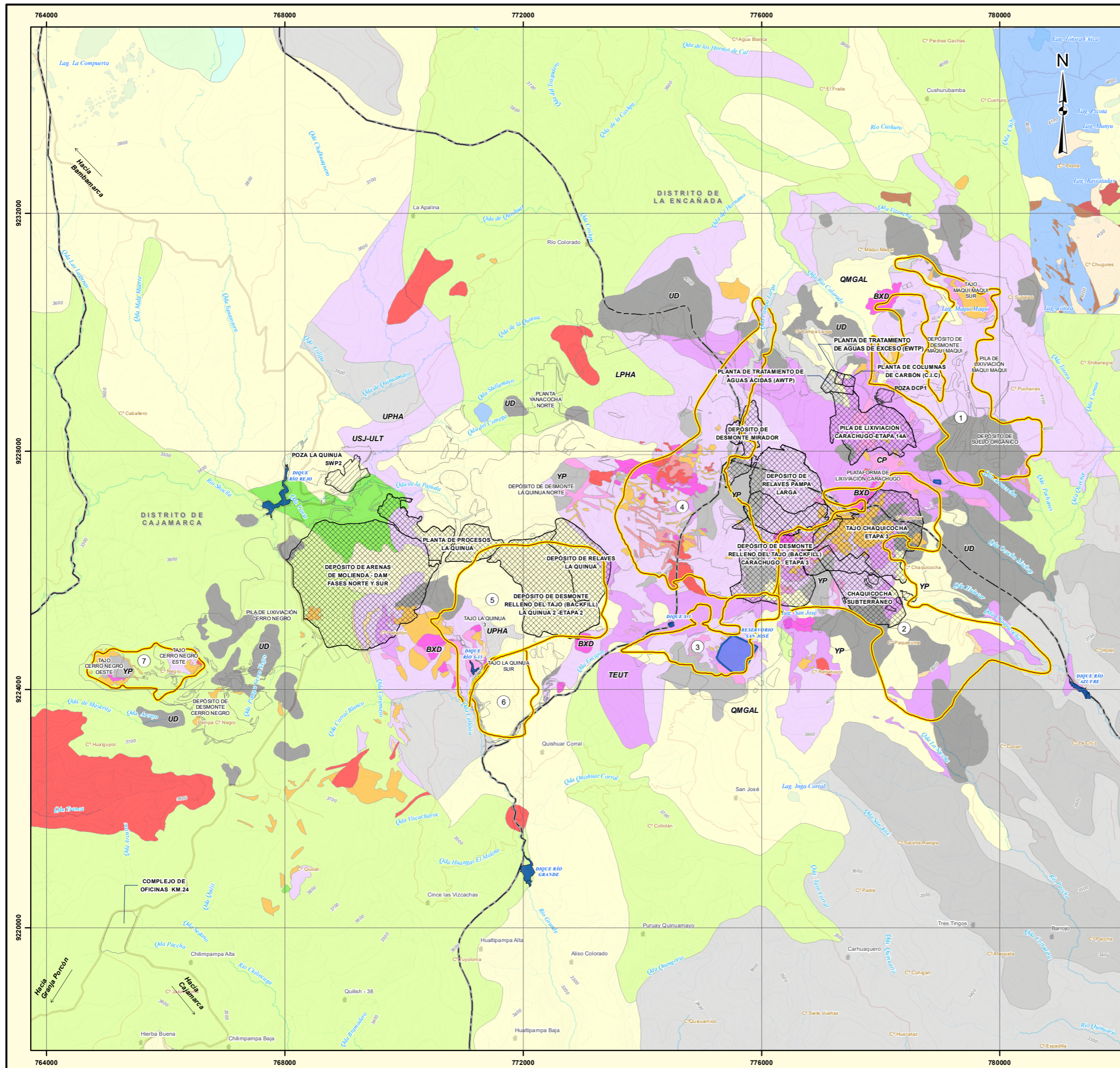
Observación 21

Respecto a la geología local se tiene lo siguiente:

- a) Se describen 16 unidades litológicas presente en el área de estudio, las cuales presentan características específicas según su formación, composición y alteración; a posterior se definen en seis (6) sectores de características geológicas como como: Maqui Maqui, Chaquicocha, Yanacocha, Complejo de La Quinua, La Quinua Sur y Cerro Negro. De lo cual, el administrado, deberá describir de manera detallada las características geológicas según los bloques que se definen en el presente sub-ítem y que más adelante, se consideran Subsistemas hidrogeológicos; así también, en los mapas 3.1 y 3.2 mostrar el área que comprende cada sector referido a las características geológicas descritas.
- b) Presenta una geología local y estructural enmarcada dentro del Área efectiva del proyecto, por lo que no se tiene información en zonas donde se presentan manantiales próximos al área efectiva. El administrado deberá extender la geología local y estructural hasta las zonas donde se inventariaron manantiales, con la finalidad de encontrar relación con las aguas subterráneas próximas a los componentes Chaquicocha subterránea y Tajo Chaquicocha - etapa 3.

Respuesta:

- a) Al respecto, sobre la base del Mapa 3.1 (Geología Local del distrito minero de Yanacocha) y Mapa 3.2 (Geología Estructural) presentado como parte del Apéndice F.5, *Estudio Hidrogeológico*, a continuación se presentan las siguientes figuras:
 - En la Figura ANA 21a-1, *Geología Local – Identificación de Cuerpos de Sílice* se muestran las características geológicas de los bloques de cuerpos de sílice sobre el funcionamiento de los 07 subsistemas hidrogeológicos identificados en el área del Proyecto (Maqui Maqui Arnacocha, Carachugo – Chaquicocha, San José, Yanacocha, La Quinua – El Tapado – El Tapado Oeste, Sedimentos de La Quinua y Cerro Negro).
 - En la Figura ANA 21a-2, *Geología Estructural – Identificación de Cuerpos de Sílice* se muestran las características geológicas de los bloques de cuerpos de sílice sobre el esquema estructural del área del Proyecto.
- b) Sobre la base del área extendida considerada en los Mapas 3.1 y 3.2 respectivamente (ver Apéndice F.5 Estudio Hidrogeológico), se presenta la ubicación de manantiales y filtraciones, tal como se muestra en la Figura ANA 21b-1, *Geología Local- Inventario de Manantiales y Filtraciones* y Figura ANA 21b-2, *Geología Estructural- Inventario de Manantiales y Filtraciones* respectivamente.



UNIDADES GEOLÓGICAS

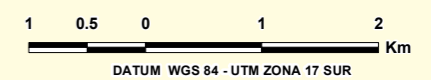
| | |
|---------|--|
| CYM | UNIDAD YAMAGUAL MÁRMOL |
| QMGAL | DEPÓSITOS MORRÉNICOS |
| BXP | BRECHA FREÁTICA |
| TBH | BRECHA HIDROTÉRMICA |
| LAM | SEDIMENTOS LAMINADOS |
| BXD | BRECHA FREATO-MAGMÁTICA |
| TEUT | UNIDAD DE TOBA EUTAXÍTICA TRANSICIONAL |
| UMM | IGNIMBRITA MAQUI MAQUI |
| USJ-ULT | UNIDAD SAN JOSÉ |
| UPHA | UNIDAD ANDESITA SUPERIOR |
| YP | UNIDAD PORFIRÍTICA YANACOCHA |
| UD | SECUENCIA DE DOMOS |
| YPQ | UNIDAD YANACOCHA CUARZO PORFIRÍTICA |
| LPHA | LAVA ANDESÍTICA PIROXENO-HORNBLENDA |
| LBP | PIROCLASTOS INFERIORES DE BIOTITA |
| CP | UNIDAD PÓRFIDO CARACHUGO |

SIMBOLOGÍA

| | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---------------------------|---|----------------------------|
| ■ | CASERIOS | — | CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL | | |
| — | LÍMITE DISTRITAL | — | — | — | CURVAS DE NIVEL SECUNDARIA |
| □ | COMPONENTES APROBADOS | — | — | — | CURSOS Y CUERPOS DE AGUA |
| ▨ | COMPONENTES PROPUESTOS | — | — | — | — |
| ▩ | INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS | — | — | — | — |
| — | VÍAS | — | — | — | — |
| — | ACCESOS INTERNOS | — | — | — | — |
| — | CARRETERA AFIRMADA | — | — | — | — |
| — | CARRETERA ASFALTADA | — | — | — | — |
| — | | — | — | — | — |

SUBSISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

| | |
|---|--|
| 1 | SUBSISTEMA MAQUI MAQUI |
| 2 | SUBSISTEMA CARACHUGO - CHAQUICOCHA |
| 3 | SUBSISTEMA SAN JOSÉ |
| 4 | SUBSISTEMA YANACOCHA |
| 5 | SUBSISTEMA LA QUINUA - EL TAPADO - EL TAPADO OESTE |
| 6 | SUBSISTEMA SEDIMENTOS DE LA QUINUA |
| 7 | SUBSISTEMA CERRO NEGRO |



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. N° | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |

Yanacocha

PROYECTO:
II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA UNIDAD MINERA YANACOCHA

TÍTULO:
GEOLOGIA LOCAL IDENTIFICACIÓN DE CUERPOS DE SÍLICE

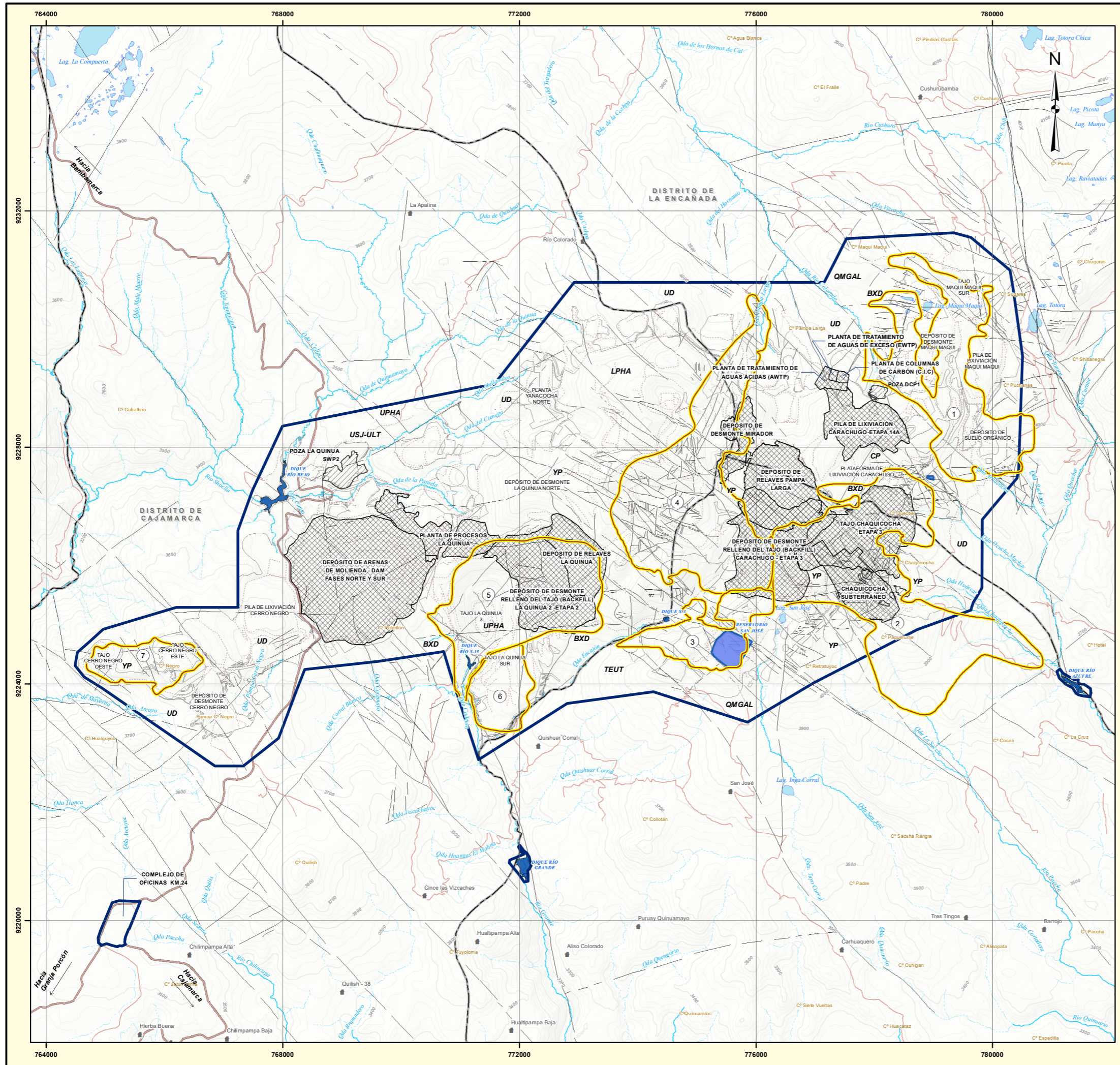
PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACOCHA 2019

ESCALA: 1:65,000 FIGURA N° ANA 21A-1

ARCHIVO: Figura ANA 21A-1 Geología Local - Identificación de cuerpos de sílice.mxd

Stantec

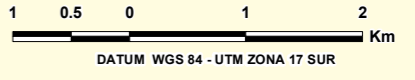


SIMBOLOGÍA

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ CASERIOS — LIMITE DISTRITAL — FALLAS □ COMPONENTES APROBADOS ▨ COMPONENTES PROPUESTOS ▤ INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS □ ÁREA DE ESTUDIO — VÍAS — ACCESOS INTERNOS — CARRETERA AFIRMADA — CARRETERA ASFALTADA | <ul style="list-style-type: none"> — CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL — CURVAS DE NIVEL SECUNDARIA — CURSOS Y CUERPOS DE AGUA — RÍOS — QUEBRADAS — LAGUNAS — DIQUE — RESERVARIO |
|--|--|

SUBSISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS

| | |
|---|--|
| 1 | SUBSISTEMA MAQUI MAQUI |
| 2 | SUBSISTEMA CARACHUGO - CHAQUICOCHA |
| 3 | SUBSISTEMA SAN JOSÉ |
| 4 | SUBSISTEMA YANACOCCHA |
| 5 | SUBSISTEMA LA QUINUA - EL TAPADO - EL TAPADO OESTE |
| 6 | SUBSISTEMA SEDIMENTOS DE LA QUINUA |
| 7 | SUBSISTEMA CERRO NEGRO |



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. N° | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



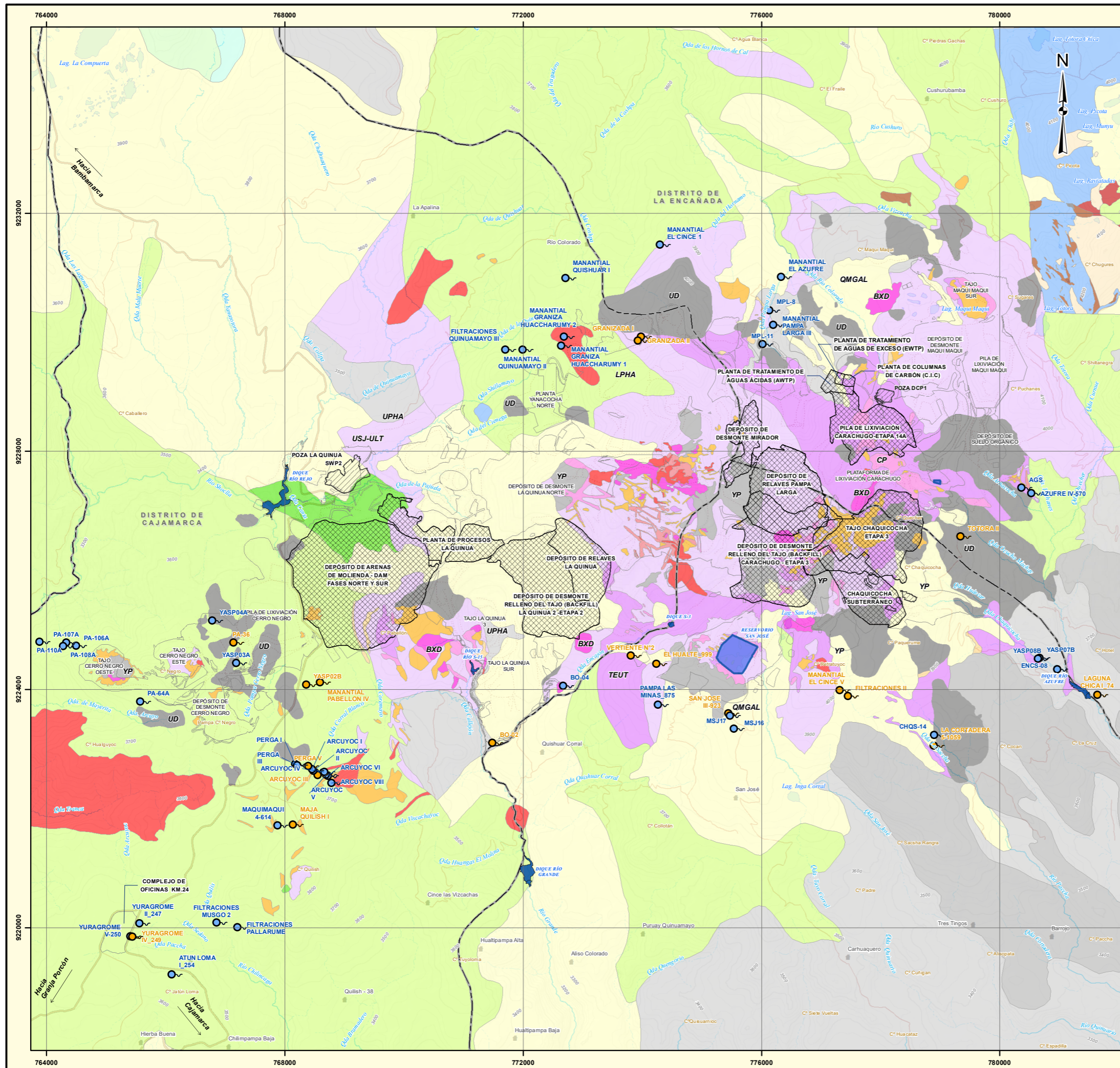
PROYECTO: **II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCCHA UNIDAD MINERA YANACOCCHA**

TÍTULO: **GEOLOGIA ESTRUCTURAL IDENTIFICACIÓN DE CUERPOS DE SÍLICE**

PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACOCCHA 2019

ESCALA: 1:65,000 FIGURA N° ANA 21A-2
 ARCHIVO: Figura ANA 21a-2 Geología Estructural - Identificación de cuerpos de sílice.mxd

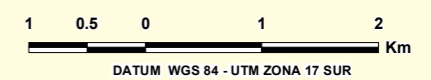


UNIDADES GEOLÓGICAS

| | |
|---------|--------------------------------------|
| CYM | UNIDAD YAMAGUAL MÁRMOL |
| QMGAL | DEPÓSITOS MORRÉNICOS |
| BXF | BRECHA FREÁTICA |
| TBYH | BRECHA HIDROTÉRMAL |
| LAM | SEDIMENTOS LAMINADOS |
| BXD | BRECHA FREATO-MAGMÁTICA |
| TEUT | UNIDAD DE TOBA EUTÁXICA TRANSICIONAL |
| UMM | IGNIMBRITA MAQUI MAQUI |
| US-JULT | UNIDAD SAN JOSÉ |
| UPHA | UNIDAD ANDESITA SUPERIOR |
| YP | UNIDAD PORFIRÍTICA YANACOCHA |
| UD | SECUENCIA DE DOMOS |
| YPQ | UNIDAD YANACOCHA CUARZO PORFIRÍTICA |
| LPHA | LAVA ANDESÍTICA PIROXENO-HORNBLENDA |
| LBP | PIROCLASTOS INFERIORES DE BIOTITA |
| CP | UNIDAD PÓRFIDO CARACHUGO |

SIMBOLOGÍA

| | | | |
|--|-------------------------------------|--|--------------------------|
| | CASERIOS | | CURVAS DE NIVEL |
| | LÍMITE DISTRITAL | | PRINCIPAL |
| | COMPONENTES APROBADOS | | SECUNDARIA |
| | COMPONENTES PROPUESTOS | | CURSOS Y CUERPOS DE AGUA |
| | INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS | | RIOS |
| | PUNTOS DE AGUAS INVENTARIADOS | | QUEBRADAS |
| | MANANTIAL | | LAGUNAS |
| | FILTRACIÓN | | RESERVORIO |
| | VÍAS | | |
| | ACCESOS INTERNOS | | |
| | CARRETERA AFIRMADA | | |
| | CARRETERA ASFALTADA | | |



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. N° | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



PROYECTO:
II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA
UNIDAD MINERA YANACOCHA

TÍTULO:
**GEOLOGIA LOCAL
INVENTARIO DE MANANTIALES Y FILTRACIONES**

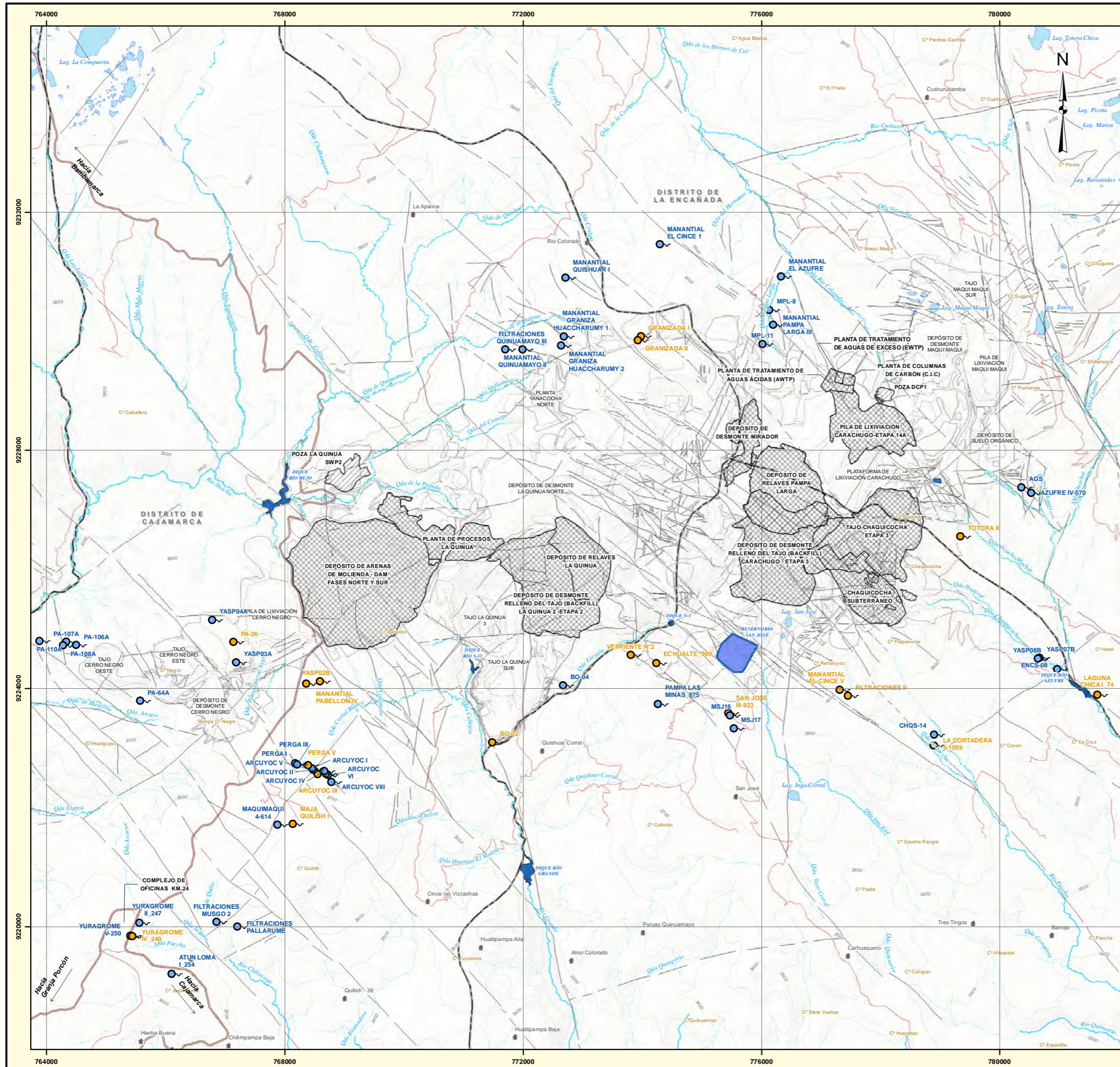
PROYECCIÓN: UTM **DATUM:** WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACOCHA 2019

ESCALA: 1:65,000 **FIGURA N°:** ANA 21B-1

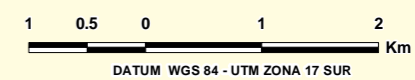
ARCHIVO: Figura ANA 21B-1 Geología Local - Inventario de Manantiales y Filtraciones.mxd





SIMBOLOGÍA

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ CASERIOS — LÍMITE DISTRITAL □ COMPONENTES APROBADOS ▨ COMPONENTES PROPUESTOS ▤ INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS ● PUNTOS DE AGUAS INVENTARIADOS ○ MANANTIAL ● FILTRACIÓN ⋯ ACCESOS INTERNOS — CARRETERA AFIRMADA — CARRETERA ASFALTADA | <ul style="list-style-type: none"> — CURVAS DE NIVEL — PRINCIPAL — SECUNDARIA — CURSOS Y CUERPOS DE AGUA — RIOS — QUEBRADAS — LAGUNAS — DIQUE — RESERVARIO |
|---|---|



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. Nº | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



PROYECTO:
II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA
 UNIDAD MINERA YANACOCHA

TÍTULO:
GEOLOGIA ESTRUCTURAL
INVENTARIO DE MANANTIALES Y FILTRACIONES

PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACOCHA 2019

ESCALA: 1:65,000 FIGURA Nº ANA 21B-2



ARCHIVO: Figura ANA 21B-2 Geología Estructural - Inventario de Manantiales y Filtraciones.mxd

Observación 22

Respecto a las alteraciones se tiene lo siguiente:

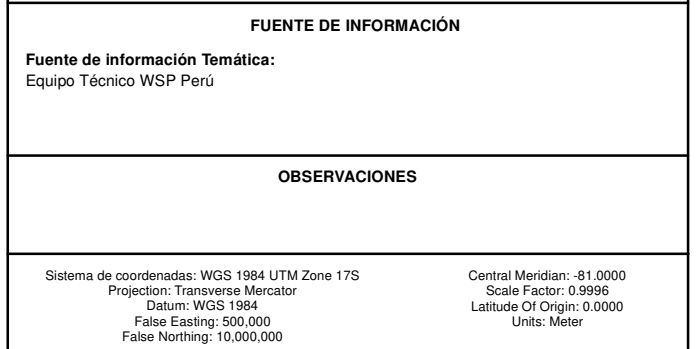
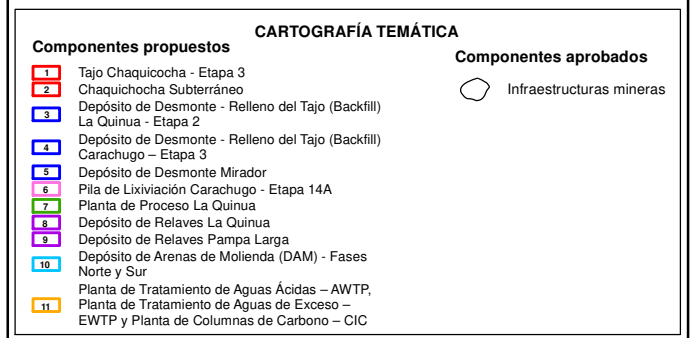
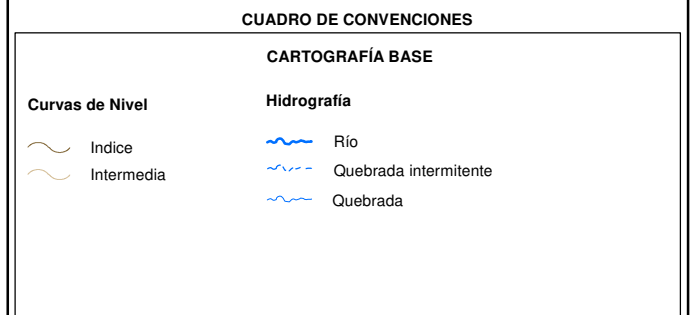
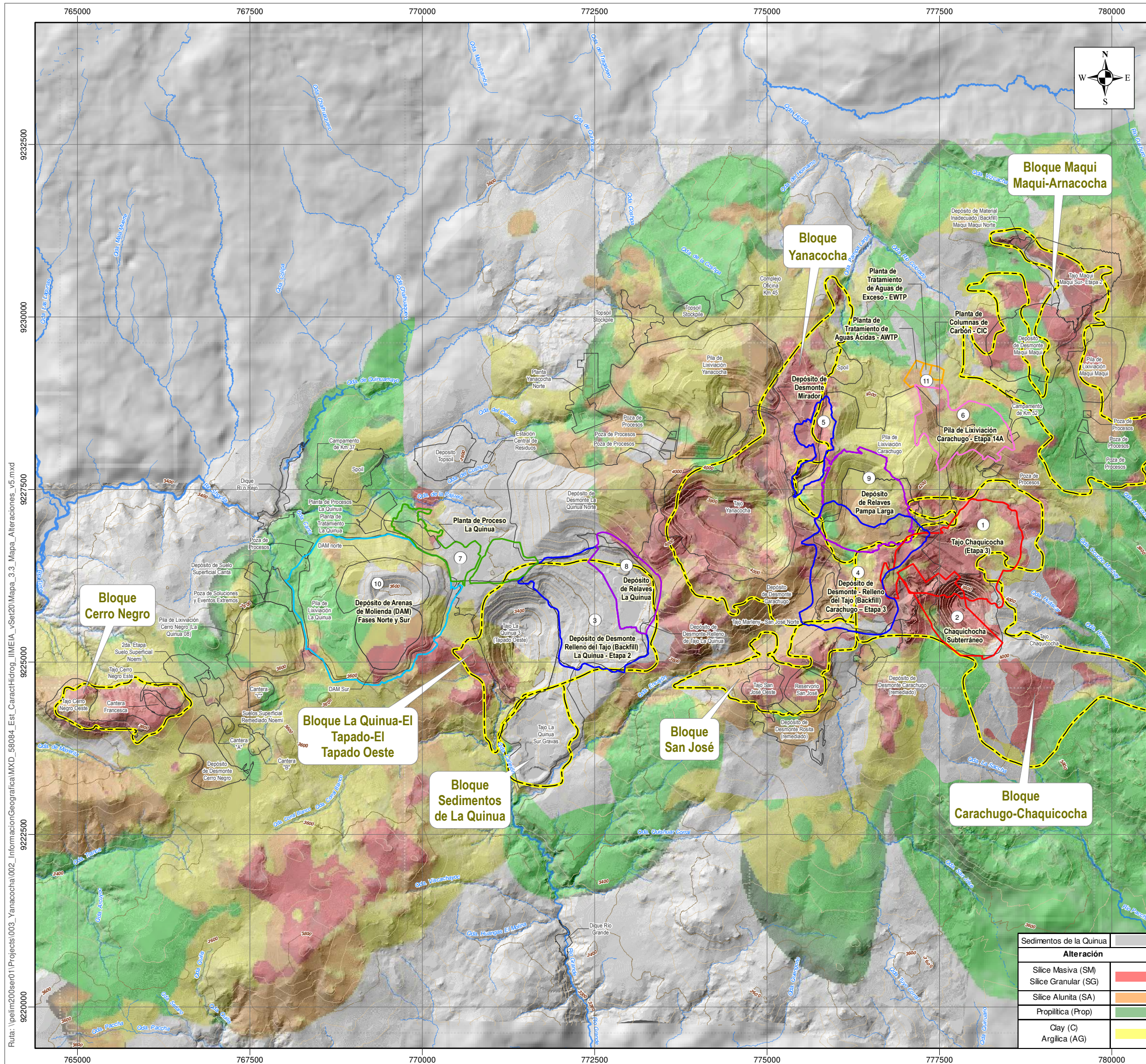
Se describe "... el Mapa 3.3 la distribución en planta de las principales alteraciones encontradas en el proyecto"; posterior a este se describen las alteraciones: Sílice Masiva (SM), Sílice Granular (SG), Sílice Alunita (SA), Sílice Clay (SC), Clay (C) y Propilítica (Prop), a lo que se observa en el Mapa 3.3 no corresponde a las alteraciones descritas; más bien, el mapa muestra la distribución espacial de las tres (3) principales Unidades Hidrogeológicas caracterizadas en el presente estudio. En tal sentido, el Administrado deberá de presentar el Mapa 3.3 con las unidades de alteración presentes en ámbito de estudio y las áreas que comprenden cada bloque descrito (Maqui Maqui, Carachugo-Chaquicocha, San José-Marleny, Quecher, Yanacocha, La Quinua y Cerro Negro); así mismo, las secciones geológicas en las figuras 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 deberán representar las unidades de alteración descritas en el presente ítem y no las unidades hidrogeológicas mostradas en la leyenda de las figuras. Finalmente, se deberá presentar el mapa de con las áreas que comprenden cada sector descrito en el Ítem 3.3.1.

Respuesta:

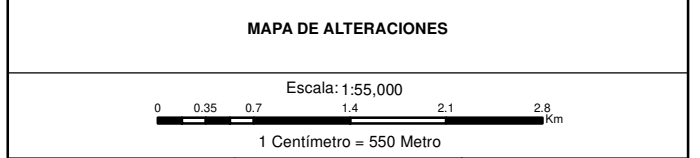
Se incluye un mapa adicional con la distribución espacial de las alteraciones hidrotermales presentes en el área de estudio, el cual a su vez se incluye en la presente observación y se modifica el título del Mapa 3.3 (que pasara a ser el Mapa 3.4) el cual pasa a denominarse Unidades Hidrogeológicas.

Las áreas correspondientes a los sectores mencionados en el epígrafe 3.1.1.se incorporan en el nuevo Mapa 3.3, *Mapa de Alteraciones*, el cual se muestra a continuación como Figura ANA 22-1, *Mapa de Alteraciones*.

Asimismo en el Apéndice ANA 22-1, *Secciones Geológicas* se muestra las unidades de alteración en la leyendas las secciones geológicas en las figuras 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11.



ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA. II MEIA YANACOCHA



| | | |
|---|---|---|
| Realizado: Cristian Quiliche Ing. Geólogo Staff Engineer I | SIG: Sary Avecas Ing. Geógrafo Especialista en SIG | Revisado: Catalina Sesmero Lic. Geología Hidrogeóloga Senior |
| Aprobado: Catalina Sesmero Project Manager | Fecha: Septiembre 2020 | Mapa: Figura ANA 22-1 |
| N° Proyecto: 58084 | Tarea: 07 | Versión: 1.0 |

Ruta: \\pelim20user01\Projects\003_Yanacocha\002_InformacionGeografica\MXD_58084_Est_CaractHidrog_II MEIA_v5a120\Mapa_3.3_Mapas_Alteraciones_v5.mxd

Observación 23

Respecto a la caracterización hidrogeológica se tiene lo siguiente:

- a. Se definen las principales Unidades Hidrogeológicas como son: Unidad Hidrogeológica de Sílice, Unidad Hidrogeológica Sedimentos de La Quinua y Unidad hidrogeológica de rocas de baja permeabilidad, pero solo se hace mención de las principales fallas en el ámbito de estudio como son: Falla la Quinua, Carbón y el Tapado, no se desarrolla las características y comportamiento hidráulico de las mismas (conductivas o de barrera); en tal sentido, el Administrado deberá desarrollar y describir el comportamiento hidráulico de las principales fallas dentro del ámbito del presente estudio para conocer las influencias a los diferentes sistemas hidrogeológicos mediante las pruebas hidráulicas desarrolladas en las mismas.
- b. Se caracteriza los parámetros hidrodinámicos de las unidades hidrogeológicas y sus subunidades litológicas y de alteración indicando que se desarrollaron 56 ensayos como se muestra en la Tabla 3.3, de los cuales, no se hace la cita correspondiente de los tipos de ensayos, la ubicación, desarrollo y resultados de los mismos. Así también, se presenta la Tabla 3-4 Parámetros hidráulicos sílice Chaquicocha y Sílice Yanacocha, la cual no presenta una descripción de los resultados y de donde se obtuvieron. En tal sentido, el Administrado deberá presentar los tipos de ensayos, ubicación, desarrollo y resultados obtenidos para los parámetros hidrodinámicos e hidráulicos de las unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio. De no cubrir el área de estudio, complementar las pruebas que validen dichas zonas.
- c. De la tabla 3.3 cada unidad hidrogeológica está dividida en litología/alteración las cuales difieren en algunas con respecto a lo descrito en el ítem 3.3 Alteraciones; por lo que el Administrado deberá uniformizar la caracterización de las alteraciones.
- d. Respecto a las pruebas de bombeo realizadas, solo se menciona que se realizaron las mismas, no se realiza un resumen de las que se ejecutaron; asimismo, no se hace la citación del Apéndice G Resultados de las pruebas de bombeo realizadas en proyecto Yanacocha; en tal sentido, deberá de presentar un resumen de todas las pruebas de bombeo ejecutados, cálculos realizadas para la obtención de parámetros hidráulicos, método utilizado para el cálculo; finalmente hacer las referencias respectivas del desarrollo de las pruebas de bombeo.

Respuesta:

- a. Tal y como se indica en el epígrafe 3.4.1 Unidades Hidrogeológicas del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico, las principales fallas identificadas que presentan un papel relevante en el funcionamiento del flujo subterráneo corresponden a las fallas La Quinua, Carbón y Tapado. Estas fallas configuran una estructura tipo graben, donde el movimiento de unos bloques respecto a otros provoca la discontinuidad hídrica del sistema al hundir el bloque de sílice de La Quinua – El Tapado- El Tapado Oeste, con respecto al bloque de sílice de Yanacocha de forma que no existe continuidad entre estos dos bloques de sílice (Ver Figura ANA 23a-1, Esquema de disposición de las principales estructuras son influencia hidrogeológica).

En esta figura se observa como las fallas de La Quinua y El Carbón independizan el bloque de Yanacocha del bloque de sílice que se explotaba en el tajo de El Tapado. Este hecho, tan bien fue constatado con el registro de los niveles piezométricos pre- mina, donde el salto en el nivel piezométrico entre Yanacocha sur, donde el nivel piezométrico pre-mina estaba en torno a 3800 msnm y el nivel piezométrico en La Quinua, donde el nivel piezométrico pre-mina, estaba entorno a los 3550 msnm, era de más de 250 m.

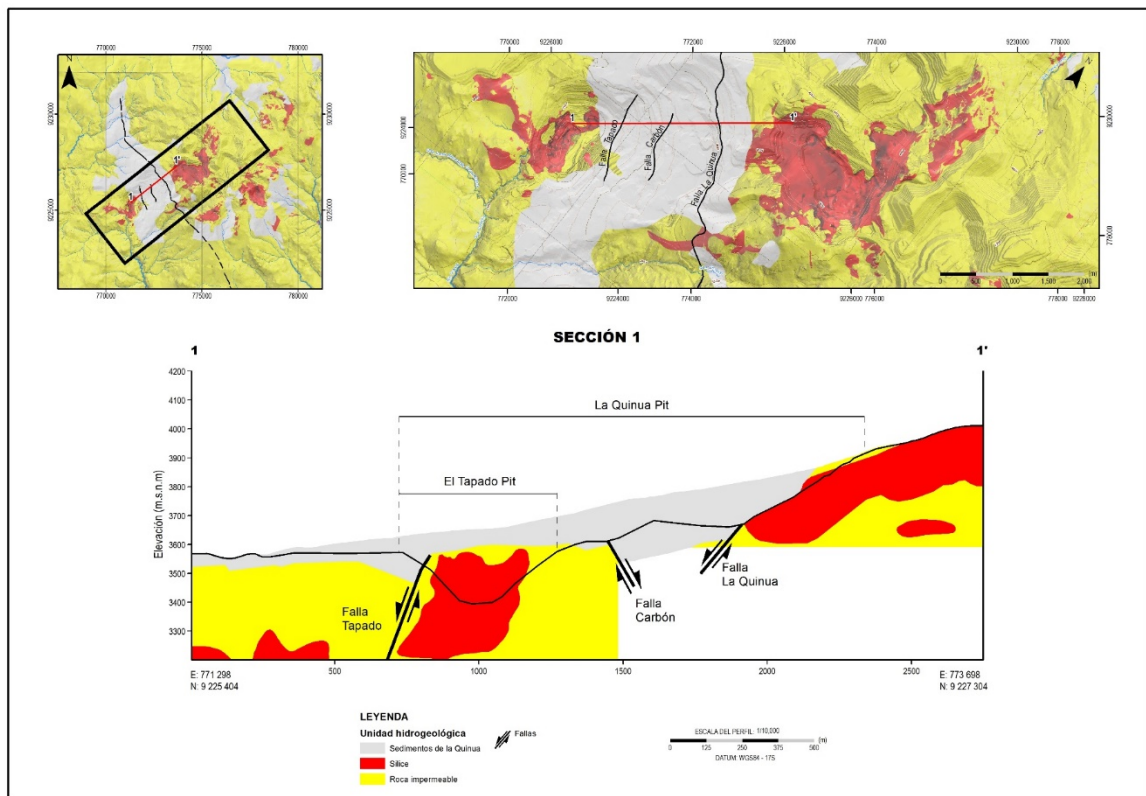
Adicionalmente, esta desconexión se ha confirmado durante la operación de ambos tajos, ya que los bombeos de desagüe que se han efectuado en el Tajo de él Tapado anteriormente y en el Tapado Oeste en los últimos años, no tienen reflejo en los niveles piezométricos de Yanacocha, Como se pone de manifiesto en el registro de niveles piezométricos, ya que pase a que el desaguado en el Tapado Oeste mantiene el nivel piezométrico en torno a 3164 m snm, en la zona de Yanacocha lo niveles se mantienen en torno a 3700 msnm.

Así mismo, la falla del Tapado independiza la sílice que se explotaba en el tajo de El tapado, de la sílice que se explota en el tajo de El Tapado Oeste, como se observa en el citado gráfico.

Adicionalmente, esta desconexión se ha confirmado durante la operación de ambos tajos, ya que los bombeos de desagüe que se han efectuado en el Tajo de él Tapado no tienen reflejo en los niveles piezométricos de Yanacocha.

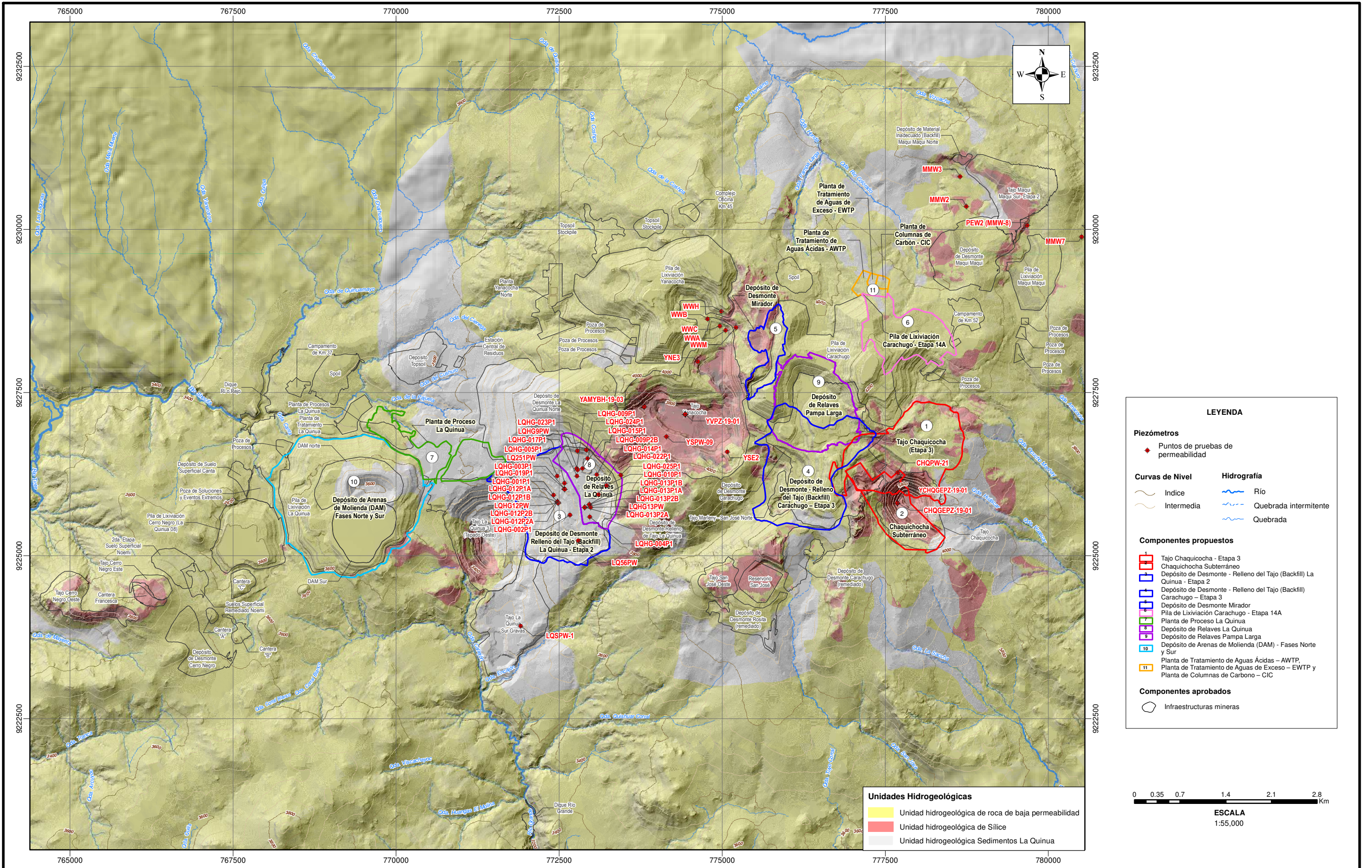
El resto de las fracturas de menor envergadura, presentes en el área de estudio, presentan un comportamiento permeable, lo que confiere mayor permeabilidad a los cuerpos de sílice por porosidad secundaria. Este hecho se comprueba, en el análisis de la evolución histórica de los niveles piezométricos que se presenta en el epígrafe 3.6, donde se observa claramente, que a lo largo de todo el registro histórico, los niveles piezométricos, dentro de cada cuerpo de sílice, se comportan de forma idéntica, cuando comienzan los bombeos, lo que implica que dentro de los cuerpos de sílice las fracturas no generan compartimentación hidráulica y por tanto, no generan ningún efecto barrera que independice distintos sectores.

Figura ANA 23a-1 Esquema de disposición de las principales estructuras son influencia hidrogeológica



- b. En el Apéndice G del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico se presenta toda la información referida a las pruebas de permeabilidad, donde se incluyen los informes detallados que describen las pruebas realizadas, tipo de ensayo, ubicación de los puntos en los que se llevó a cabo las pruebas, habilitación de los puntos ensayados, unidades ensayadas, registro de todos los datos medidos en campo durante la ejecución de las pruebas, métodos de interpretación de los resultados y finalmente valores de parámetros hidráulicos calculados.

Adicionalmente se adjunta una Figura ANA 23b-1, Ubicación de los puntos de pruebas de permeabilidad en la que se muestra la ubicación de los puntos ensayados y la Tabla ANA 23-1, Tabla Resumen ensayos de permeabilidad en la cual se muestra un resumen con los valores obtenidos de permeabilidad, material ensayado y método de ensayo.



LEYENDA

Piezómetros
 ◆ Puntos de pruebas de permeabilidad

Curvas de Nivel
 — Indice
 — Intermedia

Hydrografía
 — Río
 — Quebrada intermitente
 — Quebrada

Componentes propuestos

- 1 Tajo Chaquicocha - Etapa 3
- 2 Chaquicocha Subterráneo
- 3 Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) La Quinua - Etapa 2
- 4 Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo - Etapa 3
- 5 Depósito de Desmonte Mirador
- 6 Pila de Lixiviación Carachugo - Etapa 14A
- 7 Planta de Proceso La Quinua
- 8 Depósito de Relaves La Quinua
- 9 Depósito de Relaves Pampa Larga
- 10 Depósito de Arenas de Molienda (DAM) - Fases Norte y Sur
- 11 Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas - AWTP, Planta de Tratamiento de Aguas de Exceso - EWTP y Planta de Columnas de Carbono - CIC

Componentes aprobados
 ○ Infraestructuras mineras

Unidades Hidrogeológicas

- Unidad hidrogeológica de roca de baja permeabilidad
- Unidad hidrogeológica de Sílice
- Unidad hidrogeológica Sedimentos La Quinua

0 0.35 0.7 1.4 2.1 2.8 Km

ESCALA
1:55,000

| | | | | |
|-----------|----------|--|---|------------------|
| | | UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE PRUEBAS DE PERMEABILIDAD | | |
| | | Fecha: Septiembre, 2020 | Proyecto: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA II MEIA YANACOCHA | Figura ANA 23b-1 |
| Prep.: CQ | Dib.: SA | N° Proy.: 58084 | | |
| Apr.: CS | | N° Tarea: 07 | | |

- c. Se modificará la tabla 3-3 tal y como se muestra a continuación en la Tabla ANA 23-1, Parámetros Hidráulicos de las unidades hidrogeológicas y en el epígrafe 3.3 se incluirá la descripción de la alteración Argílica con la siguiente definición:

Alteración argílica (ARG): Se produce por la alteración hidrotermal de la unidad de andesita, cuando esta se encuentra muy próximas a los centros epitermales. Esta alteración se caracteriza por tener un alto contenido en arcillas que puede suponer hasta el 55% del total de la roca.

Tabla ANA 23-1 Parámetros Hidráulicos de las unidades hidrogeológicas

| Unidad hidrogeológica | Litología/alteración | N° de ensayos | Permeabilidad (m/d) | | | Porosidad (%) | Transmisividad (m ² /d) |
|-------------------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|
| | | | Max. | Media | Min | | |
| Sedimentos de La Quinua | Mudflow Superior | 6 | 5.2 | 8.6x10 ⁻¹ | 4.3x10 ⁻³ | 10 | 2600 - 0.864 |
| | Ferricrete | 10 | 8.6 | 6.4x10 ⁻¹ | 4.3x10 ⁻³ | | |
| | Mudflow inferior | 8 | 8.6x10 ⁻¹ | 6.4x10 ⁻¹ | 8.6x10 ⁻² | | |
| Sílice | Sílice Granular | 16 | 8.6 | 8.6x10 ⁻² | 8.6x10 ⁻³ | 10-may | 3900 |
| | Sílice Masiva | 5 | 3 | 8.6x10 ⁻² | 8.6x10 ⁻³ | | |
| De baja permeabilidad | Sílice alunita | 2 | 3.4x10 ⁻¹ | 1.3x10 ⁻¹ | 8.6x10 ⁻³ | 5 | 605 |
| | Sílice Clay | 4 | 6x10 ⁻² | 3.4x10 ⁻² | 2.2x10 ⁻² | | |
| | Argílica | 4 | 5.2x10 ⁻² | 1.3x10 ⁻³ | 7x10 ⁻⁵ | | |
| | Roca regional | 1 | | 2.6x10 ⁻¹ | | 1 | |

- d. Se adjunta la tabla solicitada (Tabla ANA 23-2, Tabla Resumen ensayos de permeabilidad), la cual será incluida en el documento de línea base. Adicionalmente se incluirá la cita del Apéndice G del del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico en dicho documento.

Tabla ANA 23-2 Tabla Resumen ensayos de permeabilidad

| Pozo | Unidad de alteración | Coor X WGS84 | Coor Y WGS84 | Elevation | K (m/s) | Tipo de prueba | Método de interpretación | Fuente |
|---------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------------|--------------------------|------------------|
| MMW2 | U. H. de Sílice | 778743,86 | 9230352,89 | 3999,26 | 1,00E-04 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| MMW3 | U. H. de Sílice | 778649,92 | 9230812,83 | 3988,04 | 4,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| MMW5 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 780664,42 | 9229941,26 | 4020,00 | 4,00E-07 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| MMW6 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 780742,67 | 9229875,43 | 4014,00 | 7,00E-07 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| MMW7 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 780512,31 | 9229887,21 | 4020,00 | 3,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| PEW2 (MMW-8) | U. H. de Sílice | 779677,83 | 9230060,94 | 4022,12 | 6,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1995 |
| WWA | U. H. de Sílice | 775051,50 | 9228451,12 | 3932,10 | 1,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1996 |
| WWB | U. H. de Sílice | 774777,78 | 9228628,67 | 3945,89 | 1,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1996 |
| WWC | U. H. de Sílice | 774966,04 | 9228519,12 | 3940,98 | 6,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1996 |
| YNE3 | U. H. de Sílice | 774628,00 | 9227972,67 | 3960,84 | 2,00E-06 | Prueba de bombeo | Cooper | WMC, 1996 |
| YSE2 | U. H. de Sílice | 775079,82 | 9226594,14 | 4073,66 | 1,00E-07 | Prueba de bombeo | Cooper | WMC, 1996 |
| WWH | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 774988,24 | 9228748,25 | 3993,52 | 4,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1998b |
| WWM | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 775212,14 | 9228497,87 | 3998,76 | 2,00E-06 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | WMC, 1998b |
| LQHG-001P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772415,55 | 9225929,75 | 3690,75 | 4,50E-07 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-002P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772666,35 | 9225623,96 | 3730,80 | 2,50E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-003P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772580,85 | 9226025,15 | 3763,90 | 1,00E-07 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-004P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772969,20 | 9225593,99 | 3708,29 | 8,00E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-005P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772583,65 | 9226114,15 | 3767,40 | 7,40E-07 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-010P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 773229,30 | 9226076,62 | 3821,49 | 7,10E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-022P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 773104,24 | 9225937,85 | 3822,20 | 3,20E-09 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-009P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772769,65 | 9226336,35 | 3811,70 | 2,40E-07 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-009P2B | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772858,15 | 9226336,75 | 3830,50 | 1,00E-05 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |

| Pozo | Unidad de alteración | Coor X WGS84 | Coor Y WGS84 | Elevation | K (m/s) | Tipo de prueba | Método de interpretación | Fuente |
|-------------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------------|--------------------------|------------------|
| LQHG-012P1A | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772483,65 | 9225816,26 | 3653,76 | 8,70E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-012P1B | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772483,65 | 9225816,26 | 3714,09 | 1,30E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-012P2A | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772476,85 | 9225830,46 | 3652,26 | 1,00E-05 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-012P2B | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772476,85 | 9225830,46 | 3714,46 | 9,30E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-013P1A | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772964,74 | 9225783,45 | 3744,00 | 3,00E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-013P1B | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772963,24 | 9225783,25 | 3744,00 | 3,90E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-013P2A | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772893,44 | 9225740,46 | 3711,35 | 5,00E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-013P2B | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772893,44 | 9225740,46 | 3797,61 | 5,60E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-014P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 773077,34 | 9226239,35 | 3901,30 | 1,70E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-015P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 772937,35 | 9226491,85 | 3841,70 | 3,10E-07 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-017P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772774,25 | 9226219,45 | 3810,70 | 1,00E-05 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-019P1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772589,45 | 9226018,85 | 3763,70 | 6,40E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-023P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 772780,79 | 9226607,73 | 3808,80 | 1,40E-06 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-024P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 772918,92 | 9226622,30 | 3851,87 | 1,20E-05 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQHG-025P1 | U.H. de rocas de baja permeabilidad | 773448,04 | 9226237,54 | 3871,48 | 8,30E-08 | Slug test | Hvorslev | Golder WMC, 2000 |
| LQ56PW | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772793,56 | 9225229,25 | 3695,70 | 1,00E-04 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | Golder WMC, 2000 |
| LQ251PW | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772472,65 | 9226220,75 | 3759,70 | 6,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | Golder WMC, 2000 |
| LQHG9PW | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772783,35 | 9226315,85 | 3811,97 | 5,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | Golder WMC, 2000 |
| LQHG13PW | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772983,34 | 9225738,86 | 3796,70 | 2,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | Golder WMC, 2000 |

| Pozo | Unidad de alteración | Coor X WGS84 | Coor Y WGS84 | Elevation | K (m/s) | Tipo de prueba | Método de interpretación | Fuente |
|----------------|-------------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|
| LQHG12PW | U. H. Sedimentos de La Quinua | 772488,05 | 9225807,46 | 3723,90 | 3,00E-05 | Prueba de bombeo | Hantush - Bierschenk | Golder WMC, 2000 |
| CHQPW-21 | U. H. de Sílice | 777693,00 | 9226275,00 | 3965,50 | 6,48E-05 | Prueba de bombeo | Jacob - Dupuit | WSP Parsons Brinckerhoff, 2016 |
| YSPW-09 | U. H. de Sílice | 774145,00 | 9226826,00 | 3774,30 | 7,52E-05 | Prueba de bombeo | Jacob - Dupuit | WSP Parsons Brinckerhoff, 2016 |
| YSPW-09 | U. H. de Sílice | 774145,00 | 9226826,00 | 3774,30 | | Recuperación | Jacob - Dupuit | WSP Parsons Brinckerhoff, 2016 |
| YAMYBH-19-03 | U. H. de Sílice | 773805,98 | 9227284,89 | 3827,30 | 1,52E-08 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YAMYBH-19-04 | U. H. de Sílice | 773805,98 | 9227284,89 | 3827,30 | 2,35E-08 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YAMYBH-19-05 | U. H. de Sílice | 773805,98 | 9227284,89 | 3827,30 | 1,08E-07 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YVPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 774435,18 | 9227170,26 | 3791,70 | 2,59E-06 | Slug test | Cooper-Jacob | WSP Perú S.A., 2019 |
| YVPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 774435,18 | 9227170,26 | 3791,70 | 3,69E-08 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YVPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 774435,18 | 9227170,26 | 3791,70 | 2,89E-08 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YVPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 774435,18 | 9227170,26 | 3791,70 | 1,24E-07 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| YCHQGEPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 777687,87 | 9225806,44 | | 1,94E-03 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| CHQGEPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 777687,87 | 9225806,44 | 3669,34 | 2,76E-01 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| CHQGEPZ-19-01 | U. H. de Sílice | 777687,87 | 9225806,44 | 3669,34 | 1,67E-01 | Slug test | Hvorslev | WSP Perú S.A., 2019 |
| LQSPW-1 | U. H. Sedimentos de La Quinua | 771911,65 | 9223922,74 | 3783,19 | 2,47E-06 | Prueba de bombeo | Jacob - Dupuit | SWS, 2012 |

Observación 24

Respecto al funcionamiento hidrogeológico del sistema se tiene lo siguiente:

a. Describe el funcionamiento hidrogeológico de cada uno de los siete (7) subsistemas hidrogeológicos, donde se detalla la extensión de cada uno, las unidades hidrogeológicas que las conforman, zonas o medios de recarga (infiltración del agua de lluvia, transferencia lateral) y principales zonas de salida de cada subsistema (descarga hacia los ríos, evaporación y transferencia lateral). En cuanto a las Tablas 3-5, 3-6, 3-7, 3-8, 3-9, 3-10 y 3-11 que donde se muestran los balances de agua en los subsistemas Maqui/Maqui/Arnacocha, Carachugo/Chaquicocha, San José, Yanacocha (Norte y Sur-Oeste), Sílice La Quinua-El Tapado-El Tapado Oeste, Sedimentos de La Quinua y Cerro Negro respectivamente, solo se muestra las principales fuentes y flujos de entrada y salida de los subsistemas, para el caso de las transferencias laterales (entrada y salida) no se detallan de donde provienen y a donde van estas. De la misma manera como ocurre con las salidas a través de los ríos; por lo tanto, el Administrado deberá de presentar la descripción (informe y tablas) e ilustración (mapas y secciones) de donde provienen y a donde van las transferencias laterales, a que ríos descargan los flujos de agua subterránea de ser el caso para cada subsistema hidrogeológico.

b. Las secciones hidrogeológicas de las Figuras 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 y 3.25 deberán mostrar las unidades hidrogeológicas caracterizadas, piezómetros utilizados para la determinación del nivel de agua subterránea para cada subsistema, así mismo, utilizar la línea continua para mostrar los niveles de agua corroborados por mediciones y línea discontinua para las zonas donde se infiera dichos niveles de agua.

Respuesta:

a. En el Anexo F, Estudio Hidrogeológico en el epígrafe 3.5 Funcionamiento del sistema Hidrogeológico indica que en el texto de la descripción del funcionamiento de cada uno de los subsistemas la quebrada que constituye la principal vía de salida, siempre y cuando corresponde, ya que no todos los bloques de sílice tienen descarga directa a quebradas. En los perfiles hidrogeológicos 3.12 a 3.25 se incluyen las direcciones de flujo que indican de donde provienen los flujos y a donde se dirigen. Se incluyen dos secciones por subsistema, longitudinal y transversal, de forma que se muestran las direcciones de flujo en ambos sentidos. En los mapas piezométricos 3.4 y 3.5 se muestran las direcciones de flujo de forma conjunta porta todo el sistema hidrogeológico de Yanacocha para época seca y época húmeda respectivamente.

La transferencia lateral de entrada hace referencia al paso de agua subterránea desde la U. H. de roca de baja permeabilidad a la U.H del cuerpo de sílice encada uno de los subsistemas, mientras que la transferencia lateral de salida hace referencia al paso de agua subterránea desde la U.H. Hidrogeológica de sílice a la U.H de roca impermeable, tal y como se describe en el texto del citado epígrafe.

No obstante, para mayor aclaración se muestra la siguiente Figura ANA 24a-1, Esquema explicativo de las principales direcciones de flujo en los subsistemas hidrogeológicos, en el que se sintetizan los flujos de agua subterránea.

Adicionalmente en la Tabla ANA 24-1, Balance de aguas de los subsistemas en régimen natural se incluye la mención expresa de la quebrada a través de la cual se produce la descarga, tal y como se indica en el texto.

b. En el Apéndice ANA 24-1, Perfiles hidrogeológicos se muestra los perfiles hidrogeológicos con las modificaciones solicitadas, los mismos que serán incluidos en el Anexo F-5 Estudio Hidrogeológico.

Tabla ANA 24-1 Balance de aguas de los subsistemas en régimen natural

Balance de agua en el subsistema Maqui Maqui/Arnacocha

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 3,129 | 7,646 |
| | Transferencia lateral | 4,517 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (río Colorado, Qda Arnacocha) | 4,309 | 7,646 |
| | Evapotranspiración | 0,5 | |
| | Transferencia lateral | 3,337 | |

Balance de agua en el subsistema Chaquicocha/Carachugo

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 7,510 | 17,649 |
| | Transferencia lateral | 10,140 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Chaquicocha, La Saccha) | 16,473 | 17,647 |
| | Evapotranspiración | 0,3 | |
| | Transferencia lateral | 1,173 | |

Balance de agua en el subsistema San José

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 1,750 | 2,907 |
| | Transferencia lateral | 1,157 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Quebrada Encajón) | 1083 | 2,907 |
| | Evapotranspiración | 0,2 | |
| | Transferencia lateral | 1,823 | |

Balance de agua en el subsistema Yanacocha

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 7,490 | 11,960 |
| | Transferencia lateral | 4,470 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qdas río Colorado) | 893,0 | 11,960 |
| | Evapotranspiración | 0,79 | |
| | Transferencia lateral | 11,1 | |

Balance de agua en el subsistema de Sílice La Quinoa- El Tapado- El Tapado Oeste

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 4,395 | 31,649 |
| | Transferencia lateral | 27,254 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qda Callejón) | 17,843 | 31,649 |
| | Evapotranspiración | 0,5 | |
| | Transferencia lateral | 13,806 | |

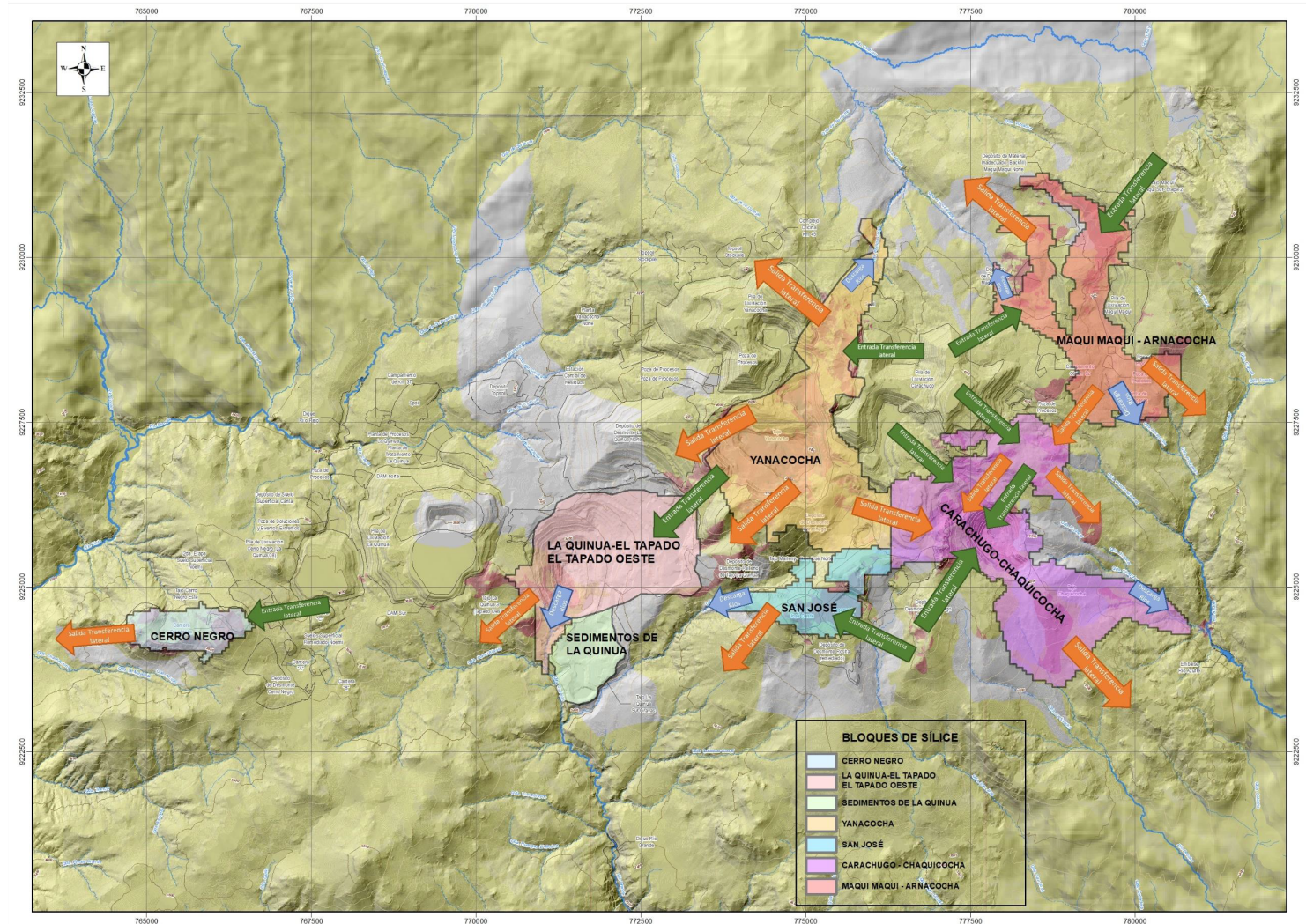
Balance de agua en el subsistema de La Quinoa

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 241 | 5,469 |
| | Transferencia lateral | 5,229 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | 0,0 | 5,469 |
| | Evapotranspiración | 0,0 | |
| | Transferencia lateral | 5,469 | |

Balance de agua en el subsistema Cerro Negro

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 818 | 856 |
| | Transferencia lateral | 37,00 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | - | 856 |
| | Evapotranspiración | - | |
| | Transferencia lateral | 856 | |

Figura ANA 24a-1, Esquema explicativo de las principales direcciones de flujo en los subsistemas hidrogeológicos



Observación 25

Respecto al análisis de la evolución histórica de los niveles piezométricos se tiene lo siguiente: En el ítem 3.6 describe de manera adecuada la evolución de los niveles piezométricos en las distintas áreas operativas como son: Área operativa de Maqui Maqui, Área operativa de Chaquicocha, Área operativa de Yanacocha Norte, Área operativa de Yanacocha Sur, Área operativa de La Quinoa, Área operativa de La Quinoa 2, Área operativa de La Quinoa 3, Área operativa de La Quinoa Sur y Área operativa de Cerro Negro, que se muestran en los gráficos 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7 y 3-8 respectivamente. El Administrado deberá agregar la leyenda de los piezómetros en las gráficas citadas 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7 y 3-8. Así también, adjuntar la versión editable de la base de datos para la elaboración de los mismos.

Respuesta:

A continuación se muestra los gráficos solicitados en los que se incluyen la leyenda. Así mismo, se enviará un link en el cual se muestra en formato editable. En el caso de La Quinoa, el gráfico 3.5 se ha dividido en dos gráficos para que la leyenda sea legible.

Figura ANA25-1 Evolución histórica de niveles piezométricos en Maqui Maqui

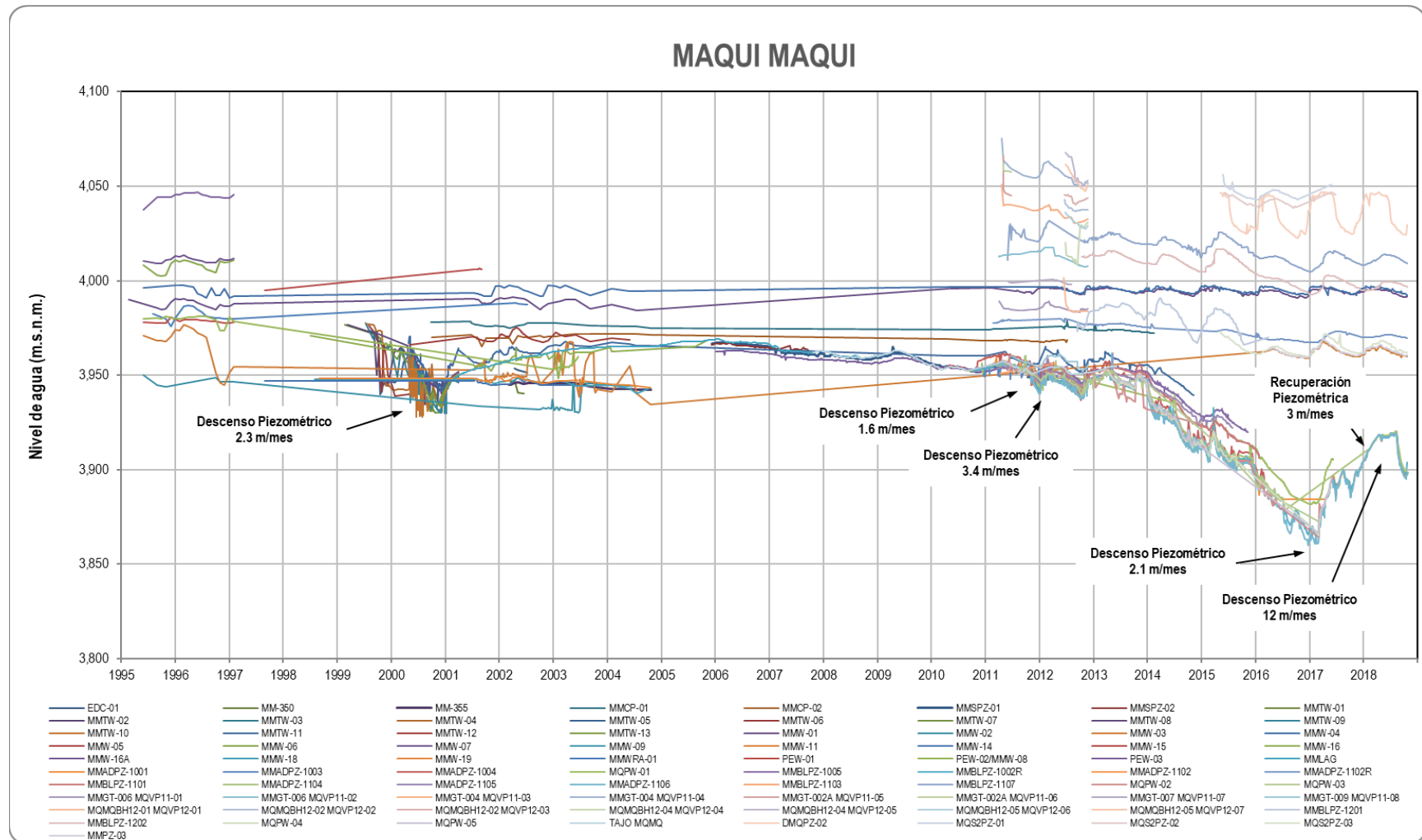


Figura ANA 25-2 Evolución histórica de niveles piezométricos en Chaquicocha

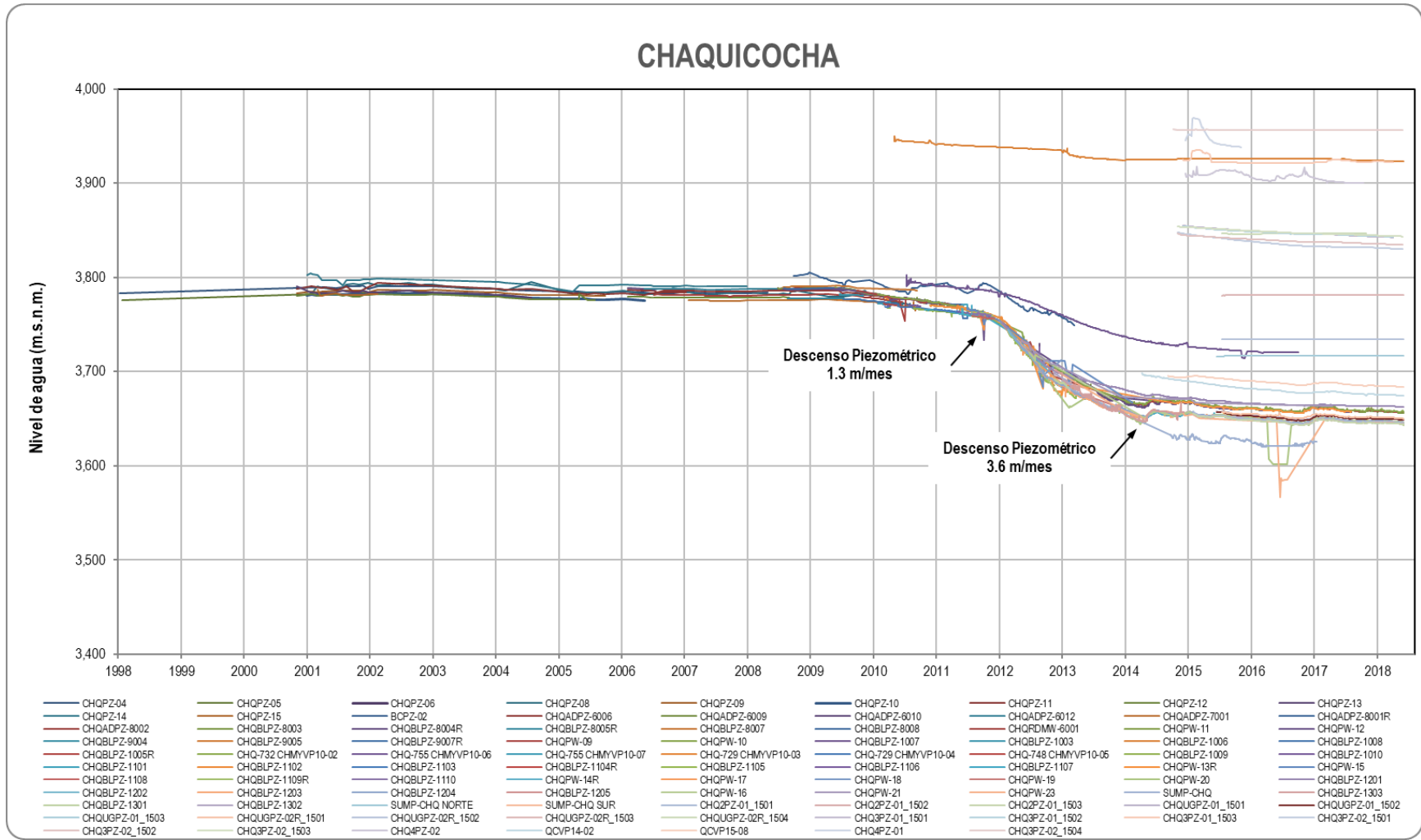


Figura ANA 25-3 Evolución histórica de niveles piezométricos en Yanacocha Norte

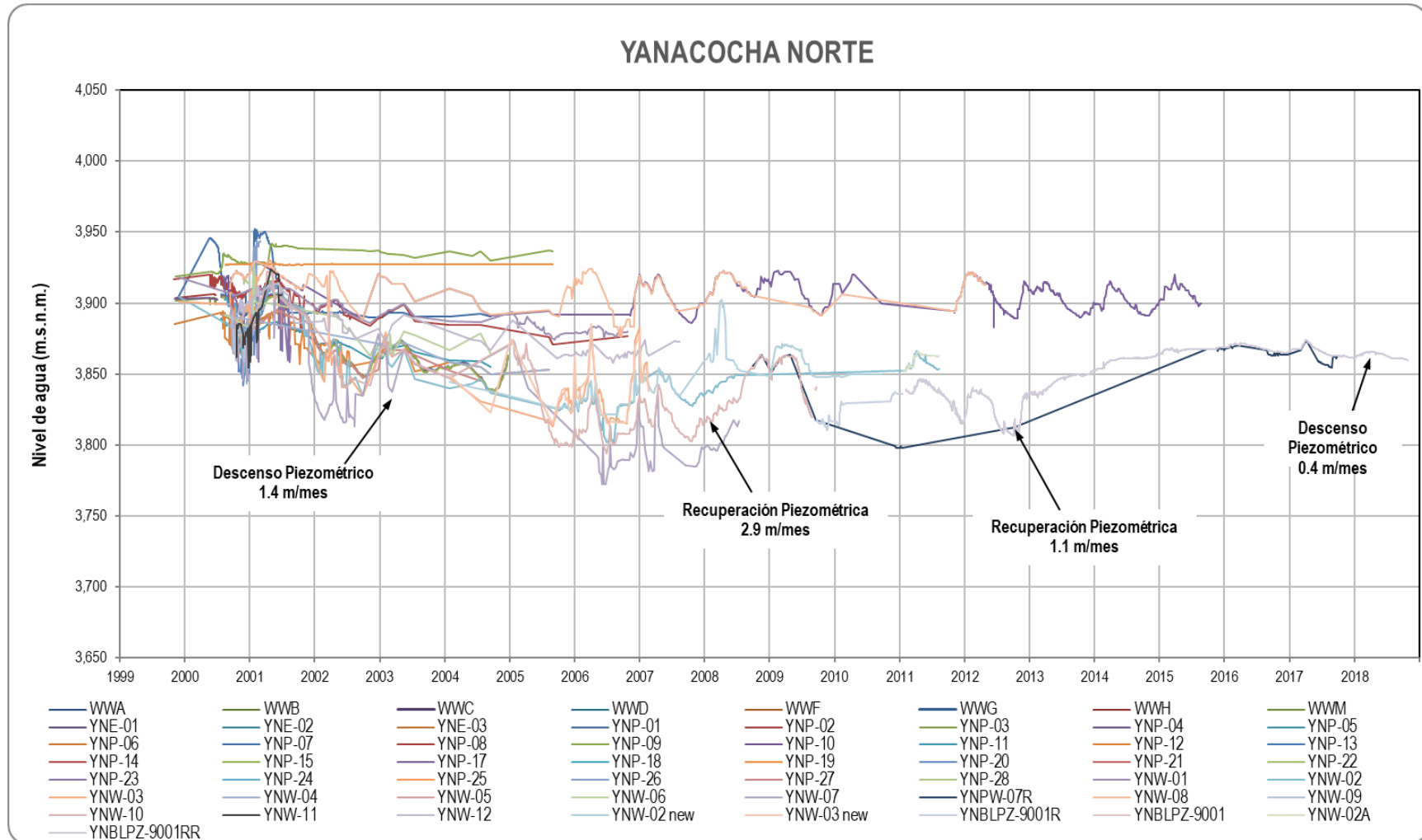


Figura ANA 25-4 Evolución histórica de niveles piezométricos en Yanacocha Sur

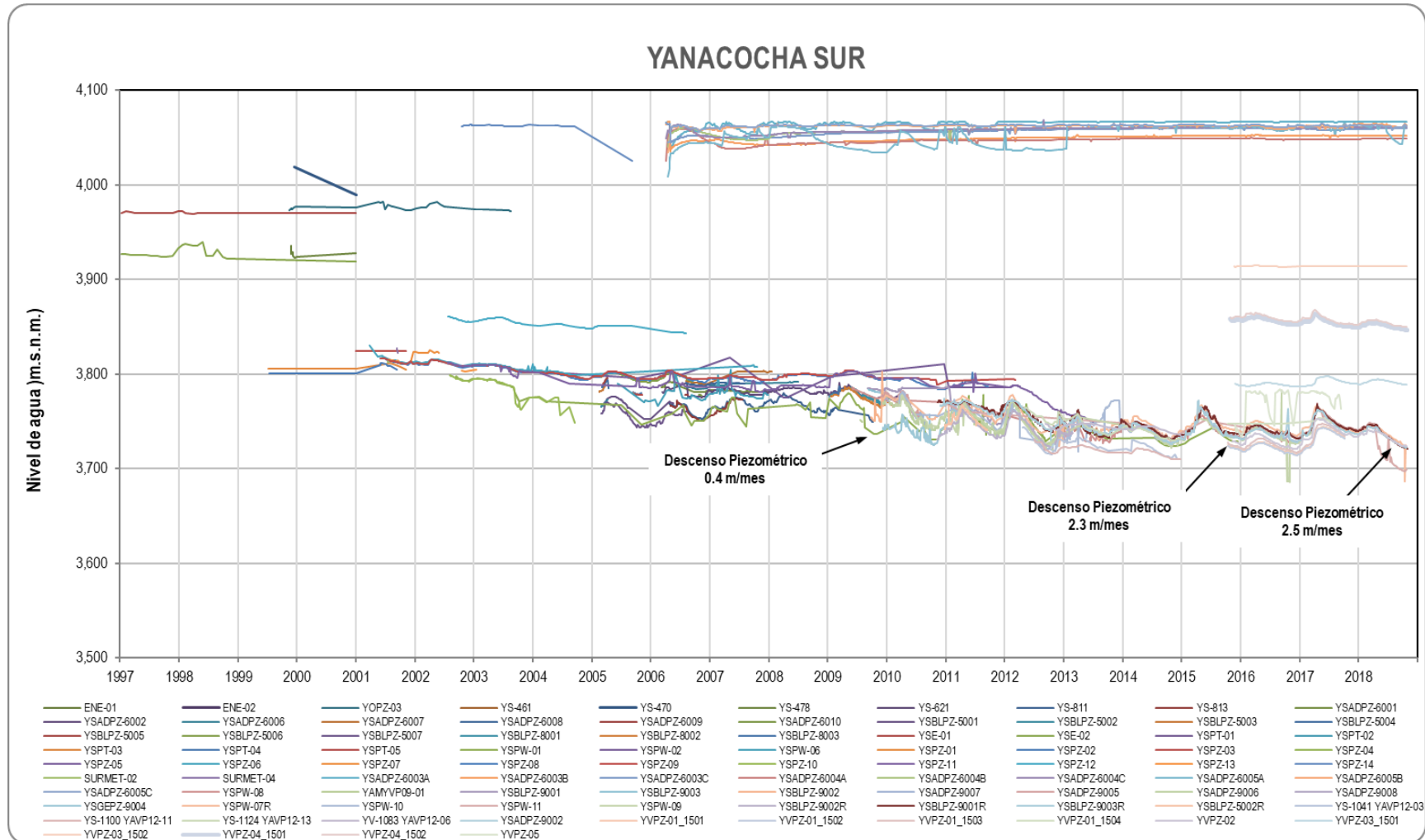
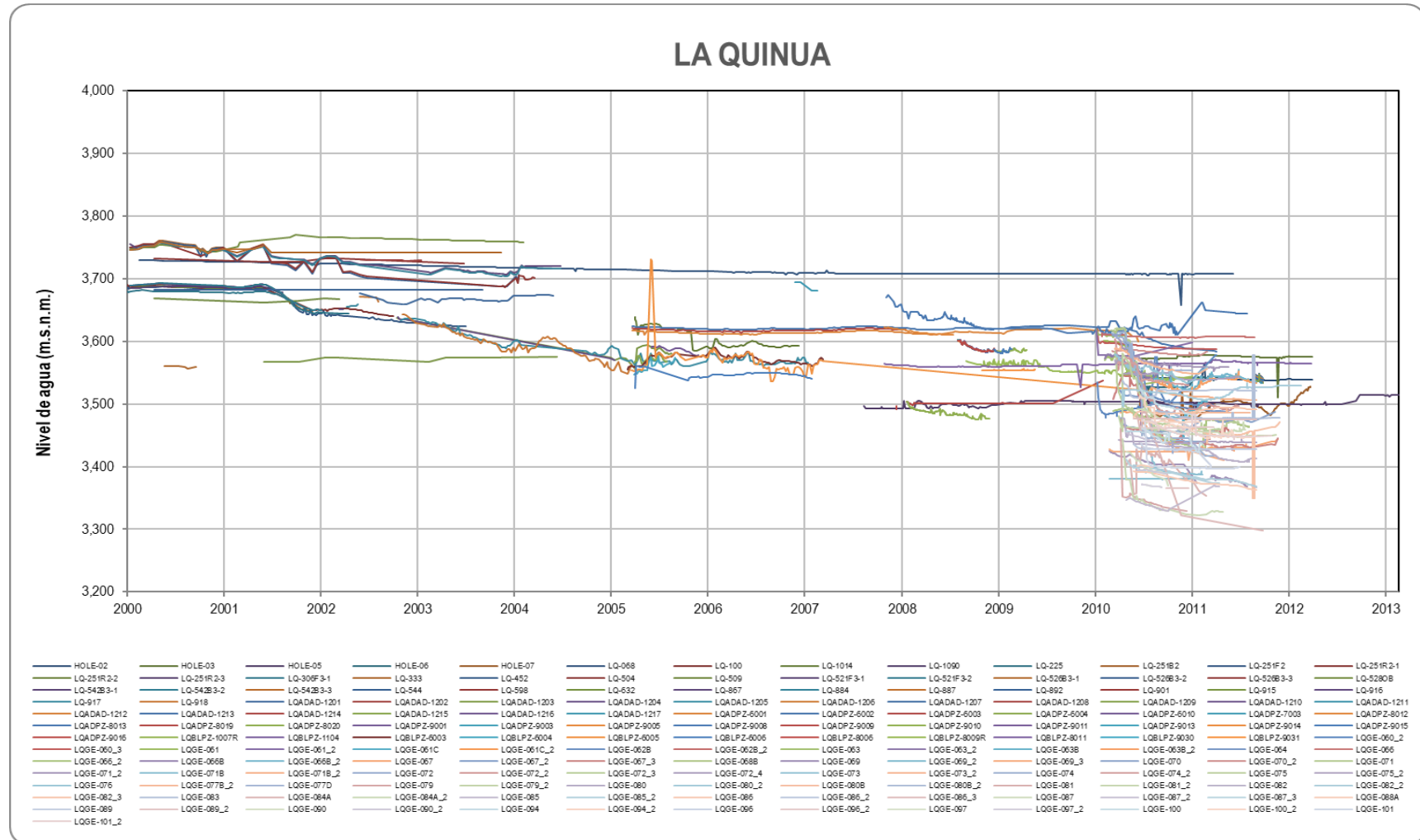


Figura ANA25-5 Evolución histórica de niveles piezométricos en La Quinua



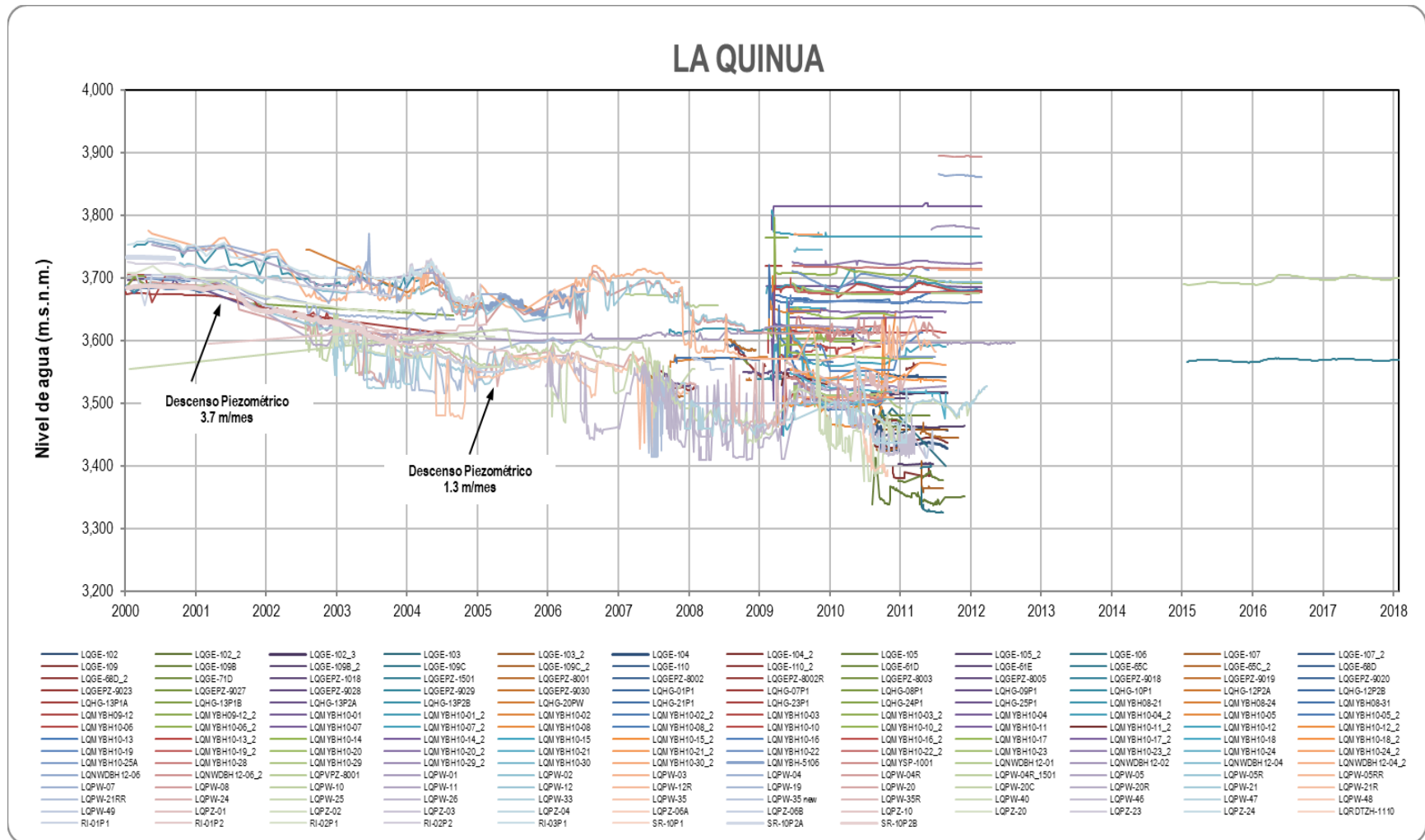


Figura ANA 25-6 Evolución histórica de niveles piezométricos en La Quinua 2 (Tapado)

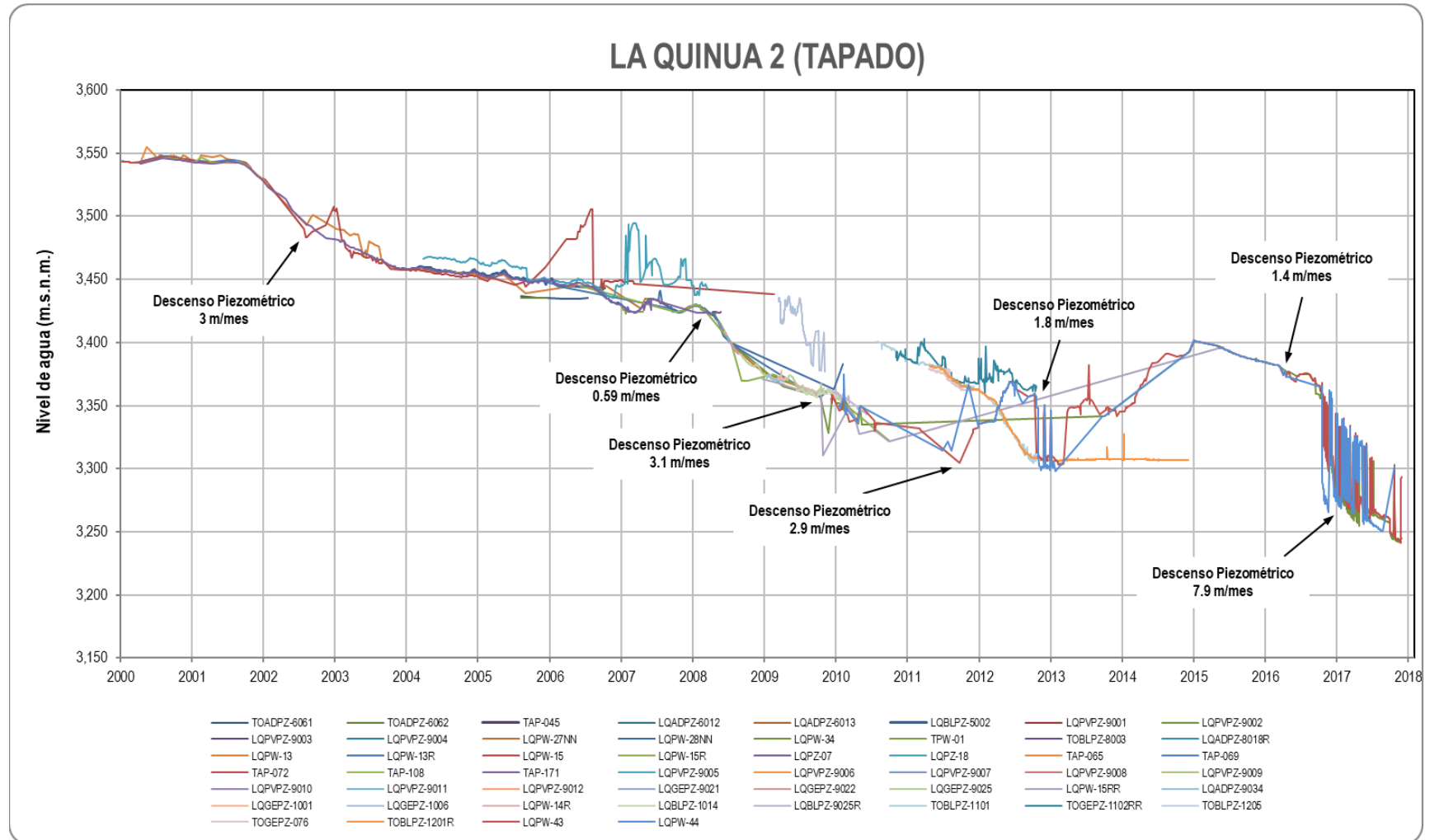


Figura ANA 25-8 Evolución histórica de niveles piezométricos en La Quinoa Sur Gravas

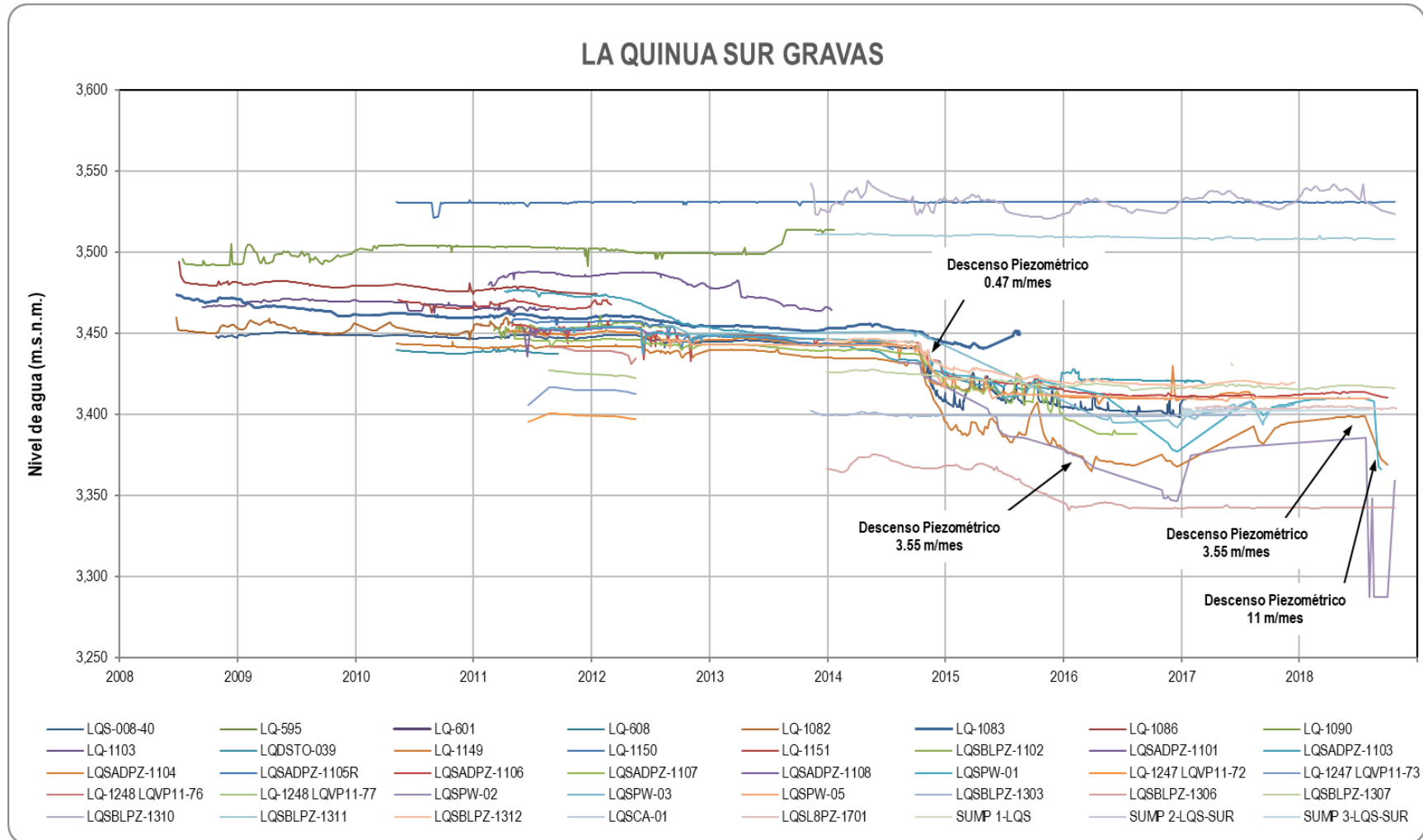
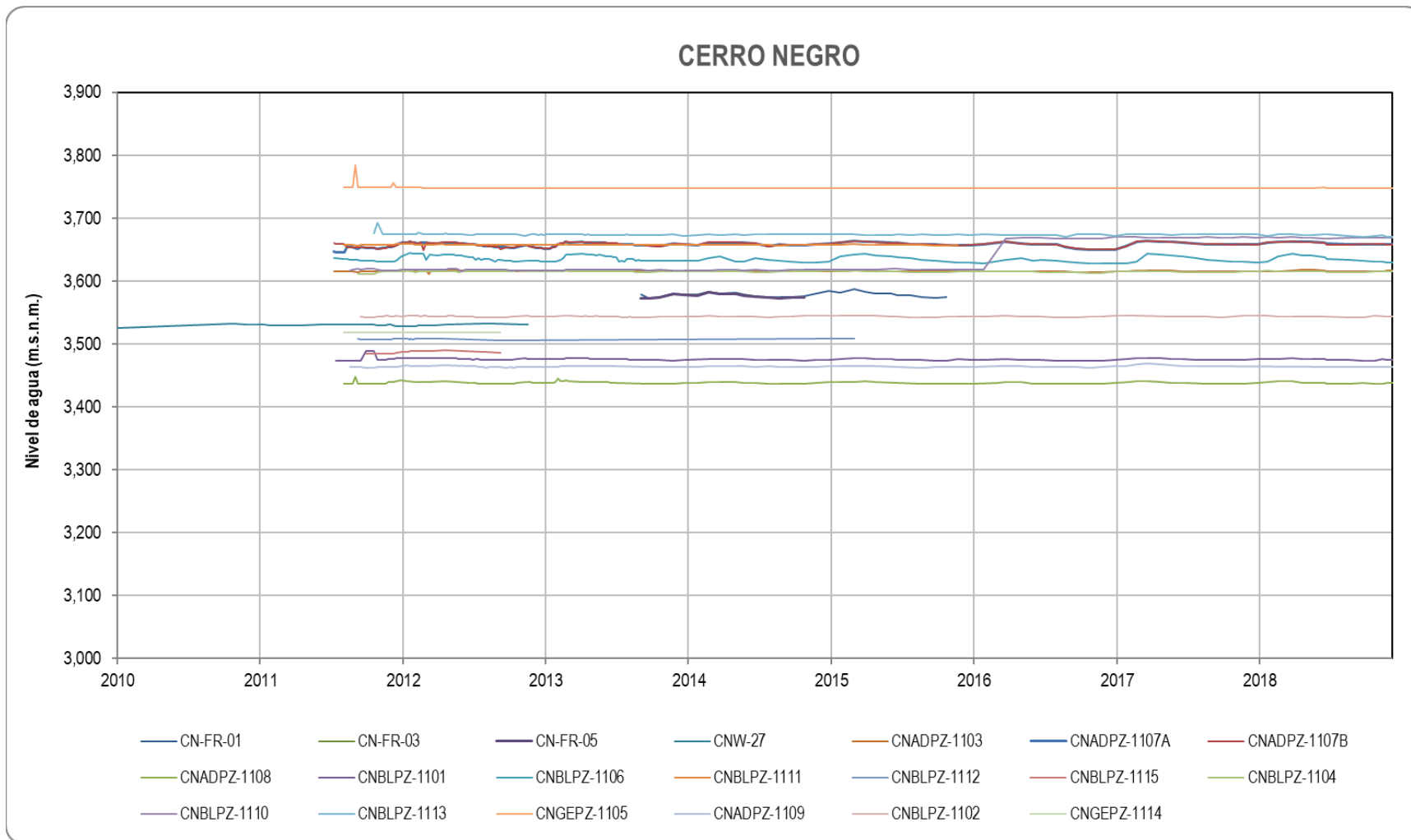


Figura ANA 25-9 Evolución histórica de niveles piezométricos en Cerro Negro



Observación 26

Respecto a la caracterización hidroquímica del agua subterránea se tiene lo siguiente:

a. Se detalla la caracterización hidroquímica de manantiales y filtraciones los tres principales sectores, se citan el Apéndice D (Tablas 3-18 y Tabla 3-19) y (Tabla 3-21 y Tabla 3-22) los cuales no se encuentran en el estudio presentado; así mismo, el Anexo D no corresponde a hidroquímica o calidad de agua; por lo que deberá de incorporar las tablas 3-18, 3-19, 3-21 y 3-22 y citar el Apéndice adecuado.

b. Se cita "La Tabla 3-24, Tabla 3-25 y Tabla 3-26 y presentan un resumen de los parámetros fisicoquímicos identificados en cada uno de los piezómetros y pozos existentes en los diferentes sectores que conforman el proyecto para el periodo de información de calidad disponible (1994-2019)"; para lo cual, no se muestran en él, las tablas citadas, por lo que deberá de incorporar las tablas 3-24, 3-25 y 3-26 y citar el Apéndice adecuado.

c. De acuerdo al análisis de la evolución histórica de los iones mayoritarios presentes en las aguas subterráneas, se presentan las figuras de 3-30 a 3-50 la variación en tiempo de iones mayoritarios, los cuales se expresan en mg/L, cuando deberían estar en meq/L o mmol/L, por lo que deberá de aclarar la unidad utilizada para el análisis de la evolución histórica de los iones mayoritarios en las figuras de 3-30 a 3-50.

d. Para el análisis de evolución del pH se ha empleado valores de campo y laboratorio como se indica en el ítem 3.9.2.3, "a fin de disponer de información suficiente para observar tendencias en la evolución del parámetro"; sin embargo, el pH es un parámetro de campo y adicionar valores del laboratorio podría generar mayores fluctuaciones, por lo que deberá de presentar el detalle de cuales fueron los puntos en donde se consideró pH de campo y pH de Laboratorio.

e. En la figura 3.51 EVOLUCIÓN TEMPORAL EN EL SECTOR ESTE (pH), se observa que en 2001 el pH del punto de monitoreo MMOW5 es ligeramente superior a 11, donde se presenta dicha característica debido a el tipo de alteración donde se encuentra (Alteración Propilítica), por lo que deberá de desarrollar una mayor explicación; además, elaborar un mapa donde se muestre sobre qué tipo de litología o alteración se encuentra ubicada cada muestra estación de monitoreo.

f. En el ítem 3.9 Caracterización Hidroquímica del agua subterránea no se desarrolla la caracterización de tipos de agua, la cual nos indica que tipo de familias de agua están presentes en los distintos sectores del ámbito de estudio, por lo que deberá presentar el desarrollo de la caracterización de tipos de agua presentes en el área de estudio y poder realizar la relación con los manantiales próximos a los pozos y piezómetros.

Respuesta:

- a) En el Apéndice ANA 26a-1, Comparativa de la información hidroquímica de las fuentes de agua con la ECA-3 se muestran las tablas mencionadas, los mismos que se encuentran en el Apéndice D COMPARATIVA DE LA INFORMACIÓN HIDROQUÍMICA DE LAS FUENTES DE AGUA CON LA ECA-3 del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico.
- b) En el Apéndice ANA 26b-1, Control de calidad de resultados de laboratorio y parámetros fisicoquímicos de aguas subterráneas (pozos y piezómetros) se muestran las tablas mencionadas, los mismos que se encuentran en el Apéndice E CONTROL DE CALIDAD DE RESULTADOS DE LABORATORIO Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (POZOS Y PIEZÓMETROS) del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico.

- c) Las gráficas de la 3-30 a la 3-50 se presentan en mg/L, tal y como se indica en el eje de ordenadas de dichas gráficas. La unidad de concentración utilizada es la misma en la que se obtienen los resultados de laboratorio. En la normativa peruana, no se determina cual debe ser la unidad de concentración utilizada para presentar los resultados de calidad química de las muestras y por lo tanto, se ha optado por presentar los gráficos utilizando la unidad de medida más común y frecuentemente usada.
- d) Se adjuntan los gráficos 3.51, 3.52 y 3.53 de pH solicitados en los que se distingue mediante una simbología diferente los valores de pH medidos en campo y los valores de pH medidos en laboratorio. Como se observa en los gráficos, los valores medidos en campo son consistentes con los valores tomados en laboratorio, lo que permite analizar de forma conjunta dicha información. Ver Apéndice ANA 26d-1, Gráficos de pH.
- e) El mapa 3.8 Estaciones de muestreo hidroquímico, muestra la ubicación de todas las estaciones que disponen de información de calidad de agua subterránea en el área operativa de Yanacocha.
El punto MMW05, tal y como se muestra en dicho mapa se encuentra sobre la unidad hidrogeológica de rocas de baja permeabilidad, y en concreto sobre materiales de alteración propilítica. El valor de pH próximo a 11, registrado en el año 2001, fue un registro puntual, que probablemente se deba a un error en la toma de muestra, posiblemente, derivado de un purgado deficiente del piezómetro, por lo que la muestra tomada correspondería a aguas almacenadas dentro del tubo del piezómetro y no a aguas fresca circulantes en el acuífero. Este registro no se mantiene en el tiempo, e incluso se alterna con valores de pH entre 6 y 7, que son más significativos del material geológico sobre el que se ubica.
- f) En el epígrafe 3.9.2 Calidad de las aguas subterráneas del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico, se describe detalladamente la calidad del agua subterránea, por sectores, en cada uno de ellos se define las familias químicas presentes en cada zona y su relación con la hidrología de la zona. No obstante, se ha adicionado los gráficos de Piper distribuidos por sectores y separados por años para facilitar su comprensión en el Apéndice ANA 26f-1, Gráficos de Piper los mismos que se encuentran en el Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico.

Observación 27

Respecto al modelo numérico hidrogeológico se tiene lo siguiente:

a. Respecto al cálculo de la recarga efectiva, para el modelo el régimen estacionario (régimen natural), se indica que se aplicó un coeficiente de infiltración sobre el valor de la precipitación promedio de las cuatro estaciones consideradas, como se observa en la tabla 4-3 y Figura 4.15, de lo indicado, deberá de incluir en la Tabla 4-3 y figura 4.15 la tasa de recarga asignada al modelo numérico.

b. Tomando la referencia de la observación del literal "a" para el caso de Coeficientes de infiltración con los que se simula las principales infraestructuras mineras Tabla 4-5, deberá de incluir en la Tabla 4-5 la tasa de recarga al modelo numérico.

c. Del modelo numérico solo se describe las condiciones de borde de tipo dren y río, pero no se mencionan otras condiciones que representen las zonas de transferencia lateral que se describen en el Funcionamiento hidrogeológico del sistema, por lo que deberá especificar de ser el caso otras condiciones de borde que fueron adecuados a los presentes modelos (estacionario y transitorio).

d. Del modelo numérico no se especifica los valores de permeabilidad utilizados para la calibración del mismo, solo se muestran en las Figuras 4.16, 4.17 y 4.18, donde el nombre a cada zona de permeabilidad difiere con lo desarrollado en el sub-ítem 3.4.2, así mismo atendiendo la observación respecto a las características hidrogeológicas literal "c", deberá de uniformizar términos conceptuales y los usados para la definición de zonas en el modelo numérico.

e. En cuanto a la calibración de régimen estacionario, se muestra la calibración respecto a los niveles de agua, lo que no sucede respecto a los flujos de entrada y salida del sistema (balance de masas), por lo que deberá mostrar el balance de masas detallado resultante de la simulación en régimen estacionario y ser contrastado con el balance conceptual por cada subsistema hidrogeológico del presente estudio, considerando la observación sobre el funcionamiento hidrogeológico del sistema.

f. Respecto a la Simulación Transitoria, se describe que se realizaron ajustes a los valores de Permeabilidad (Bloque de sílice Yanacocha y la Quinoa 3); asimismo, en la tabla 4-6, se muestra la variación respecto a la permeabilidad calibrada en la I MEIA referida al bloque de Sílice de la Quinoa 3, donde indica que varía de 20 m/d a 5 m/d que corresponde a la II MEIA, de lo indicado deberá realizar un análisis de sensibilidad a las permeabilidades para poder determinar en qué medida puede presentar una variación de niveles y flujos.

g. Se asigna valores de coeficiente de almacenamiento a las distintas Unidades Hidrogeológicas, de lo presentado, deberá presentar un mapa de distribución de coeficiente de almacenamiento en las 3 capas numéricas con sus valores asignados.

h. Para la simulación en régimen transitorio se entiende que se implementaron al modelo numérico pozos de bombeo en los distintos sectores de operación, los cuales no se muestran en ninguna referencia, sea tabla o mapa que contenga ubicación, características de los pozos y régimen de bombeo. Al respecto, el Administrado deberá presentar las tablas resumen de los pozos de bombeo implementados al modelo numérico para en régimen estacionario.

i. Para la estimación del impacto sobre caudal base, en la Tabla 4-9, presenta el valor del impacto aprobado en el I MEIA para cada uno de los puntos del control del modelo en L/s, también indica que no hay un incremento respecto a los flujos de caudal base para el presente estudio. Al respecto, el Administrado deberá adicionar en la tabla 4-9 los flujos resultantes para cada punto de control del modelo para la II MEIA de Yanacocha, para así sustentar la afectación al caudal base.

j. Para la simulación de transporte de contaminantes se consideraron los componentes que no cuentan con una impermeabilización como es el caso de los Depósito de Desmonte – Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo – Etapa 3, Depósito de Desmonte Mirador y Depósito de Desmonte Relleno del Tajo (Backfill) La Quinua - Etapa 2, así también el tajo Chaquicocha – Etapa 3 y Chaquicocha subterráneo. No se consideraron los componentes como la Pila de Lixiviación Carachugo - Etapa 14A, Depósito de Relaves La Quinua y Depósito de Relaves Pampa Larga porque estos se encuentran impermeabilizados. Para lo cual, el Administrado deberá hacer la simulación de transporte de contaminantes ante una posible falla del sistema de impermeabilización de los componentes Pila de Lixiviación Carachugo - Etapa 14A, Depósito de Relaves La Quinua y Depósito de Relaves Pampa Larga, mediante ello, se podrá determinar el posible impacto a las fuentes de agua subterránea dentro y próximos al área de estudio.

k. Finalmente, el administrado deberá de presentar los archivos editables en formato (.gww) para las distintas simulaciones numéricas realizadas (escenarios estacionario y transitorio), así mismo las carpetas con los ficheros resultantes de cada modelo, incluidos los de transporte de contaminantes, para poder validar la información requerida.

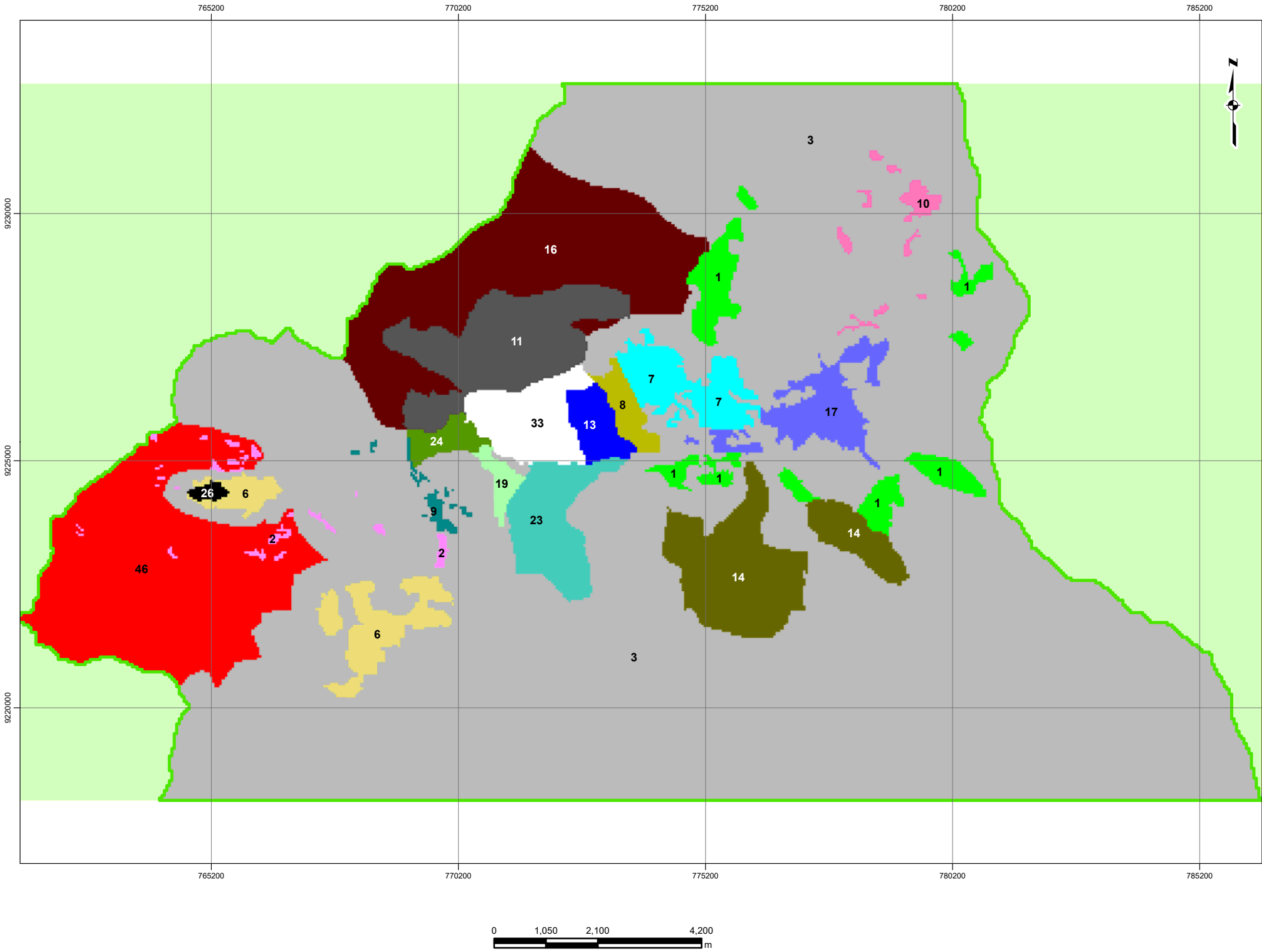
Respuesta:

a) Siguiendo la solicitud en la Tabla ANA 27-1, Tasas de Recarga calibración estacionaria se muestra que se ha añadido la tasa de recarga para las distintas zonas del modelo, la cual será incorporada en el informe del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico, así como la Figura correspondiente, las cual se adjunta a la presente respuesta con el nombre Figura ANA 27 a.

Tabla ANA 27-1 Tasas de Recarga calibración estacionaria

| Unidades Hidrogeológicas | Nombre | Zona del modelo | Valores de Infiltración Modelo (% de la Pp) | Tasa de recarga (m/d) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---|-----------------------|
| U. H. de Sílice | Sílice Yanacocha Norte | 1 | 40% | 0,001563 |
| | Sílice Maqui Maqui | 10 | 40% | 0,001563 |
| | Sílice Marleny-San José | 1 | 40% | 0,001563 |
| | Sílice Yanacocha Sur | 7 | 35% | 0,001368 |
| | Sílice Chaquicocha | 17 | 30% | 0,001173 |
| | Sílice Cerro Negro | 2 | 20% | 0,000782 |
| | Sílice Cerro Negro | 6 | 20% | 0,000782 |
| | Sílice Cerro Negro | 9 | 20% | 0,000782 |
| | Sílice Cerro Negro | 26 | 20% | 0,000782 |
| U. H. Sedimentos de La Quinua | Sílice El Tapado Oeste (La Quinua 3) | 19 | 10% | 0,000391 |
| | Sedimentos La Quinua | 8 | 30% | 0,001173 |
| | Sedimentos La Quinua | 11 | 30% | 0,001173 |
| | Sedimentos La Quinua | 13 | 30% | 0,001173 |
| | Sedimentos La Quinua | 14 | 25% | 0,000977 |
| | Sedimentos La Quinua | 24 | 25% | 0,000977 |
| | Sedimentos La Quinua | 33 | 30% | 0,001173 |
| | Sedimentos La Quinua | 23 | 5% | 0,000195 |
| U. H. de rocas de baja permeabilidad | Roca Regional | 3 | 15% | 0,000586 |
| | Roca regional | 46 | 7,5% | 0,000293 |
| | Roca Regional | 16 | 5% | 0,000195 |

Path: C:\Users\crisat\Documents\ArcGIS\Packages\Figura_4.15_Coef_Infiltracion_RegNatural.mxd





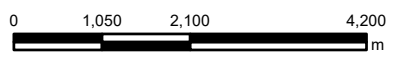
| Unidades Hidrogeológicas | Nombre | Valores de Infiltración Modelo (% de la Pp) | Tasa de recarga (m/d) | Zona |
|--------------------------------------|-------------------------|---|-----------------------|------|
| U. H. de Sílice | Sílice Yanacocha Norte | 40% | 0.001563 | 1 |
| | Sílice Maqui Maqui | 40% | 0.001563 | 10 |
| | Sílice Marleny-San José | 40% | 0.001563 | 1 |
| | Sílice Yanacocha Sur | 35% | 0.001368 | 7 |
| | Sílice Chaquicocha | 30% | 0.001173 | 17 |
| | Sílice Cerro Negro | 20% | 0.000782 | 2 |
| | Sílice Cerro Negro | 20% | 0.000782 | 6 |
| | Sílice Cerro Negro | 20% | 0.000782 | 9 |
| | Sílice Cerro Negro | 20% | 0.000782 | 26 |
| Sílice El Tapado Oeste (La Quinua 3) | 10% | 0.000391 | 19 | |
| U. H. Sedimentos de La Quinua | Sedimentos La Quinua | 30% | 0.001173 | 8 |
| | Sedimentos La Quinua | 30% | 0.001173 | 11 |
| | Sedimentos La Quinua | 30% | 0.001173 | 13 |
| | Sedimentos La Quinua | 25% | 0.000977 | 14 |
| | Sedimentos La Quinua | 25% | 0.000977 | 24 |
| | Sedimentos La Quinua | 30% | 0.001173 | 33 |
| | Sedimentos La Quinua | 5% | 0.000195 | 23 |
| U. H. de rocas de baja permeabilidad | Roca Regional | 15% | 0.000586 | 3 |
| | Roca regional | 7.5% | 0.000293 | 46 |
| | Roca Regional | 5% | 0.000195 | 16 |

LEYENDA

- ▭ Límite del modelo
- ▭ Zona inactiva

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S

| | | | |
|---|-----------|--|--|
|  | | VALORES DEL COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN. RÉGIMEN NATURAL | |
| | | Fecha: Septiembre, 2020 | Proyecto: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA II MEIA YANACOCHA |
| Elab.: CQ | Dib.: SA | N° Proy.: 58084 | Cliente:  |
| Rev. / Apr.: CS | Tarea: 07 | | |
| | | | Figura ANA-27a |



Escala 1:90,000

- b) Se ha generado la información solicitada, respecto a la tasa de recarga para el periodo transitorio y periodo de operaciones. Dado que el modelo tiene 180 periodos en transitorio, 89 en el escenario de operaciones y 19 zonas de recarga correspondiente a infraestructuras mineras, se hace impracticable presentar la información dentro del texto, por lo que se adjunta como fichero Excel (OBS 27-B Tasas de recarga transitorio y operaciones). No obstante, se ha generado una tabla resumen en la que se muestra el valor promedio de la tasa de recarga para todo el periodo transitorio.

Tabla ANA 27-2 Tasas de recarga de las infraestructuras simuladas en el modelo transitorio y de operación.

| Infraestructuras mineras | Zona del modelo | Valores de Infiltración Modelo | Tasa de recarga promedio periodo transitorio (m/d) |
|--|-----------------|--------------------------------|--|
| Tajo La Quinua 3 (El Tapado Oeste) | 18 | 25% | 0,00096374 |
| Tajo Yanacocha | 22 | 30% | 0,001135703 |
| Tajo La Quinua 2 (El Tapado) | 25 | 30% | 0,001135703 |
| Tajo Cerro Negro Este y Oeste | 28 | 20% | 0,000757135 |
| Tajo Marleny - San José Norte | 29 | 30% | 0,001135703 |
| Tajo Chaquicocha | 31 | 30 - 35% | 0,001142321 |
| Tajo Chaquicocha Etapa 2 y 3 | 17 | 30% | 0,001142321 |
| Tajo Maqui Maqui Norte y Sur | 34 | 20 - 40% | 0,001068302 |
| Tajo La Quinua Sur | 23 | 5% | 0,000189284 |
| Tajo Carachugo SP1 | 20 | 15% | 0,000567851 |
| Tajo San José Oeste | 29 | 30% | 0,001135703 |
| Depósito de Relleno Carachugo | 20 | 15% | 0,000567851 |
| Depósito de Relleno La Quinua | 37 | 15 - 20% | 0,00061307 |
| Pila de Lixiviación Maqui Maqui | 12 | 0% | 0 |
| Pila de Lixiviación Carachugo | 15 | 0% | 0 |
| Pila de Lixiviación Yanacocha | 21 | 0% | 0 |
| Pila de Lixiviación Cerro Negro | 27 | 0% | 0 |
| Depósito de arenas de molienda | 27 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Maqui Maqui | 4 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte La Quinua Norte | 35 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Cerro Negro | 42 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Rosita | 30 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Carachugo | 20 | 15% | 0,000567851 |
| Reservorio San José | 30 | 0% | 0 |
| Depósito de relaves La Quinua ¹ | 44 | 0% | 0 |
| Depósito de relaves Pampa Larga ¹ | 36 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Mirador (Sobre pila Carachugo) ¹ | 15 | 0% | 0 |
| Depósito de Desmonte Mirador ¹ | 41 | 15% | 0,000589142 |

¹ infraestructuras mineras que aparecen en el periodo operación

- c) En la Figura 4.22 del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico se muestran las condiciones de contorno utilizadas en el modelo.

La transferencia lateral no es una condición de contorno específica. Este concepto hace referencia al traspaso de flujo subterráneo de un sector a otro, dentro de los límites del modelo numérico. Por ejemplo, flujo de agua subterráneo que pasa de la U.H. de baja permeabilidad al cuerpo de sílice de Maqui Maqui. Esta estimación se lleva a cabo utilizando el paquete "balance por zonas" (Zone Budget) y definiendo las zonas de interés entre las que se quiere calcular la transferencia de flujos.

En régimen estacionario las condiciones de contorno utilizadas son:

- **Ríos y quebradas:** Las quebradas presentes en el área de estudio se han representado con la condición tipo dren (Dren). Tal y como se menciona en el modelo conceptual, las quebradas presentes en el área de estudio constituyen la principal vía de salida del sistema hidrogeológico. Para simular las quebradas se asigna como cota de drenaje la cota correspondiente al terreno en el punto. En el caso de río Grande, se ha utilizado la condición tipo río (river), dado que este río presenta una mayor envergadura.
- **Fallas:** Las principales infraestructuras presentes en la zona de estudio, tal y como se comenta en la descripción del modelo conceptual se comportan como impermeables en la dirección perpendicular al flujo, por lo que en el modelo numérico han sido simuladas utilizando la condición tipo muro (Wall) considerando un valor de permeabilidad de 10^{-4} m/d y un espesor de 1 m.

En la simulación transitoria, tal y como se menciona en el epígrafe 4.7 del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico (Folio 012666), adicionalmente se utilizan las condiciones de contorno tipo pozo (Well) para simular los pozos de desaguado que a lo largo del periodo histórico hasta el periodo actual (octubre de 2018) han estado activos en el área de operaciones de Yanacocha. Así mismo, tal y como se menciona en el citado epígrafe, en los tajos en operación durante el periodo transitorio, en el fondo de tajo se colocan celdas tipo dren, que simulan la cota de fondo de tajo en cada momento de la operación

En el periodo transitorio se ha introducido información de bombeo correspondiente a 142 pozos de bombeo, distribuidos en 180 periodos de tiempo, lo que supone un cómputo total de 25.560 datos. Este volumen de información no es factible incluirla en una tabla en el texto, por lo que se adjunta dicha tabla en formato editable (OBS 27 H Caudales de bombeo transitorio.xlsx).

En el apéndice A: Registros históricos de niveles piezométricos y caudales de bombeo del del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico se incluye información referente a los pozos de bombeo incluidos en la simulación y niveles piezométricos utilizados para la calibración del régimen transitorio.

- d) Los valores de permeabilidad utilizados como punto de partida de la calibración corresponden a los valores descritos en el modelo conceptual, los cuales se presentan en el epígrafe 3.4.2. Parámetros hidrodinámicos del Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico. No obstante, es importante resaltar que, tal y como se indica en la Tabla 4.1 del epígrafe 4. Modelo numérico, del citado anexo F. 5, la primera versión de este modelo matemático fue construida entre 2004-2005 como soporte al EIA de Suplementario Yanacocha Oeste. Desde este 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, de forma que cada recalibración parte de los valores de permeabilidad obtenidos en la calibración de la versión previa. En el Apéndice ANA 27d-1, Distribución de la Permeabilidad, se muestra la distribución de la Permeabilidad en la capa 1, 2 y 3, los mismos que serán incluidos en el Anexo F-5 Estudio Hidrogeológico.
- e) En la siguiente tabla se muestra los balances del sistema en régimen estacionario considerados en el epígrafe 3.5 Funcionamiento hidrogeológico del sistema, que se compara con los balances obtenidos en el modelo calibrado en régimen permanente para los mismos subsistemas que conforman el área de estudio.

Tabla ANA 27-3 Comparación de balances conceptuales y balances obtenidos de la calibración

Balance de agua en el subsistema Maqui Maqui/Arnacocha

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 3129 | 7646 |
| | Transferencia lateral | 4517 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (río Colorado, Qda Arnacocha,) | 4309 | 7646 |
| | Evapotranspiración | 0,5 | |
| | Transferencia lateral | 3337 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 3310 | 7510 |
| | Transferencia lateral | 4199 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (río Colorado, Qda Arnacocha,) | 4135 | 7510 |
| | Evapotranspiración | 0,6 | |
| | Transferencia lateral | 3375 | |

Balance de agua en el subsistema Chaquicocha/Carachugo

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 7510 | 17649 |
| | Transferencia lateral | 10140 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Chaquicocha, La Saccha) | 16473 | 17647 |
| | Evapotranspiración | 0,3 | |
| | Transferencia lateral | 1173 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 7205 | 20772 |
| | Transferencia lateral | 13567 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Chaquicocha, La Saccha) | 17437 | 20768 |
| | Evapotranspiración | 0,4 | |
| | Transferencia lateral | 3330 | |

Balance de agua en el subsistema San José

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 1750 | 2907 |
| | Transferencia lateral | 1157 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Quebrada Encajón) | 1083 | 2907 |
| | Evapotranspiración | 0,2 | |
| | Transferencia lateral | 1823 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|--|---------------------|---------------------|
| Entrada | Recarga | 1642 | 3703 |
| | Transferencia lateral | 2062 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Quebrada Encajón) | 1490 | 3703 |
| | Evapotranspiración | 0,2 | |
| | Transferencia lateral | 2213 | |

Balance de agua en el subsistema Yanacocha

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 7490 | 11960 |
| | Transferencia lateral | 4470 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qdas río Colorado) | 893 | 11960 |
| | Evapotranspiración | 0,79 | |
| | Transferencia lateral | 11067 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|---|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 7523 | 11390 |
| | Transferencia lateral | 3867 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qdas río Colorado) | 573,9 | 11390 |
| | Evapotranspiración | 0,44 | |
| | Transferencia lateral | 10815 | |

Balance de agua en el subsistema de Sílice La Quinoa- El Tapado- El Tapado Oeste

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 4395 | 31649 |
| | Transferencia lateral | 27254 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qda Callejón) | 17843 | 31649 |
| | Evapotranspiración | 0,5 | |
| | Transferencia lateral | 13806 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 4345 | 23482 |
| | Transferencia lateral | 19137 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos (Qda Callejón) | 16745 | 23483 |
| | Evapotranspiración | 1,2 | |
| | Transferencia lateral | 6737 | |

Balance de agua en el subsistema de La Quinoa Sur

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 241 | 5,469 |
| | Transferencia lateral | 5229 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | 0,0 | 5,469 |
| | Evapotranspiración | 0,0 | |
| | Transferencia lateral | 5469 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 220 | 3332 |
| | Transferencia lateral | 3112 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | 0,0 | 3332 |
| | Evapotranspiración | 1,1 | |
| | Transferencia lateral | 3331 | |

Balance de agua en el subsistema Cerro Negro

Conceptual

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 818 | 856 |
| | Transferencia lateral | 37 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | - | 856 |
| | Evapotranspiración | - | |
| | Transferencia lateral | 856 | |

Calibración estacionaria

| BALANCE DE AGUA | | m ³ /día | m ³ /día |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| Entradas | Recarga | 847 | 879 |
| | Transferencia lateral | 32 | |
| Salidas | Descarga hacia ríos | - | 879 |
| | Evapotranspiración | - | |
| | Transferencia lateral | 879 | |

- f) Atendiendo a lo solicitado se ha llevado a cabo una simulación en régimen adicional en la que se han asignado los valores de permeabilidad de 20 m/d al cuerpo de sílice de La Quinua 3 (el Tapado Oeste) y un valor de permeabilidad de 6 m/d al cuerpo de sílice de Yanacocha, y se ha comparado la calibración obtenida con esos valores, con la calibración presentada en la presente modificatoria.

Tal y como se observa en las tablas adjuntas los estadísticos que definen el grado de ajuste de la calibración en ambas simulaciones son muy similares obteniéndose un error cuadrático medio normalizado (RMRS) de 4,2% en la simulación presentada en la II MEIA, mientras en la simulación de sensibilidad se obtiene un error cuadrático medio normalizado (RMRS) de 4,3%. Esto implica que en términos de calibración son muy similares, si bien, la calibración presentada en la II MEIA, presenta un ajuste ligeramente mejor, razón por la cual, se llevaron a cabo los ajustes mencionados.

Adicionalmente, para facilitar la comparación entre ambas simulaciones se adjunta el Apéndice ANA 27f-1, Gráficas Calibración Comparativa Sensibilidad, en el que se presentan todos los gráficos de calibración de niveles piezométricos por cada uno de los puntos.

Tabla ANA 27-4 Estadísticos de la calibración en régimen transitorio presentada en el II MEIA

| | Cota Piezométrica observada (msnm) | Cota piezométrica simulada II MEIA (msnm) | Error | Error Absoluto |
|---|--|---|-------------|----------------|
| Mínimo | 3156,07 | 3170,89 | -171,02 | 171,02 |
| Promedio | 3663,64 | 3665,38 | -1,75 | 1,75 |
| Máximo | 4036,10 | 3996,39 | 197,15 | 197,15 |
| Q25% | 3475,85 | 3492,35 | -15,41 | 15,41 |
| Q75% | 3795,82 | 3796,44 | 8,10 | 8,10 |
| Desv Est. | 199,98 | 192,42 | 36,76 | 36,76 |
| Rango Variac. | 880,03 | 825,50 | 368,17 | 368,17 |
| Análisis de desviación en la simulación | Desviación Estándar / Rango de variación | | 4,2% | |
| | Error Medio Absoluto (MAE) (m) | | 1,75 | |
| | Error Medio Absoluto Normalizado | | 0,20% | |
| | Error Cuadrático Medio (MSE) | | 1354,61 | |
| | Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) (m) | | 36,81 | |
| | Error cuadrático Medio Normalizado (NRMSE) (m) | | 0,03 | |
| | Error Cuadrático Medio Normalizado Estándar | | 4,2% | |
| | Coeficiente de Correlación | | 0,98 | |
| Nash-Sutcliffe coefficient (E) | | 1,00 | | |

Tabla ANA 27-5 Estadísticos de la simulación de sensibilidad

| | Cota Piezométrica observada (msnm) | Cota piezométrica simulada Sensibilidad (msnm) | Error | Error Absoluto |
|---------------|--|--|---------|----------------|
| Mínimo | 3156,07 | 3184,02 | -168,52 | 168,52 |
| Promedio | 3663,64 | 3664,22 | -0,58 | 0,58 |
| Máximo | 4036,10 | 3993,21 | 196,89 | 196,89 |
| Q25% | 3475,85 | 3488,39 | -17,40 | 17,40 |
| Q75% | 3795,82 | 3793,53 | 10,79 | 10,79 |
| Desv Est. | 199,98 | 191,71 | 37,78 | 37,78 |
| Rango Variac. | 880,03 | 809,20 | 365,41 | 365,41 |
| | Desviación Estándar / Rango de variación | | 4,3% | |
| | Error Medio Absoluto (MAE) (m) | | 0,58 | |

| | Cota Piezométrica observada (msnm) | Cota piezométrica simulada Sensibilidad (msnm) | Error | Error Absoluto |
|---|--|--|-------------|----------------|
| Análisis de desviación en la simulación | Error Medio Absoluto Normalizado | | 0,07% | |
| | Error Cuadrático Medio (MSE) | | 1427,29 | |
| | Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) (m) | | 37,78 | |
| | Error cuadrático Medio Normalizado (NRMSE) (m) | | 0,04 | |
| | Error Cuadrático Medio Normalizado Estándar | | 4,3% | |
| | Coeficiente de Correlación | | 0,98 | |
| | Nash-Sutcliffe coefficient (E) | | 1,00 | |

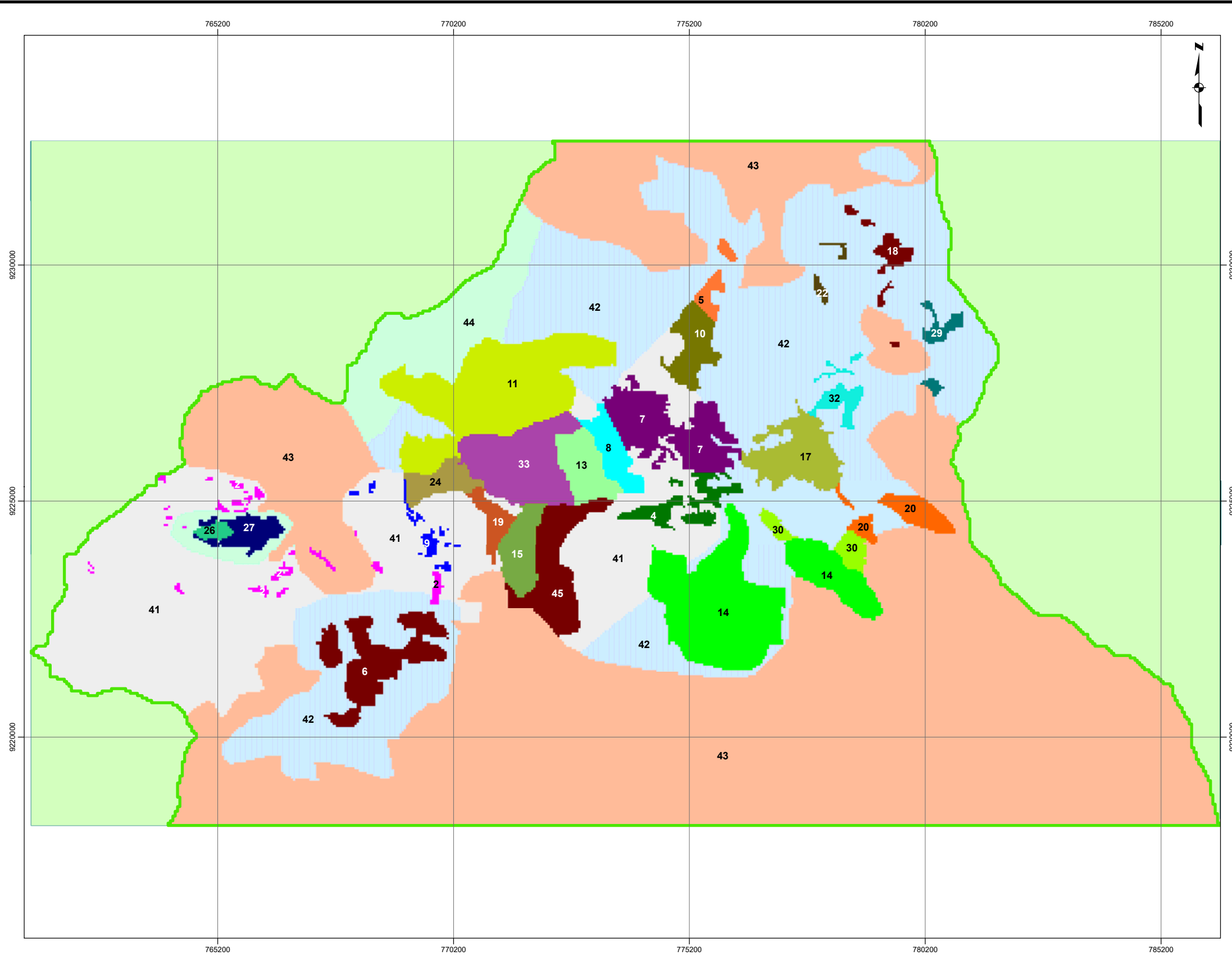
En términos de caudales, el flujo base obtenido en los puntos de control para el periodo seco de 2040, se muestran en la Tabla ANA 27-6, Flujo base en puntos de control, lo cuales coinciden con los presentados en la I MEIA, ya que los valores de permeabilidad modificados en la simulación de sensibilidad son los mismos que se utilizaron en la calibración de la versión anterior del modelo, la cual corresponde como ya ha sido mencionado con el modelo presentando en soporte de la I MEIA.

Tabla ANA 27-6 Flujo base en puntos de control

| Punto Control del modelo | Caudal (L/s) | Caudal (L/s) |
|--------------------------|--------------|--------------|
| | Calibración | Sensibilidad |
| QSCLL2 | 53,8 | 53,8 |
| RG2 | 12,4 | 12,4 |
| RPA5 | 0 | 0 |
| RPA1 | 9,8 | 9,7 |
| QCHCAT | 0 | 0 |
| QOM2 | 0,4 | 0,3 |
| QARN | 13,6 | 13,6 |
| CP1 | 30,7 | 30,4 |
| QHR2 | 0 | 0 |
| QSH2 | 3,7 | 3,4 |
| QE4 | 0 | 0 |
| QCHA | 1,5 | 1,5 |
| QCHA2 | 3,1 | 3,0 |
| QPCN | 4,5 | 4,5 |

- g) A continuación se muestra las Figuras Obs 27g, las cuales muestran la distribución espacial de los valores de coeficientes de almacenamiento (Sy), las cuales se incluirán en el Anexo F5 Estudio Hidrogeológico.

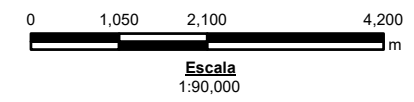
Path: C:\Users\crisat\Documents\ArcGIS\Packages\Figura_4.16_Distribucion_PermeabilidadCapa1.mxd



| Unidad Hidrogeológica | Nombre | Sy | Zona |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|------|
| U. H. de Silíce | Silíce Yanacocha Norte | 0.05 | 5 |
| | Silíce Cerro Negro | 0.05 | 6 |
| | Silíce Yanacocha Sur | 0.08 | 7 |
| | Silíce Yanacocha Norte | 0.04 | 10 |
| | Silíce Chaquicocha | 0.02 | 17 |
| | Silíce Maqui Maqui | 0.05 | 18 |
| | Silíce El Tapado Oesle (La Quinua 3) | 0.053 | 19 |
| | Silíce Yanacocha Norte | 0.05 | 20 |
| | Silíce Maqui Maqui | 0.05 | 22 |
| | Silíce Cerro Negro | 0.05 | 26 |
| | Silíce Cerro Negro | 0.1 | 27 |
| | Silíce Yanacocha Norte | 0.05 | 29 |
| | Silíce Yanacocha Norte | 0.05 | 30 |
| | Silíce Cerro Negro | 0.05 | 2 |
| | Silíce Marleny-San José | 0.05 | 4 |
| Silíce Cerro Negro | 0.05 | 9 | |
| Silíce Chaquicocha | 0.02 | 32 | |
| U. H. Sedimentos de La Quinua | Sedimentos La Quinua | 0.1 | 11 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.1 | 13 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.1 | 14 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.1 | 15 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.05 | 24 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.1 | 33 |
| U. H. de rocas de baja permeabilidad | Sedimentos La Quinua | 0.05 | 8 |
| | Sedimentos La Quinua | 0.01 | 45 |
| | Roca Regional | 0.01 | 41 |
| | Roca Regional | 0.01 | 42 |
| | Roca Regional | 0.01 | 43 |
| | Roca Regional | 0.01 | 44 |

LEYENDA

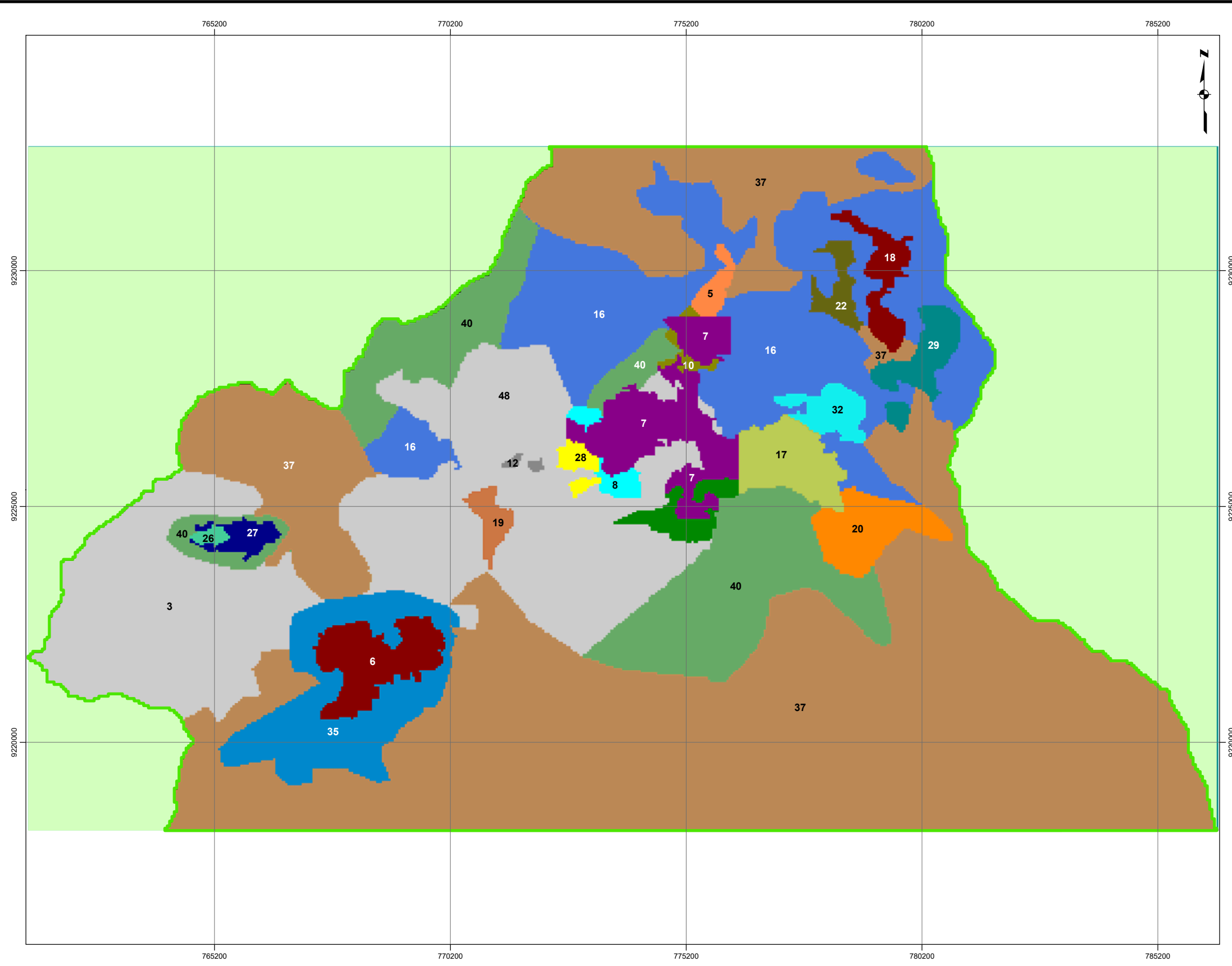
| | |
|--|-------------------|
| | Límite del modelo |
| | Zona inactiva |



Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S

| | | | |
|-----------------|-----------|---|---|
| | | DISTRIBUCIÓN DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO EN LA CAPA 1 | |
| | | Fecha: Septiembre, 2020 | Proyecto: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA II MEIA YANACOCHA |
| Elab.: CQ | Dib.: SA | N° Proy.: 58084 | Figura Obs - 27g |
| Rev. / Apr.: CS | Tarea: 07 | Ciente: | |

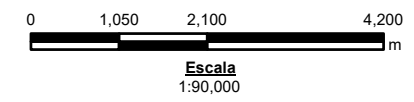
Path: C:\Users\crisat\Documents\ArcGIS\Projects\Figura_4.17_Distribucion_PermeabilidadCapa2\Figura_4.17_Distribucion_PermeabilidadCapa2.mxd



| Unidad Hidrogeológica | Nombre | Sy | Zona |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|------|
| U. H. de Sílice | Sílice Yanacocha Norte | 0.05 | 5 |
| | Sílice Cerro Negro | 0.05 | 6 |
| | Sílice Yanacocha Sur | 0.08 | 7 |
| | Sílice Yanacocha Norte | 0.04 | 10 |
| | Sílice El Tapado (La Quinua 2) | 0.05 | 12 |
| | Sílice Chaquicocha | 0.02 | 17 |
| | Sílice Maqui Maqui | 0.05 | 18 |
| | Sílice El Tapado Oeste (La Quinua 3) | 0.053 | 19 |
| | Sílice Yanacocha Norte | 0.05 | 20 |
| | Sílice Maqui Maqui | 0.05 | 22 |
| | Sílice Cerro Negro | 0.05 | 26 |
| | Sílice Cerro Negro | 0.1 | 27 |
| | Sílice El Tapado (La Quinua 2) | 0.06 | 28 |
| | Sílice Yanacocha Norte | 0.05 | 29 |
| Sílice Marleny-San José | 0.05 | 4 | |
| Sílice Chaquicocha | 0.02 | 32 | |
| U. H. Sedimentos de La Quinua | Sedimentos La Quinua | 0.05 | 8 |
| U. H. de rocas de baja permeabilidad | Roca Regional | 0.01 | 16 |
| | Roca Regional | 0.01 | 35 |
| | Roca Regional | 0.01 | 37 |
| | Roca Regional | 0.01 | 40 |

LEYENDA

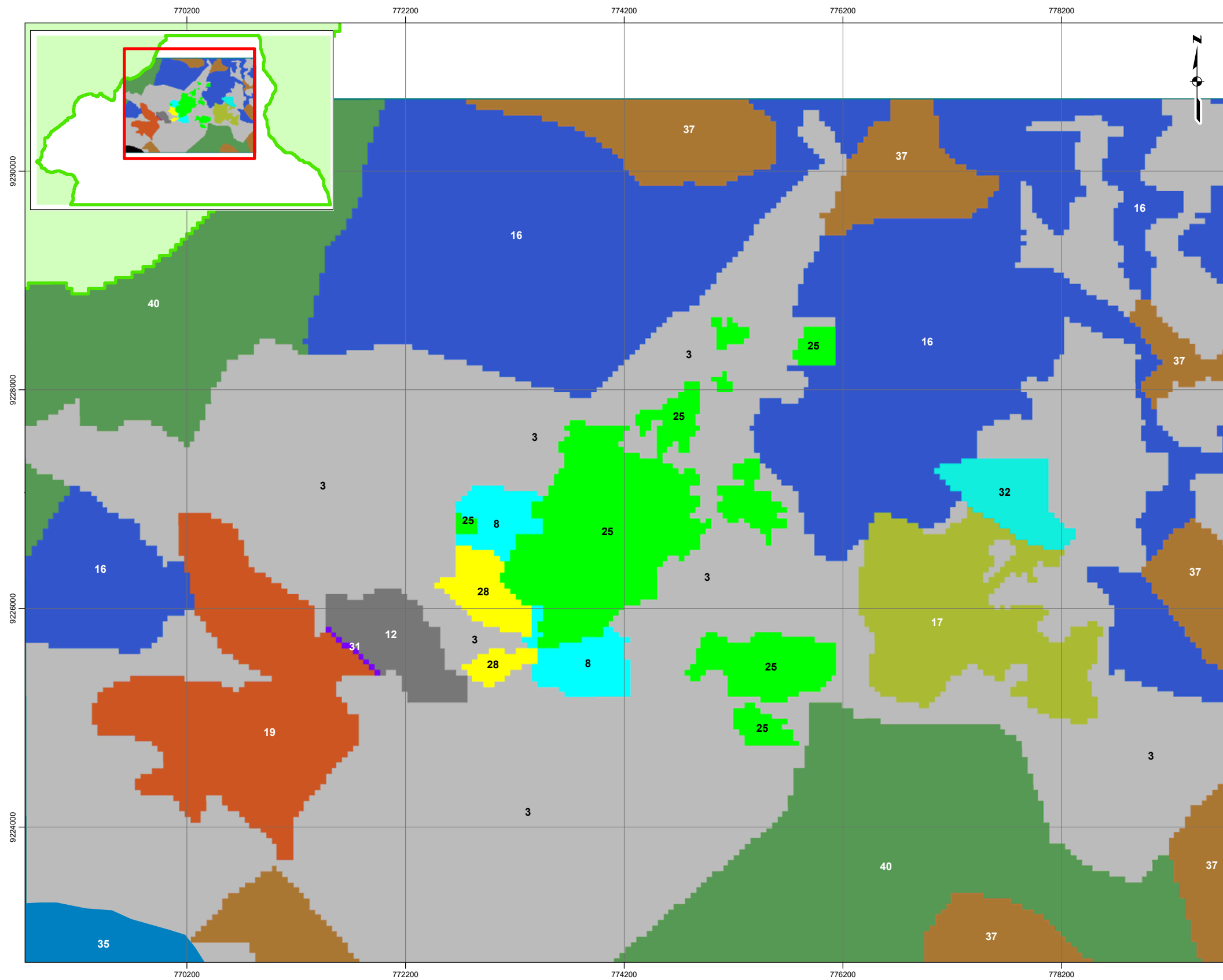
| | |
|--|-------------------|
| | Límite del modelo |
| | Zona inactiva |



Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S

| | | | |
|-----------------|--|---|---------|
| | DISTRIBUCIÓN DE COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO EN LA CAPA 2 | | |
| | Fecha: Septiembre, 2020 | Proyecto: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA II MEIA YANACOCHA | Figura |
| Elab.: CQ | Dib.: SA | N° Proy.: 58084 | Obs-27g |
| Rev. / Apr.: CS | Tarea: 07 | Cliente: | |

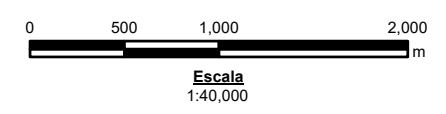
Path: C:\Users\crisat\Documents\ArcGIS\Packages\Figura_4.18_Distribuc_PermeabilidadCapa3_2F312142-F5D0-48E3-BCA6-22CC63CEC6FV101\Figura_4.18_Distribuc_PermeabilidadCapa3.mxd



| Unidad Hidrogeológica | Nombre | Sy | Zona |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|------|
| U. H. de Sílice | Sílice El Tapado (La Quinua 2) | 0.05 | 12 |
| | Sílice Chaquicocha | 0.02 | 17 |
| | Sílice El Tapado Oeste (La Quinua 3) | 0.053 | 19 |
| | Sílice Yanacocha Sur | 0.01 | 25 |
| | Sílice El Tapado (La Quinua 2) | 0.06 | 28 |
| U. H. Sedimentos de La Quinua | Sílice Chaquicocha | 0.02 | 32 |
| | El Tapado Oeste (La Quinua 3) | 0.05 | 31 |
| U. H. de rocas de baja permeabilidad | Sedimentos La Quinua | 0.05 | 8 |
| | Roca Regional | 0.01 | 35 |
| | Roca Regional | 0.01 | 37 |
| | Roca Regional | 0.01 | 40 |

LEYENDA

| | |
|--|-------------------|
| | Límite del modelo |
| | Zona inactiva |



Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 17S

| | | | |
|-----------------|-----------|---|---|
| | | DISTRIBUCIÓN DEL COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO EN LA CAPA 3 | |
| | | Fecha: Septiembre, 2020 | Proyecto: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA II MEIA YANACOCHA |
| Elab.: CQ | Dib.: SA | N° Proy.: 58084 | Cliente: |
| Rev. / Apr.: CS | Tarea: 07 | Figura Obs-27g | |

- h) Se enviará un link en el cual se muestra la tabla en formato editable en el fichero OBS 27 h Caudales de bombeo transitorio.xlsx.
- i) Atendiendo a los requerimientos se muestra la Tabla ANA 27-7, Caudales de flujo base obtenidos en el I y II MEIA con los valores e los caudales obtenidos en los puntos de control en la I y II MEIA, la cual se incorporará en el Anexo F.5 Estudio Hidrogeológico.

Tabla ANA 27-7 Caudales de flujo base obtenidos en el I y II MEIA

| Punto Control del modelo | Impacto Aprobado | Caudal CASO BASE. | Caudal CASO CON PROYECTO | Incremento Impacto Estimado |
|--------------------------|------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | I MEIA (L/s) | I MEIA (L/s) | II MEIA | II MEIA (L/s) |
| QSCLL2 | 16 | 53,8 | 53,8 | 0 |
| RG2 | 239,9 | 12,4 | 12,4 | 0 |
| RPA5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RPA1 | 0 | 9,7 | 9,8 | 0 |
| QCHCAT | 76,7 | 0 | 0 | 0 |
| QOM2 | 4,5 | 0,3 | 0,4 | 0 |
| QARN | 31,3 | 13,6 | 13,6 | 0 |
| CP1 | 25,8 | 30,4 | 30,7 | 0 |
| QHR2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| QSH2 | 47,9 | 3,4 | 3,7 | 0 |
| QE4 | 47,9 | 0 | 0 | 0 |
| QCHA | 0 | 1,5 | 1,5 | 0 |
| QCHA2 | 0 | 3,0 | 3,1 | 0 |
| QPCN | 3,2 | 4,5 | 4,5 | 0 |

- j) Se ha realizado las simulaciones de transporte adicionales solicitadas, considerando una posible rotura de los sistemas d impermeabilización en los depósitos de relaves de Pampa Larga y La Quinua, así como en la Pila de Lixiviación Carachugo 14. Las concentraciones iniciales usadas para los elementos simulados se presentan en la Tabla ANA 27-8 y han sido tomadas del documento "Yanacocha Sulfides Net Carbonate Value and Environmental Characterization, Newmont, agosto de 2017" en el que se caracteriza la composición química de los relaves que se generaran en la operación de sulfuros. Las simulaciones se han llevado a cabo para un periodo de tiempo de 50 años. Adicionalmente, para facilitar la comparación entre ambas simulaciones se adjunta el Apéndice ANA 27J-1, Simulación de transporte se muestran los resultados en planta y en perfil para los periodos correspondientes a 5, 25 y 50 años. Como se observa en dichas figuras, una posible filtración, tanto en la pila Carachugo 14, como en el depósito de relaves de Pampa Larga, circularía hacia el tajo Chaquicocha, donde sería captado por los sistemas de desaguado del tajo, mientras que, una posible fuga desde el depósito de relaves de La Quinua circularía hacia el Tajo de La Quinua 3, donde sería captado por el sistema de desagüe del mismo.

Tabla ANA 27-8 Valores de concentración inicial considerados

| Infraestructura minera simulada | Valor Inicial de Sulfato (mg/L) | Valor Inicial de Cobre (mg/L) | Valor Inicial de Cromo (mg/L) | Valor Inicial de Plomo (mg/L) |
|--|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Pila de lixiviación Carachugo - Etapa 14 | 2870 | 3.0 | 0.057 | 0.0015 |
| Depósito de Relaves Pampa Larga | 3270 | 266.0 | 1.58 | 4.82 |
| Depósito de Relaves La Quinua | 3270 | 266.0 | 1.58 | 4.82 |

Tabla ANA 27-9 Valores de coeficiente de dispersividad

| Infraestructura | Distancia al lugar de descarga (m) | Coeficiente de dispersividad longitudinal (L _l) | Coeficiente de dispersividad transversal (L _t) | Coeficiente de dispersividad vertical (L _v) |
|--|------------------------------------|---|--|---|
| Pila de lixiviación Carachugo - Etapa 14 | 817 | 27.0 | 9.0 | 1.4 |
| Depósito de Relaves Pampa Larga | 1606 | 29.7 | 9.9 | 1.5 |
| Depósito de Relaves La Quinua | 980 | 27.8 | 9.3 | 1.4 |

k) Se entregan los ficheros GWV de todas las simulaciones, los cuales se dividen en los siguientes periodos:

1. **Modelo en régimen permanente:** Representa el estado natural del sistema hidrogeológico, previo al comienzo de la actividad minera.
2. **Modelo en régimen transitorio:** Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio durante la operación de la mina. Abarca el periodo comprendido entre 01 de setiembre de 1998 y 31 de octubre de 2018, y está dividido en un total de 180 pasos de tiempo.
3. **Modelo de operaciones:** Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio para el periodo de operación de Minera Yanacocha comprendido entre el 1 de noviembre de 2018 y el 30 de diciembre de 2040, está dividido en 89 pasos de tiempo.
4. **Modelo de Clausura:** Representa la evolución del sistema hidrogeológico en régimen transitorio, para el periodo de clausura que comprende entre enero de 2041 y diciembre de 2090; dividido en 201 pasos de tiempo.
5. **Simulaciones de transporte:** Realizadas sobre el modelo de clausura, se han separado las simulaciones de depósitos de desmonte, simulaciones de tajos y simulaciones de depósitos de relaves. En cada una de las infraestructuras se han realizado 4 simulación correspondientes a los solutos de cobre, cromo, sulfato y plomo.

Observación 28

Respecto al afianzamiento hídrico, considera el incremento en alcance y presupuesto del proyecto de represamiento de agua y mejoramiento de infraestructura de riego señalado en la I MEIA Yanacocha aprobada dirigido al AISD del Proyecto. El proyecto propone un incremento en el almacenamiento de agua de 63 636 m³, que hará un total de 842 267 m³ de agua almacenada para la II MEIA Yanacocha. El almacenamiento de agua será a través de reservorios familiares. El horizonte temporal del proyecto aumenta en 3 años más a lo aprobado en la I MEIA. Del mismo modo el presupuesto se incrementa en un 8%. El número de usuarios beneficiados del AISD será de 4 800 usuarios. Si bien el número de beneficiarios disminuye, en relación con la I MEIA, la diferencia formará parte de una nueva actividad en la línea de gestión del agua. Los supuestos del proyecto son la aprobación de la II MEIA Yanacocha, la realización de los estudios técnicos, la disponibilidad de terrenos aptos para la ubicación de los reservorios y la colaboración y participación activa de los beneficiarios. Así como la construcción y operación del Proyecto minero. De manera complementaria al proyecto señalado, se implementarían 2 nuevos proyectos orientados al mejoramiento de 10 kilómetros de tramos críticos de canales de riego, beneficiando a 1,050 usuarios y el mejoramiento de sistemas de riego tecnificado sobre 75 ha, beneficiando a 210 productores del AISD.

De lo mencionado, deberá indicar los beneficiarios, el agua que será otorgada a cada beneficiario, los lugares donde se ejecutarán los reservorios familiares, los volúmenes a represar y el tiempo de ejecución para la etapa actual y proyectada, apoyarse de esquemas y planos para un mejor entendimiento.

Respuesta:

El Proyecto de almacenamiento de agua en las zonas adyacentes a la operación minera (estudios/ infraestructura) en articulación con los programas del Gobierno Nacional, señalado en la II MEIA Yanacocha, propone el incremento en el almacenamiento agua para alcanzar un total de 842,267 m³ de almacenamiento. Asimismo, incrementa su horizonte temporal en 3 años y el presupuesto en 8% respecto a lo aprobado en la MEIA Yanacocha.

En relación con el número de usuarios beneficiados del Área de Influencia Social Directa (AISD) este se mantiene en 5,000 de acuerdo con la MEIA aprobada. El almacenamiento de agua será a través de reservorios familiares previa coordinación con las autoridades del AISD y las entidades del Estado relacionadas con el proyecto. Cabe indicar que el desarrollo del proyecto implica la consideración de los supuestos de aprobación de la II MEIA Yanacocha, la realización de los estudios técnicos, la disponibilidad de terrenos aptos para la ubicación de los reservorios y la colaboración y participación activa de los beneficiarios. Así como la construcción y operación del Proyecto minero.

El alcance del proyecto de almacenamiento de agua descrito en la II MEIA Yanacocha considera que posterior a la aprobación de la II MEIA, la obtención de los permisos sectoriales y el inicio de la construcción del proyecto, se realizarán las coordinaciones con el AISD para la gestión conjunta orientada a la realización de los estudios técnicos que identifiquen la disponibilidad de terrenos para la ubicación de los reservorios, el volumen de almacenamiento de agua de los reservorios familiares y los beneficiarios finales.

En relación con el cronograma de ejecución del proyecto se indica que está acorde con lo señalado en la Sección 6.0 Estrategia de manejo ambiental de la II MEIA Yanacocha en el ítem 6.5.11 Cronograma de inversión social, el cual indica que las gestiones para el proyecto en mención iniciarían a partir de la aprobación de la II MEIA y la meta señalada 842,267 m³ de almacenamiento de agua y 5,000 beneficiarios, se alcanzará al final del proyecto en el año 2033.

Se debe tener presente que la ubicación de los reservorios familiares buscará beneficiar al mayor número de familias posibles, por lo que un reservorio podría beneficiar a más de una familia. En relación con la cantidad de agua a estar disponible para los beneficiarios dependerá de los estudios técnicos posteriores, ubicación del reservorio, disponibilidad de terrenos de terceros y de la Autoridad Local del Agua Cajamarca, ya que ésta última es la autoridad competente en aprobar los estudios de disponibilidad hídrica, construcción y operación de estas infraestructuras.

Por tal motivo en esta etapa del Proyecto no corresponde identificar un nivel de detalle que se obtendrá como consecuencia de la coordinación posterior a la aprobación de la II MEIA Yanacocha. Aproximar información en esta etapa de la II MEIA podría generar una percepción inadecuada en los receptores versus los resultados de los estudios y coordinaciones que deberán realizarse después de la aprobación de la II MEIA.

Cabe precisar que para el año 2020 el Proyecto de almacenamiento de agua en las zonas adyacentes a la operación minera (estudios/ infraestructura) en articulación con los programas del Gobierno Nacional no se ha ejecutado por el contexto sanitario actual, Pandemia por el Covid – 19 el cual inició el 15 de marzo del año 2020 con el D.S. N° 044-2020- 2020 – PCM y se mantiene con el D.S. N° 146_2020_PCM, que amplía el Estado de Emergencia Nacional que afectan la vida de la nación a consecuencia del COVID-19 hasta el 30 de setiembre del año 2020.

Por lo expuesto el proyecto no podrá ser ejecutado para el presente año, sin embargo, reiniciará las coordinaciones para la ejecución del proyecto conforme a las disposiciones que indique el Estado y el contexto social en el AISD.

Observación 29

En el ítem 5.3.2.1 identificación factores ambientales potencialmente afectados al medio físico (agua subterránea) solo se considera la calidad de agua de los piezómetros y no la calidad de los manantiales dentro y próximos al área de estudio. El Administrado deberá de considerar dentro de la evaluación de los posibles impactos al agua subterránea los cambios respecto a la calidad y flujo de los manantiales identificados, debido a que estos tienen por origen el acuífero local según corresponda el subsistema hidrogeológico. Asimismo, los flujos de descarga para la compensación al flujo base, deberán estar validados con las correcciones de las observaciones anteriores referido a las predicciones hidrológicas e hidrogeológicas de los modelos numéricos.

Respuesta:

Cabe precisar que como parte de la Subsección 5.3.2.1 Identificación de factores ambientales potencialmente afectados, se incluirá el nivel o flujo de los manantiales dentro del factor nivel freático, que forma parte del componente referido a los recursos hídricos subterráneos, por lo que la unidad de importancia (UIP) mantiene su ponderación según lo mostrado en la Tabla 5.3.2-1, Componentes y Factores Ambientales Potencialmente Afectados.

De esta forma, como parte de la evaluación de los potenciales impactos a los recursos subterráneos (Subsección 5.4.1.6 Impactos sobre los Recursos Hídricos Subterráneos), se considerará e incorporará la descripción de posibles cambios en el nivel o flujo de los manantiales. Al respecto, cabe resaltar que la implementación de los componentes propuestos de la II MEIA se realizará mayormente sobre áreas disturbadas y revegetadas dentro de la zona operativa, y no involucrará la superposición o afectación directa de los manantiales o filtraciones identificados en el área del Proyecto. Asimismo, se ha desestimado la afectación de algún manantial (en términos de nivel o flujo) asociado al cambio en el nivel freático/cantidad de agua subterránea, basado en los resultados de las simulaciones predictivas del modelo numérico hidrogeológico (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.5, Estudio Hidrogeológico), ya que se ha descartado algún rebajamiento en el nivel freático en el área de influencia del Proyecto, debido a que la II MEIA no considera el incremento de la cota de fondo en ninguna de las operaciones (principalmente de los componentes tajo Chaquicocha - Etapa 3 y Chaquicocha Subterráneo), con respecto al plan de minado presentado y aprobado en la I MEIA, por lo que no se espera ninguna modificación significativa del nivel piezométrico. Cabe precisar que las actividades de desaguado del tajo Chaquicocha Etapa 3 no producirá cambios adicionales al nivel freático del impacto ya aprobado (no hay reducción de flujo base subterráneo).

Respecto a la modelización numérica es importante resaltar que el flujo base que reciben los ríos y quebradas, corresponde al aporte de agua subterránea que es transferida desde los sistemas hidrogeológicos hacia los cauces superficiales, ya sea de forma directa, a través de cauces o de forma indirecta a través de los manantiales, ya que, a fin de cuentas, el fenómeno hidrogeológico que da lugar a ambos afloramientos es exactamente el mismo, es decir, la intersección del nivel piezométrico con la superficie topográfica. Asimismo, en régimen natural, donde no existe interceptación antrópica de los caudales aforados en los manantiales, el agua subterránea que accede a la superficie en forma de manantiales, finalmente acaba incorporándose a los cursos superficiales, de igual forma que lo hace el flujo subterráneo que accede directamente a los cauces superficiales. De esta forma, en el modelo distrital de flujo subterráneo de Yanacocha se conceptualiza las salidas a través de los manantiales como parte del flujo base total que accede a las quebradas y ríos y, por tanto, no se simulan en el modelo los manantiales de forma individual en el modelo.

Por otro lado, es importante indicar que el paso de malla del modelo numérico es cada 100 m, dado que es un modelo regional que abarca un área simulada de 240 km² y que los manantiales son fenómenos puntuales que, apenas se producen en áreas inferiores al m², por lo que no podrían ser representados en un modelo regional por un tema de escala.

De forma complementaria, cabe precisar que los flujos de descarga para la compensación al flujo base se mantendrán según lo estimado y actualizado en la I MEIA, basado en los modelos hidrológicos e

hidrogeológicos, ya que los resultados y/o estimaciones de las simulaciones predictivas no sufrirán variaciones e indican que no habrán cambios y/o reducciones de los aportes subterráneos o superficiales de los recursos hídricos como parte del desarrollo de la II MEIA (ver Apéndice F, Estudios de aguas superficiales y subterráneas - Anexo F.1.5, Estudio Hidrogeológico. De esta forma en la subsección Medidas de Prevención, Minimización, Rehabilitación y Compensación Propuestas (Agua superficial), se indica que como medida de mitigación por la potencial reducción de flujo en los cursos de aguas superficiales considerados en los IGA's anteriores, MYSRL continuará con la descarga de aguas tratadas en las microcuencas de origen, provenientes del Sistema Integral de Manejo de Aguas, en los puntos de vertimiento autorizados. Si bien se estimó que no habrá ningún impacto al final del Proyecto (II MEIA), las descargas aprobadas se mantendrán como flujo de mitigación al flujo base y como flujo de compromiso social. La Tabla 6.1-5, Flujos de Descarga para Mitigación, 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. 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 el D.S N° 010-2010-MINAM.

Observación 30

En el Ítem 5.3.3 identificación de los impactos ambientales, para la etapa de operación no se considera el cambio del nivel freático por las actividades de Desaguado del tajo Chaquicocha – etapa 3 y la captación, bombeo y entrega de agua de interior mina al SIMA en Chaquicocha Subterráneo.

Al respecto el administrado deberá explicar por qué no se valorizo el impacto al cambio de nivel de freático por las actividades de Desaguado del tajo Chaquicocha – etapa 3 y la captación, bombeo y entrega de agua de interior mina al SIMA en Chaquicocha Subterráneo en la etapa de Operación; además presentar las medidas de mitigación y/o compensación ambiental para cada etapa del proyecto.

Respuesta:

Es importante precisar, que en la Subsección 5.3.3 Identificación de los Impactos Ambientales no se ha identificado alguna actividad durante las 3 etapas del Proyecto (II MEIA) que pueda ocasionar algún impacto potencial a los recursos hídricos subterráneos; por ello, en la Tabla 5.3.3-1, Matriz de Interacciones para la Identificación de Impactos Ambientales, no se ha incluido alguna interacción o identificación del impacto Cambio en el nivel freático, y en la Tabla 5.4-1, *Matriz Consolidada de Evaluación de Impactos Ambientales*, no se presenta la valorización de tal impacto. Este sustento de la no identificación y valorización del impacto cambio de nivel freático se detalla en la Subsección 5.4.1.6 *Impactos sobre los Recursos Hídricos Subterráneos*, donde se indica que se ha desestimado algún impacto sobre los recursos hídricos subterráneos por las actividades y operación de los componentes (principalmente tajo Chaquicocha - Etapa 3 y Chaquicocha Subterráneo) de la II MEIA durante las diferentes etapas del Proyecto, referido al cambio en el nivel freático/cantidad de agua subterránea, de acuerdo con los resultados del modelo numérico hidrogeológico:

- El tajo Chaquicocha - Etapa 3 mantendrá la cota mínima de 3,590 msnm aprobado en el SYE V; por lo tanto, no requerirá de instalaciones adicionales a las aprobadas en el SYE V. Como parte de los estudios aprobados en el SYE V, se detectó que el tajo interceptará a la napa freática y que era necesario deprimir el nivel del agua para mantener el tajo seco; sin embargo, ya existe un sistema de bombeo a través de pozos del tajo Chaquicocha existente (ya operado), por lo que sólo era necesario complementar ese sistema existente través de dos pozos de bombeo adicionales. El agua colectada será entregada al Sistema Integral de Manejo de Agua (SIMA). Por tanto, para la II MEIA las actividades de desaguado del tajo Chaquicocha Etapa 3 no producirá cambios adicionales al nivel freático del impacto ya aprobado, es decir, que no alterará el régimen hídrico subterráneo en el área de influencia de la unidad minera Yanacocha ni habrá reducción de la contribución de los cuerpos de agua subterránea hacia los cuerpos superficiales.
- Para el caso de Chaquicocha subterráneo, el sistema de drenaje subterráneo seguirá compuesto por cunetas, sedimentadores, sumideros y taladros de drenaje ubicados principalmente en los niveles subterráneos 3,732, 3,600 y 3,640. Toda el agua residual, producto del avance de las labores de explotación e infiltración subterránea, serán canalizados hacia los sumideros de los niveles subterráneos mencionados. Posteriormente, el agua será bombeada a los sedimentadores de superficie y este a su vez derivará en las pozas de rebombeo del nivel 3,750 y 3,660 existentes en el tajo Chaquicocha. Las aguas de las bocaminas y facilidades superficiales ubicadas sobre el nivel 3,750 serán derivadas a la poza de rebombeo del nivel 3,750 y las que se encuentran bajo ese nivel derivarán a la poza de rebombeo del nivel 3,650. Todas las aguas acumuladas en la poza de rebombeo serán entregadas al SIMA.

Es importante resaltar que la II MEIA no considera el incremento de la cota de fondo en ninguna de las operaciones (principalmente de los componentes tajo Chaquicocha - Etapa 3 y Chaquicocha Subterráneo), con respecto al plan de minado presentado y aprobado en la I MEIA, por lo que no se espera ninguna modificación significativa del nivel piezométrico. De esta forma, las actividades propuestas en la II MEIA con respecto a la condición base (I MEIA) no genera abatimiento en la piezometría, esta conclusión se respalda en que el incremento del impacto es nulo (no hay reducción de flujo base subterráneo, ver

Tabla 5.4.1-14, *Impactos al Flujo Base de la II MEIA Yanacocha*). La forma de calcular este abatimiento consiste en restar los dos escenarios descritos para el cálculo de los impactos (escenarios caso "Sin Proyecto" – caso "Con Proyecto"). Cabe mencionar que en ambos escenarios se toma la piezometría del final del periodo seco.

En conclusión, se desestima la evaluación del impacto AST-1: Cambio en el Nivel Freático, por las consideraciones descritas a continuación

1. Las actividades propuestas en la II MEIA con respecto a la condición base (I MEIA) no genera abatimiento en la piezometría, esta conclusión se respalda en que incremento del impacto es nulo (no hay reducción de flujo base subterráneo).
2. En relación con un posible efecto de las actividades del Proyecto sobre la calidad de agua subterránea, se ha identificado que existe sólo un riesgo de alteración de calidad de agua subterránea asociada a la posible ocurrencia de eventos peligrosos como derrames (aguas residuales, lodos y sustancias químicas), fugas o filtraciones (aguas de contacto y relaves), entre otros. Todos estos riesgos han sido descritos en la Sección 5.1 *Registro de Aspectos e Impactos Ambientales*.

Con relación a las medidas de manejo de los recursos hídricos, en la subsección Medidas de Prevención, Minimización, Rehabilitación y Compensación Propuestas (Agua superficial), se indica que como medida de mitigación por la potencial reducción de flujo en los cursos de aguas superficiales considerados en los IGA's anteriores, MYSRL continuará con la descarga de aguas tratadas en las microcuencas de origen, provenientes del Sistema Integral de Manejo de Aguas, en los puntos de vertimiento autorizados. Si bien se estimó que no habrá ningún impacto los recursos hídricos (en términos de cambios en el caudal o en el nivel freático) al final del Proyecto (II MEIA), las descargas aprobadas se mantendrán como flujo de mitigación al flujo base y como flujo de compromiso social. La Tabla 6.1-5, Flujos de Descarga para Mitigación, 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. 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 el D.S N° 010-2010-MINAM.

Observación 31

De la evaluación de Impactos Ambientales, deberá presentar un resumen de los impactos ambientales identificados referidos a la afectación a la calidad y cantidad de agua superficial y subterránea; así como bienes asociados e infraestructura hidráulica, la evaluación debe realizarse en base a las observaciones anteriores realizadas como por ejemplo: la disminución del caudal base y/o manantiales referido a las operaciones, demanda de agua, vertimiento de aguas residuales hacia los cuerpos de agua, entre otros impactos descritos en las observaciones anteriores, la calificación del impacto debe basarse en los modelos numéricos. Asimismo, presentar un resumen de las medidas de manejo ambiental y/o compensación ambiental referida al recurso hídrico, de manera concisa.

Respuesta:

Cabe aclarar que en la subsección 5.4.1.5 Impactos sobre los Recursos Hídricos Superficiales y en la Subsección 5.4.1.6 Impactos sobre los Recursos Hídricos Subterráneos se describen y valorizan (califican) con detalle los impactos potenciales sobre calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos considerados desde la situación actual (I MEIA) hasta el cierre progresivo de la mina en el año 2040 (II MEIA). A continuación, se presenta un resumen de estos impactos ambientales.

Impactos sobre los Recursos Hídricos Superficiales

Se han identificado tres potenciales impactos en el componente de recursos hídricos superficiales referidos a la alteración de la calidad del agua superficial (ASF-1), alteración del área de drenaje (ASF-2) y cambio en el caudal de los cursos de agua superficial (ASF-3). Cabe precisar que estos impactos (ASF-1, ASF-2, ASF-3) han sido evaluados bajo un escenario actual (condición Base o Sin Proyecto) y otro escenario considerando la modificación de los componentes que son parte de la II MEIA (condición Con Proyecto).

Un resumen de los impactos potenciales identificados para la calidad y cantidad de agua superficial y sus valoraciones respectivas se presentan en la Tabla ANA 31-1, *Impactos Potenciales del Proyecto – Recursos Hídricos Superficiales*.

Tabla ANA 31-1 Impactos Potenciales del Proyecto – Recursos Hídricos Superficiales

| Código | Impacto | Descripción |
|--------|--|---|
| ASF-1 | Alteración de la Calidad de Agua Superficial | <ul style="list-style-type: none"> Etapa de Construcción Durante las etapas de construcción se requerirá las actividades de preparación del terreno, lo cual implica el desbroce y retiro de suelo orgánico, con el objetivo de habilitar las nuevas áreas para la implementación de las instalaciones propuestas, que provocarían la alteración de la calidad de agua superficial de los cursos de agua cercanos a los componentes propuestos en la II MEIA, por el incremento del sólidos totales suspendidos (STS) por escorrentía, y/o por el incremento de escorrentías. Asimismo, el retiro de la cobertura vegetal y movimiento de tierra en zonas específicas dejará superficies de suelos expuestos a procesos de erosión eólica e hídrica ocasionando el potencial arrastre de sedimentos y la descarga de éstos a cuerpos de agua superficial, especialmente en temporada de lluvia, pudiendo influenciar la calidad de éstos. El impacto durante esta etapa implica una degradación de la calidad del agua, principalmente principalmente por el aporte de sedimentos en áreas expuestas, debido al movimiento de tierras (manejo de material inadecuado) en el tajo Chaquicocha – Etapa 3, desbroce y movimiento de suelo orgánico en el Depósito de Desmonte - Relleno del Tajo (Backfill) Carachugo - Etapa 3 y retiro de suelo orgánico por la infraestructura del SIMA asociada a la implementación y/o construcción de pozas, los cuales están relativamente cercanos a cuerpos de agua ubicados en las partes altas de las quebradas Ocucho Machay (microcuenca del río Azufre), San José (microcuenca de la |

| Código | Impacto | Descripción |
|--------|--------------------------------|--|
| | | <p>quebrada San José), Shillamayo (microcuenca del río Shoclla) y río Colorado (quebrada Honda) respectivamente.</p> <p>Dichas quebradas, al igual que otros cursos de aguas en el área de influencia, presentan condiciones pre-mina e históricas de pH ácido y elevadas concentraciones de algunos metales debido a que se ubican en las partes altas de las cuencas, las cuales corresponden a zonas naturalmente mineralizadas. Sin embargo, las medidas de manejo de agua de escorrentías y control de sedimentos consideradas permitirán que los cambios potenciales en la cantidad de sedimentos en el agua, particularmente en un incremento en los niveles de sólidos totales suspendidos, sea mínimo y manejados dentro del límite del Proyecto (no superarán el ECA). Si es que se manifiesta este impacto, los cursos de agua afectados podrían recuperar rápidamente su calidad al ser diluidos por los aportes de otras fuentes de agua conforme fluyan aguas abajo y/o por las medidas de control de sedimentos implementadas durante las actividades constructivas del presente Proyecto.</p> <p>Dado que el Proyecto se encuentra actualmente en operación y que el área donde se desarrollarán los componentes propuestos se encuentran dentro del área de gestión del agua de la Unidad Minera Yanacocha, las áreas a intervenir durante la etapa de construcción, se emplearán las mismas medidas de control de erosión y del arrastre de sedimentos (canales de derivación, pozas de sedimentación, barreras de control de sedimentos, serpentines y diques), que forman parte del SIMA, lo cual afectarían poco los cursos de aguas (tramos de quebradas en las partes altas), se ha obtenido una calificación del impacto de -22, que correspondería a un impacto de importancia Irrelevante Negativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <p>Etapa de Operación</p> <p>Este impacto será de baja importancia durante la etapa de operación, debido a que las medidas de control de sedimentos establecidas (cunetas, canales de coronación, pozas de sedimentación, entre otras) se mantendrán para asegurar la protección de los recursos hídricos superficiales. Las actividades generadoras de este impacto corresponden principalmente al tratamiento y descarga de aguas de contacto y no contacto, lo cual incluye el manejo y descarga de efluentes industriales tratados y aguas de no contacto (escorrentías) a los cuerpos receptores, a través de los 14 puntos de descarga (DCPs) presentes en el área de influencia del Proyecto, que forman parte del sistema de manejo integrado de aguas (SIMA) en la Unidad Minera Yanacocha.</p> <p>Según los resultados del modelo actual de transporte de masa química (WSP, 2019), indican que no se espera un impacto sobre la calidad de agua ni cambie sus características significativamente por los cambios considerados en la II MEIA. Complementariamente, la implementación de las medidas propuestas en el PIA 2017 permitirán que la calidad de agua que se produce en el Caso Sin Proyecto y en consecuencia en el Caso con Proyecto, cumplan con los estándares de calidad de agua para cada una de las 6 microcuencas que se encuentran en el límite de estudio.</p> <p>Dado que las medidas de manejo de agua y control de sedimentos ya han sido implementadas como parte del Proyecto, la calificación del impacto es de -24, que correspondería a un impacto de importancia Irrelevante Negativa.</p> <p>Etapa de Cierre</p> <p>El tratamiento de las aguas de contacto y no contacto durante la etapa de cierre, provenientes del manejo de agua de algunos componentes, provocaría una potencial alteración de la calidad de agua superficial de los cursos de agua cercanos. De esta forma, se realizará la colección y bombeo de aguas de contacto y no contacto en el entorno de diferentes componentes, las cuales posteriormente serán tratadas en las plantas de tratamiento, y una vez tratadas serán descargadas a los cuerpos receptores, como parte del manejo integrado de las aguas en la Unidad Minera Yanacocha.</p> <p>La calificación de este impacto en esta etapa corresponde a una Importancia de condición Irrelevante Negativa (CI=-20).</p> |
| ASF-2 | Alteración del área de drenaje | <ul style="list-style-type: none"> <p>Etapa de Construcción</p> <p>La implementación de nuevos componentes ocasiona una reducción del área de contribución de las microcuencas de interés, en especial en la quebrada Honda de acuerdo a los resultados del modelo hidrológico SMA.</p> |

| Código | Impacto | Descripción |
|--------|---|---|
| | | Los resultados del modelo hidrológico muestran la reducción del área de drenaje, como área de contribución de las microcuencas, en un orden de -0.01%, la cual únicamente se asocia a la microcuenca de la quebrada Honda por la implementación y/o construcción de la poza de agua tratada DCP 1 (Poza Yajayri). Sin embargo, se prevé que la afectación será mínima, considerando que se tiene previsto la incorporación de dos (02) pases aéreos en la zona a efectos de minimizar el impacto al cuerpo de agua. Finalmente, la calificación del impacto (CI) alcanza un valor de -25, el cual corresponde a un impacto de Importancia Moderada Negativa. |
| ASF-3 | Cambio en el caudal de agua superficial | <ul style="list-style-type: none"> Etapa de Construcción Este efecto es definido a partir del ligero cambio en el caudal que se producirán principalmente en las áreas no disturbadas y de manera puntual y específica en la quebrada Honda. Esta tasa de reducción del caudal medio anual es del orden de 0.01% estimados para un año normal, húmedo y seco asociado básicamente a la pérdida de área de drenaje por la implementación y/o construcción de la poza de agua tratada DCP 1 (Poza Yajayri) en la microcuenca de la quebrada Honda, mientras que, para las demás microcuencas de interés, la reducción del caudal es Nula. Finalmente, la calificación final del impacto (CI) alcanza un valor de -19 el cual es considerado como un impacto de importancia Irrelevante Negativa, la cual se atribuye a que el cambio es poco significativo en el caudal de agua en relación a la condición basal. |

Impactos sobre los Recursos Hídricos Subterráneos

Es importante precisar, que se ha desestimado algún impacto sobre los recursos hídricos subterráneos por las actividades y operación de los componentes (principalmente tajo Chaquicocha - Etapa 3 y Chaquicocha Subterráneo) de la II MEIA durante las diferentes etapas del Proyecto, referido al cambio en el nivel freático/cantidad de agua subterránea, de acuerdo con los resultados del modelo numérico hidrogeológico:

- El tajo Chaquicocha - Etapa 3 mantendrá la cota mínima de 3,590 msnm aprobado en el SYE V; por lo tanto, no requerirá de instalaciones adicionales a las aprobadas en el SYE V. Por tanto, para la II MEIA las actividades de desaguado del tajo Chaquicocha Etapa 3 no producirá cambios adicionales al nivel freático del impacto ya aprobado, es decir, que no alterará el régimen hídrico subterráneo en el área de influencia de la unidad minera Yanacocha ni habrá reducción de la contribución de los cuerpos de agua subterránea hacia los cuerpos superficiales.
- Para el caso de Chaquicocha subterráneo, el sistema de drenaje subterráneo seguirá compuesto por cunetas, sedimentadores, sumideros y taladros de drenaje ubicados principalmente en los niveles subterráneos 3,732, 3,600 y 3,640. Toda el agua residual, producto del avance de las labores de explotación e infiltración subterránea, serán canalizados hacia los sumideros de los niveles subterráneos mencionados.

Un resumen del sustento de la desestimación y no valorización del impacto sobre la calidad y cantidad de agua subterránea (incluyendo manantiales) se presentan en la Tabla ANA 31-2, *Impactos Potenciales del Proyecto – Recursos Hídricos Subterráneos*.

Tabla ANA 31-2 Impactos Potenciales del Proyecto – Recursos Hídricos Subterráneos

| Código | Impacto | Descripción |
|--------|-----------------------------|--|
| AST-1 | Cambio en el nivel freático | Como parte del modelo, se han realizado las simulaciones predictivas correspondientes al periodo de operaciones que representa la implementación del proyecto Yanacocha, el cual se extiende hasta noviembre de 2040 y la simulación de clausura que reproduce la respuesta del sistema hidrogeológico durante un periodo de 50 años, una vez se terminen las actividades extractivas. |

| Código | Impacto | Descripción |
|--------|---------|---|
| | | <p>Para simular la evolución de los tajos mineros y mantener el fondo seco, se simularon pozos de bombeo manteniendo así el nivel piezométrico por debajo de la cota de minado según el período que corresponda.</p> <p>Es importante resaltar que la II MEIA no considera el incremento de la profundización en ninguno de los componentes con respecto a lo aprobado en la I MEIA, por lo que no se espera ninguna modificación del nivel piezométrico. De esta forma, las actividades propuestas en la II MEIA con respecto a la condición base (I MEIA) no ocasiona reducción en la piezometría, lo cual se respalda en que el incremento del impacto es nulo (no hay reducción de flujo base subterráneo). En relación a la afectación de manantiales, cabe resaltar que la implementación de los componentes propuestos de la II MEIA se realizará mayormente sobre áreas disturbadas y revegetadas dentro de la zona operativa, y no involucrará la superposición o afectación directa de los manantiales o filtraciones identificados en el área del Proyecto. Asimismo, se ha desestimado la afectación de algún manantial (en términos de nivel o flujo) asociado al cambio en el nivel freático/cantidad de agua subterránea, basado en los resultados del modelo hidrogeológico, ya que se ha descartado algún rebajamiento en el nivel freático en el área de influencia del Proyecto, debido a que la II MEIA no considera el incremento de la cota de fondo en ninguna de las operaciones (principalmente de los componentes tajo Chaquicocha - Etapa 3 y Chaquicocha Subterráneo), con respecto al plan de minado presentado y aprobado en la I MEIA, por lo que no se espera ninguna modificación significativa del nivel piezométrico.</p> <p>Finalmente, en base al contexto descrito líneas arriba, se desestima la evaluación del impacto AST-1: Cambio en el Nivel Freático.</p> <p>Por otro lado, En relación con un posible efecto de las actividades del Proyecto sobre la calidad de agua subterránea, se ha identificado que existe sólo un riesgo de alteración de calidad de agua subterránea asociada a la posible ocurrencia de eventos peligrosos como derrames (aguas residuales, lodos y sustancias químicas), fugas o filtraciones (aguas de contacto y relaves), entre otros.</p> |

Cabe aclarar que en la subsección 6.1.4.2 Medidas de Prevención, Minimización, Rehabilitación y Compensación Propuestas (Agua superficial) y en la Subsección 6.1.4.3 Medidas de Prevención, Minimización, Rehabilitación y Compensación Propuestas (Agua superficial) se describen con detalle las medidas de mitigación ambiental sobre la calidad y cantidad de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. En la Tabla ANA 31-3, *Medidas de Manejo de Recursos Hídricos y Subterráneos*, se presenta un resumen de estas medidas de manejo.

Tabla ANA 31-3 Medidas de Manejo de Recursos Hídricos y Subterráneos

| Componente Ambiental | Medidas Prevención, Minimización, Rehabilitación y/o Compensación |
|--|---|
| | II MEIA Yanacocha |
| RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES | <p>En relación con las medidas de prevención de los procesos de erosión y la generación de sedimentos, MYSRL considera un Plan de Control de la Erosión y Sedimentos, para minimizar la erosión de suelos y el transporte de sedimentos hacia los cursos de agua receptores, es decir, medidas para limitar y controlar la erosión y la generación de sedimentos en la fuente, dentro y en los alrededores del área del Proyecto, de acuerdo con las necesidades específicas de cada componente. Las estructuras de control de sedimentos comprenden canales de coronación o perimetrales, barreras de control de sedimentos (barreras de pacas de paja, de roca, costales de arena, entre otros) coberturas (mantas, mallas, geomembrana, coberturas vegetales, rip-rap), bermas, cerco de sedimentos, entre otros. Estas medidas de manejo del sedimento forman parte del sistema de tratamiento físico del SIMA de la Unidad Minera Yanacocha y continuarán ejecutándose para las diferentes etapas de la presente II MEIA.</p> <p>En el área del Proyecto se cuenta con varias estructuras de control de sedimentos, las cuales sirven para controlar los sedimentos que no puedan controlarse en las fuentes, las cuales incluyen las presas o diques de retención y los serpentines. Asimismo, existen estructuras de control de sedimentos aguas abajo de las instalaciones mineras, correspondientes a los diques mayores, las cuales sirven para</p> |

| Componente Ambiental | Medidas Prevención, Minimización, Rehabilitación y/o Compensación |
|----------------------|---|
| | II MEIA Yanacocha |
| | <p>disminuir a niveles adecuados el nivel de sedimentos en los cursos de agua de mayor jerarquía (río Grande y río Azufre). Adicionalmente, existen pozas de sedimentación que se constituyen en estructuras pequeñas y temporales que sirven para captar y almacenar los sedimentos provenientes de lugares desbrozados previamente al establecimiento de la vegetación o de la construcción de instalaciones.</p> <p>Las medidas para prevenir la alteración de la calidad de las aguas por incremento de la carga de sedimentos, están relacionadas con las medidas de control de erosión y arrastre de sedimentos, las que están constituidas principalmente por sistemas de captación y derivación de agua superficial (drenaje superficial) incorporados dentro del diseño de los componentes del Proyecto, de acuerdo al tipo de instalación a implementar (ampliaciones de tajo, ampliación del depósito de desmonte y relleno del tajo, depósito de relaves, pila de lixiviación, etc.). Estas medidas están referidas al sistema de captación de agua que forman parte del SIMA de la Unidad Minera Yanacocha, el cual está diseñado para coleccionar de manera diferenciada las aguas de contacto y no contacto.</p> <p>Por la implementación del tajo Chaquicocha Etapa 3, la escorrentía superficial, hidrográficamente descarga hacia las quebradas Ocucho Marchay y Chaquicocha en la microcuenca del Río Azufre. Sin embargo, estas aguas no son descargadas directamente, por el contrario, serán derivadas Sistema Integral de Manejo de Aguas – SIMA, donde son captadas y tratadas antes de ser descargadas cumpliendo con los límites establecidos por ley.</p> <p>El manejo de agua para el Relleno Carachugo Etapa 3 se realizará mediante los canales de colección en las banquetas y los canales de derivación que descargarán en las pozas de sedimentación y en cabezales. Posteriormente, se realizará el traslado del agua hacia el banco inferior hasta llegar a las pozas de acumulación y bombeo. Finalmente, luego de un proceso de sedimentación física, se deriva las aguas mediante sistemas de bombeo para continuar con el Sistema Integral de Manejo de Aguas – SIMA, para su tratamiento y posterior descarga al ambiente. Para el resto de los componentes propuestos, los cuales consideran la ampliación de instalaciones ya existentes, se continuará con el manejo de escorrentías, control de erosión y sedimentos, actualmente operativos que forman parte del sistema de manejo integrado de la unidad minera Yanacocha.</p> <p>Las medidas de manejo de agua de contacto del SIMA consideran la colección y el tratamiento de todas las filtraciones y escorrentías (aguas de contacto y procesos) provenientes de las principales fuentes de este impacto (tajos, depósitos de desmonte y pilas de lixiviación). La captación de las aguas de contacto en las diferentes instalaciones se realiza por medio de canales, tuberías, subdrenes, bombas, entre otras infraestructuras hidráulicas complementarias, y posteriormente es derivada hacia las correspondientes plantas AWTP, para su tratamiento y posterior descarga a los puntos autorizados.</p> <p>Para el caso de los tajos, el sistema de manejo de aguas incluye un sistema de colección de agua superficial y, en donde el régimen hidrogeológico lo requiera, un sistema de desaguado para coleccionar agua subterránea, el cual reducirá la cantidad de agua en contacto con las paredes del tajo. En las ampliaciones de los tajos, el agua de escorrentía superficial al interior de los tajos, será captado y discurrirá a través de los canales de drenaje o canales de coronación aledaños a los accesos internos y se derivarán a pozas de acumulación o a sumideros (sump), pozos de drenaje o desagüe y drenes horizontales, ubicados de acuerdo a las características geológicas existentes.</p> <p>En relación a los depósitos de desmonte, se considerará también el procedimiento sobre su gestión denominado YAN-ENV-SOP-1176, Manejo y Construcción de Canteras de Material de Préstamo, depósitos de Topsoil, desmonte PAG y no PAG, Stocks de mineral donde las medidas a implementar consisten en limitar, a través del manejo de sistemas de derivación, los flujos que entren en contacto con estas instalaciones; asimismo, se implementará –en los depósitos que lo requieran- sistemas de manejo de drenaje superficial para conducir los flujos de este tipo reduciendo su infiltración y –por lo tanto- un mayor contacto con el material almacenado.</p> <p>La prevención de la generación de drenaje ácido en otras áreas o componentes, como accesos, depósitos de material orgánico, entre otros, se alcanzará a través del uso de materiales inertes y/o a través de un adecuado manejo del drenaje superficial sobre y alrededor de dichas instalaciones.</p> <p>Con respecto al agua de contacto/proceso en instalaciones industriales, los flujos serán enviados a las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) existentes, al igual que en el caso del agua de contacto/proceso en instalaciones domésticas, en donde los flujos serán enviados a las</p> |

| Componente Ambiental | Medidas Prevención, Minimización, Rehabilitación y/o Compensación |
|----------------------|--|
| | II MEIA Yanacocha |
| | plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD), las cuales no presentan cambios con respecto a los IGA aprobados previamente. |
| | Para cumplir los nuevos LMP y ECA en las descargas, se plantea realizar una homogenización de las aguas que se distribuyen en la Zona Este de la operación minera, esta homogenización es entre las aguas almacenadas en el Buffer Pond Carachugo provenientes de las EWTP con las aguas almacenadas en la poza Llacanora proveniente de la planta AWTP Este. Esta homogenización de aguas permitirá mantener una calidad única de descarga de agua en los puntos de vertimiento de esta zona, así como también atenuar posibles excedencias de cobre que pudieran afectar en el punto de cumplimiento CP aguas abajo. |
| | El SIMA de la UM Yanacocha incluye el sistema de regulación y descarga de aguas tratadas el cual está compuesto por toda aquella infraestructura diseñada para almacenar, regular y descargar el agua tratada proveniente de los sistemas de tratamiento físico-químico (AWTP y EWTP). Este sistema ha sido diseñado para lograr descargar flujos desde los DCP en cumplimiento con los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas establecidos mediante el D.S. N° 010-2010-MINAM y generando condiciones para que en CP se alcance el cumplimiento de los ECA de agua Categoría 3 (Riego de Vegetales y Bebida de Animales), para el caso de las subcuencas de la quebrada Honda, río Azufre, río Rejo y río Quinario, y Categoría 1 - A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional), para el caso de la subcuenca del río Grande. El sistema de descarga actual (existente y aprobada) será la misma que usará los nuevos componentes de la II MEIA Yanacocha, pero podrían ser modificadas de acuerdo con los estudios de ingeniería en las siguientes etapas del proyecto. |
| | Con la finalidad de prevenir que se manifieste el riesgo de afectación de recursos hídricos superficiales, como consecuencia de derrames de sustancias peligrosas, MYSRL implementará medidas tales como el uso de materiales de muy baja permeabilidad en la base de las áreas en las cuales se almacenarán o manipularán reactivos químicos, hidrocarburos y materiales contaminantes. MYSRL aplicará los procedimientos operativos y ambientales de manejo de materiales peligrosos, planes de contingencias, entre otros aplicables para la prevención de la manifestación de los riesgos de alteración de recursos hídricos superficiales. |
| | Se minimizará las áreas a ser ocupadas por la infraestructura o componente requerido para la operación, procurando mantener en lo posible la condición de drenaje natural y utilizando áreas previamente disturbadas. Se implementarán sistemas de drenaje superficial y conducción de aguas de no contacto que permitan la intercepción de la escorrentía natural en el perímetro de los componentes (canales de coronación), para derivarla hacia los cauces naturales, inmediatamente aguas abajo de dichas instalaciones. Se protegerá los cauces donde por efecto de las actividades o emplazamiento de infraestructura, se modifiquen las características hidráulicas del flujo a fin de evitar erosión, socavación y consecuente transporte de sedimentos hacia aguas abajo. La protección se puede realizar mediante el revestimiento de las estructuras de conducción, la construcción de obras de drenaje longitudinal (cunetas) y transversal en las vías (alcantarillas) y estructuras de disipación de energía. |
| | Medidas de manejo de aguas: MYSRL implementará sistemas de coronación en las instalaciones de la presente MEIA que lo requieran, para así poder captar los flujos sin contacto con dirección a dichas instalaciones, y desviar dichos flujos hacia el entorno, evitando su incorporación al sistema integral de manejo de aguas de la unidad minera Yanacocha, logrando así prevenir la ocurrencia de reducciones de flujo en los cursos de agua del entorno. |
| | Medidas de demanda de agua: Con base en la versión actualizada del balance de aguas (WSP, 2019), debe indicarse que la implementación de los componentes del caso Con proyecto y sus optimizaciones operativas producen un consumo de agua mayor al consumo del caso sin proyecto, y por lo tanto, una reducción en los volúmenes descargados en los DCP's; a pesar de la reducción del volumen de descarga, el manejo adecuado de los circuitos de agua y plantas de tratamiento, así como el almacenamiento temporal del agua tratada, permiten que las descargas cumplan, durante todo el periodo de análisis (2020 – 2040), los compromisos de descarga en DCP's y canales. Este cumplimiento |

| Componente Ambiental | Medidas Prevención, Minimización, Rehabilitación y/o Compensación |
|--------------------------------|---|
| | II MEIA Yanacocha |
| | <p>es posible porque el volumen total de agua tratada y disponible para descarga (33.8 Hm³ en promedio), supera el volumen mínimo para compromiso de descarga en DCP's y canales.</p> <p>Medidas de mitigación de flujos base: Como medida de mitigación por la potencial reducción de flujo en los cursos de aguas superficiales considerados en IGA's anteriores, MYSRL continuará con la descarga de aguas tratadas en las microcuencas de origen, provenientes del Sistema Integral de Manejo de Aguas, en los puntos de vertimiento autorizados. El plan de mitigación de MYSRL consiste en asegurar la descarga desde sus instalaciones, a través del SIMA, con el flujo suficiente de agua en las diferentes microcuencas para mantener los flujos base que habría durante la época seca. 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. Es importante mencionar que el flujo que se descarga en los puntos de vertimiento es agua tratada que cumple con los LMPs de efluentes líquidos de actividades minero- metalúrgicas que exige la autoridad según D.S N° 010-2010-MINAM. La presente II MEIA Yanacocha no considera una reubicación de los puntos de vertimiento aprobados en el EIA original y posteriores modificaciones; y el incremento de descarga en los puntos de vertimiento es menor al volumen de descarga anual según las resoluciones de autorización de vertimiento de aguas residuales industriales aprobadas.</p> |
| RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS | <p>No se cuenta con medidas de mitigación para la reducción del nivel freático. Dicha reducción es necesaria para la continuidad de las operaciones de la unidad minera Yanacocha. Sin embargo, las medidas de mitigación propuestas se dirigen a minimizar los impactos indirectos a la reducción de este nivel, como es la disminución del flujo base en las quebradas aledañas. 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. Asimismo, se ha descartado la afectación de algún manantial debido al rebajamiento del nivel freático asociado al desaguado de los tajos dentro del área de influencia del Proyecto, por lo que no se requiere la provisión de flujos de mitigación asociados a impactos sobre los manantiales. Durante las operaciones del Proyecto se continuará con la implementación del sistema de manejo de aguas de no contacto, que consiste en sistemas de coronación que rodean los componentes mineros, para así poder captar los flujos sin contacto con dirección a dichas instalaciones, y desviar dichos flujos hacia el entorno, evitando su incorporación al sistema integral de manejo de aguas de la unidad minera Yanacocha, logrando así prevenir la ocurrencia de reducciones de flujo en los cursos de agua del entorno. Durante el cierre y post cierre, la reducción del bombeo de agua subterránea por la explotación de los tajos permitirá la recuperación progresiva del nivel freático, lo que a su vez recuperará el caudal base de las quebradas aledañas, retomando a sus condiciones naturales del régimen hidrológico.</p> <p>Para reducir la cantidad de agua de contacto se implementarán sistemas de coronación que permitan captar los flujos sin contacto y con dirección a áreas con componentes de la presente Modificación, y desviar dichos flujos hacia el entorno, reduciendo la cantidad de agua que podría infiltrarse al sistema subterráneo desde dichos componentes. Estos sistemas de coronación serán implementados en la ampliación de los tajos, Chaquicocha subterráneo, depósitos de desmonte-relleno del tajo (backfill), pila de lixiviación y algunas instalaciones auxiliares. El diseño de las instalaciones propuestas en presente II MEIA considera, en donde es ingenierilmente factible, mecanismos de reducción (a través del uso de materiales de baja permeabilidad, por ejemplo), control (a través de la implementación de sistemas de drenaje y sub-drenaje, por ejemplo) y colección (a través de pozas de colección de filtraciones, por ejemplo) de filtraciones.</p> <p>Con respecto a los tajos, la reducción de la infiltración se realizará a través de las tareas de manejo de agua superficial, procedente de la precipitación directa y la escorrentía dentro de sus límites, disminuyendo el tiempo de contacto y por lo tanto reduciendo la cantidad de agua superficial que podría infiltrarse, ya que en ninguno de los casos se proyecta implementar un recubrimiento de baja permeabilidad. En el caso del control y colección de las filtraciones generadas desde los tajos, las medidas diferirán dependiendo de su desarrollo y su ubicación relativa con el nivel freático. De esta forma, las posibles filtraciones de los tajos de la II MEIA serán captadas en los sistemas de desaguado y posteriormente enviadas, a través del sistema integral de manejo de aguas de la unidad minera Yanacocha, a la planta de tratamiento de aguas ácidas AWTP.</p> |

| Componente Ambiental | Medidas Prevención, Minimización, Rehabilitación y/o Compensación |
|----------------------|---|
| | II MEIA Yanacocha |
| | <p>En el caso del desarrollo de Chaquicocha Subterráneo, la ocurrencia de filtraciones se controlará a través del manejo de agua superficial dentro de dichas labores, mediante un adecuado sistema de bombeo.</p> <p>Con respecto a las instalaciones para disponer el material de desmonte, los depósitos de desmonte contarán con su respectivo sistema de sub-drenaje el cual permitirá captar las filtraciones, producto de la infiltración de una fracción de la precipitación que incida sobre dicha instalación. El funcionamiento de este sistema de sub-drenaje permitirá que las filtraciones, o al menos la mayor parte de estas, sean captadas antes de su incorporación al sistema subterráneo y sean enviadas a su respectiva poza de almacenamiento de agua de sub-drenaje, para su posterior incorporación en el sistema integral de manejo de aguas y su manejo en la planta de tratamiento de aguas ácidas AWTP. Las filtraciones procedentes de los depósitos de desmonte que no cuenten con sistemas de sub-drenaje serán colectadas a través de los sistemas de desaguado de los tajos y enviadas también a la planta AWTP.</p> <p>Finalmente, cualquier filtración no captada en el sistema de sub-drenaje de la plataforma de lixiviación será colectado a través de los sistemas de desaguado de los tajos y el efecto sumidero que estos sistemas generarán. Las filtraciones colectadas a través del sistema de sub-drenaje serán enviadas a la poza de agua de exceso, y el agua excedente dentro del manejo de la pila será enviada a la planta de tratamiento de aguas excedentes EWTP. En este sentido, no se esperan filtraciones que abandonen la pila de lixiviación dadas las características del sistema de colección de solución y el sistema de sub-drenaje de dicha instalación.</p> <p>En general, las filtraciones que ocurran en las áreas operativas y que no puedan ser colectadas a través de los sistemas específicos de las instalaciones donde ocurran, serán captadas por el sumidero creado por el sistema de desaguado de los tajos presentes.</p> |

Observación 32

Con referencia al programa de monitoreo de calidad de agua superficial, subterránea y efluentes, deberá considerar lo siguiente:

a. El monitoreo de la cantidad y calidad de agua superficial, subterránea y efluentes, deberá ser concordante con la Línea Base, el inventario de fuentes de agua, vertimientos y los componentes del proyecto en base al Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), los parámetros deberán estar acorde a lo señalado en los Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM y la Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales, aprobado mediante Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA.

b. Presentar un plano y tabla del Programa de monitoreo de calidad de agua superficial, efluente, subterránea, que incluya: código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (UTM, datum WGS 84, zona correspondiente), parámetros de monitoreo, normativa aplicada, frecuencia de monitoreo, etapa y reporte; adjuntar los archivos digitales (kml, cad, gis) para validar la información.

c. Presentar la ubicación y el tipo de estación hidrométrica para el monitoreo de los caudales, método de estimación de los caudales, la frecuencia de los aforos, y un plano de la ubicación de las estaciones hidrométricas.

d. Presentar un plano y tabla del Programa de monitoreo de calidad de agua superficial, efluente, subterránea, que incluya: código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (UTM, datum WGS84, zona correspondiente), parámetro de monitoreo, normativa aplicada, frecuencia de monitoreo, etapa (construcción, operación, cierre y post cierre) y reporte; adjuntar los archivos digitales (kml, cad, gis) para validar la información.

Respuesta:

a. Cabe resaltar que el Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) ha sido diseñado considerando los resultados de la identificación y evaluación de impactos potenciales del Proyecto (ver Sección 5.0, *Caracterización de Impactos Ambientales*), orientado a evaluar el comportamiento de los componentes ambientales que pueden ser afectados por el desarrollo de las actividades del Proyecto. Cabe aclarar que el PVA de la I MEIA Yanacocha se hace extensivo a los alcances de la presente II MEIA; en vista que los cambios propuestos se emplazarán dentro del área actual de operación, así como dentro de las áreas de estudios, y áreas de influencia ambiental relacionadas a la I MEIA Yanacocha aprobada. El plan de monitoreo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos es descrito en detalle en la Subsección 6.2.2 Plan de Monitoreo Ambiental, en el cual se presenta la normativa aplicable, la metodología a usar (registros y/o colecta de información, estándares de referencia), los parámetros, la frecuencia y las estaciones de monitoreo, así como los reportes de monitoreo para cada uno de los componentes hídricos (calidad de agua superficial, efluentes, manantiales, calidad de agua subterránea).

Así mismo, cabe precisar que en la Subsección 6.2.2.6 Monitoreo de Calidad de Agua Superficial se detalla y/o sustenta la normativa a tener en cuenta para el monitoreo de calidad de agua superficial de la presente II MEIA, para lo cual se considera la i) evaluación en el cumplimiento de ECA para Agua y ii) la aplicación para la clasificación de cuerpos de agua, lo cual es concordante con la descripción de la línea base de recursos hídricos:

Aplicación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua:

- Mediante Primera Disposición Complementaria Transitoria del D.S. N° 004-2017-MINAM (Nuevos ECA para Agua), se describe textualmente que “...los titulares que **antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán**

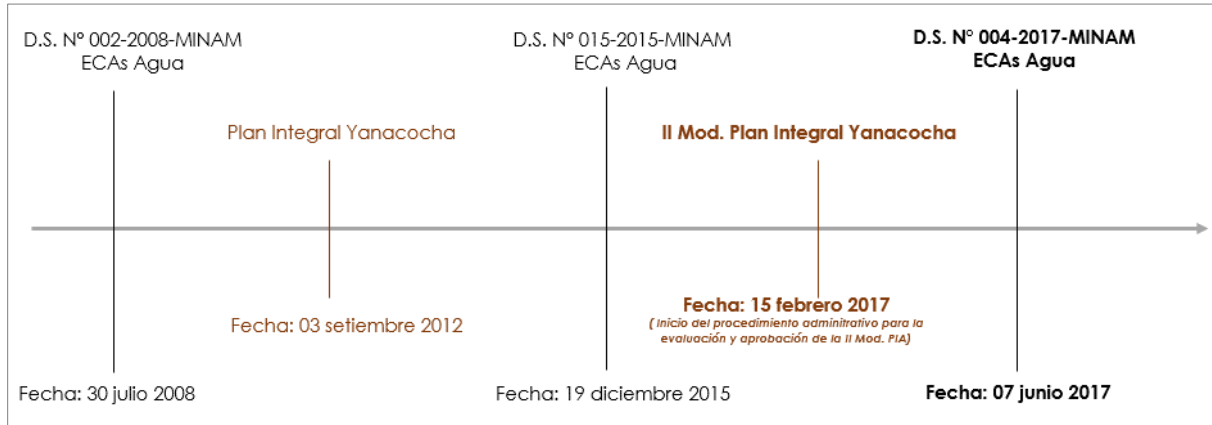
en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento. Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo...”.

- Asimismo, referente a ello, la Primera Disposición Complementaria Final del mismo Decreto Supremo, indica textualmente “...la aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, **se realiza en la actualización o modificación de los mismos**, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA)...”.

En ese sentido y teniendo en cuentas ambas premisas, se sustenta lo siguiente:

1. Las estaciones que forman parte del programa de monitoreo de calidad de agua superficial para la II MEIA Yanacocha, fueron aprobadas en los siguientes Instrumentos de Gestión Ambiental (IGAS) de acuerdo al siguiente detalle:
 - Las estaciones CP3 y CP6 fueron aprobadas en la Tercera Modificación del EIA del Proyecto Suplementario Yanacocha Oeste mediante R.D. N° 049-2013-MEM/AAM.
 - Las estaciones CP1, CP10, CP11, CP5 y CP14 fueron aprobadas en la Quinta Modificación del EIA de la Ampliación del Proyecto Carachugo Suplementario Yanacocha Este mediante R.D. N° 361-2016-MEM-DGAAM) respectivamente y con ello los parámetros a ser considerados de manera referencial
2. Si bien es cierto, las estaciones que forman parte del Programa de Monitoreo propuesto para la II MEIA Yanacocha cuentan con IGAs correspondientes de aprobación, es importante resaltar a la Autoridad, que recién con la aprobación de la “*Plan Integral para la Implementación de LMP de Descargas de efluentes Minero Metalúrgicos y Adecuación de ECA de Agua*” aprobado por R.D. N° 343-2014-MEM-DGGA (07 de julio de 2014), se consideran los parámetros que constituyen un referente obligatorio y que deberán de cumplir en estricto como parte de su programa de monitoreo. En ese contexto, los parámetros y valores de los ECA considerados como parte del Plan Integral aprobado se basan en los ECAs regulados por el D.S. N° 002-2008-MINAM.
3. Con finalidad de adecuar Yanacocha sus operaciones a los ECA para Agua, presentó mediante Escrito N° 2681700 del 15 de febrero de 2017, su “*Segunda Modificación del Plan Integral para la Implementación de LMP de Descarga de Efluentes Minero-Metalúrgicos y Adecuación a los ECA's para Agua*” a la DGAAM del MEM, para su evaluación y aprobación correspondiente en base a la Cuarta Disposición Complementaria Final del D.S. N° 015-2015-MINAM. Asimismo, como parte del artículo 1° de mencionada norma, se modificaron los parámetros y valores de los ECA para Agua, aprobados por D.S. N° 002-2008-MINAM. Esta II Modificación del Plan Integral actualmente se encuentra en evaluación correspondiente por parte de la Autoridad sectorial (MEM).
4. En base a lo anterior, como parte del D.S. N° 015-2015-MINAM se excluyeron a los siguientes parámetros de evaluación de la Categoría 3 (calcio, carbonatos, fosfatos, sodio, sulfuros, cromo+6, plata, salmonela y vibrio cholerae) y Categoría 1A2 (cianuro wad, detergentes SAAM, olor, sulfuros, plata y vanadio), por lo tanto, quedaría sin efecto su consideración para la presente II MEIA Yanacocha.
5. En ese sentido, considerando que el procedimiento administrativo para la evaluación y aprobación de la Segunda Modificación del Plan Integral se inició en febrero 2017 (**fecha anterior a la publicación del D.S. N° 004-2017-MINAM**), se consideró **como referencia vigente en su momento, los estándares de calidad ambiental para agua establecidos mediante el D.S. N° 015-2015-MINAM**, en base a lo establecido por la Primera Disposición Complementaria Transitoria del D.S. N° 004-2017-MINAM (ver Esquema ANA 32-1, *Línea de Tiempo ECAs*).

Esquema ANA 32-1 Línea de Tiempo ECAs



Se concluye:

- En base a las premisas anteriores, se considera como normativa referente de cumplimiento de los parámetros y valores de ECA a los ECAs establecidos por D.S. N° 002-2008-MINAM (evaluación de parámetros donde corresponda) y como normativa referencial (mientras aún no se aprueba la II Modificación del Plan Integral) a los ECAs establecidos por el D.S. N° 015-2015-MINAM y D.S. N° 004-2017-MINAM respectivamente.
- Finalmente, en ese contexto, no aplica considerar como referente obligatorio los Nuevos ECAs en base a lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Transitoria y Primera Disposición Complementaria Final del D.S. N° 004-2017-MINAM.

Aplicación de la Clasificación de Cuerpos de Agua:

Para la determinación de la categoría ambiental se ha tomado en cuenta los siguientes criterios:

- Mediante lo descrito en el artículo 3 de la R.J. N° 056-2018-ANA (Nueva Clasificación de Cuerpos de agua Continentales Superficiales), se describe 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 aprobada mediante Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA.**
- Asimismo, el mismo artículo 3 precisa lo siguiente “...luego de **aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en el Artículo 2 precedente, a efectos de aplicar la Clasificación de Cuerpos de Agua aprobada mediante la presente Resolución...**”. Es decir, refiriéndose a las categorías aprobadas por la R.J. N° 056-2018-ANA.

En ese sentido y teniendo en cuentas ambas premisas, se sustenta lo siguiente:

1. Con finalidad de adecuar Yanacocha sus operaciones a los ECA para Agua, **presentó mediante Escrito N° 2681700 del 15 de febrero de 2017**, su “Segunda Modificación del Plan Integral para la Implementación de LMP de Descarga de Efluentes Minero-Metalúrgicos y Adecuación a los ECA's para Agua” a la DGAAM del MEM, para su evaluación y aprobación correspondiente **en base a la Cuarta Disposición Complementaria Final del D.S. N° 015-2015-MINAM (Modifican los Estándares**

Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias para su Aplicación).

2. En ese sentido, considerando que el procedimiento administrativo para la evaluación y aprobación de la Segunda Modificación del Plan Integral se inició en febrero 2017 (**fecha anterior a la publicación de la R.J. N° 056-2018-ANA**), se consideró **como referencia vigente en su momento, la clasificación de cuerpos de agua aprobada por R.J. N° 202-2010-ANA**, en base a lo descrito en el artículo 3° de la R.J. N° 056-2018-ANA.
3. Como parte de la aprobación de la I MEIA Yanacocha (Stantec, 2019) y en base a la R.J. N° 056-2018-ANA se consideró la aplicación como Categoría 1-A2 del río Rejo a partir del 2023. Al respecto, para resaltar que el cumplimiento de la misma, está condicionado a la implementación de las mejoras tecnológicas de las plantas de tratamiento AWTP y EWTP La Quinua, en lugar de la planta de tratamiento AWTP Pampa Larga (Este) y EWTP Pampa Larga.

Esquema ANA 32-2 Línea de Tiempo Clasificación de Cuerpos de Agua



Se concluye:

- √ En base a los sustentos anteriores, para la elaboración y evaluación de la presente II MEIA Yanacocha, **se consideró como referencia vigente en su momento, la clasificación de cuerpos de agua aprobado por R.J. N° 202-2010-MINAM**, en base a lo establecido en el artículo 3 de la R.J. N° 056-2018-ANA
- b. Presentar un plano y tabla del Programa de monitoreo de calidad de agua superficial, efluente, subterránea, que incluya: código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (UTM, datum WGS 84, zona correspondiente), parámetros de monitoreo, normativa aplicada, frecuencia de monitoreo, etapa y reporte; adjuntar los archivos digitales (kml, cad, gis) para validar la información.

Cabe precisar que el Programa de monitoreo propuesto para los recursos hídricos y subterráneos se encuentra detallado en las Subsecciones 6.2.2.6 Monitoreo de Calidad de Agua Superficial, 6.2.2.7 Monitoreo de Efluentes, 6.2.2.8 Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea y 6.2.2.9 Monitoreo de Manantiales y Filtraciones; así como se incluye en la Tabla 6.2-14, *Programa Consolidado de Monitoreo Ambiental de Seguimiento y Control* de la presente II MEIA Yanacocha.

A continuación, de manera referencial se presenta un resumen de las estaciones de monitoreo del componente hídrico, que incluye código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (UTM, datum WGS 84, zona correspondiente), parámetros de monitoreo, normativa aplicada, frecuencia de monitoreo, frecuencia de reporte y etapas del proyecto (ver Tabla ANA 32-1, *Programa Consolidado de Monitoreo de Recursos Hídricos de Seguimiento y Control*). Dichas estaciones de monitoreo son

mostradas en la Figura ANA 32-1, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial, Efluente, Calidad de Agua Subterránea y Manantiales Para Seguimiento y Control.*

Por otro lado, cabe precisar, que se ha reubicado ligeramente el punto POCU1 del programa de monitoreo de calidad de agua subterránea por un tema de accesibilidad, cuyas nuevas coordenadas son: Norte 9227052 y Este 779093; ubicado al sureste del Pad y pozas de soluciones de Carachugo cerca a la quebrada Ocucha Machay. Sin embargo, cabe resaltar que el punto reubicado mantiene la representatividad del área de evaluación. Asimismo, la ficha técnica de este punto de monitoreo ha sido actualizado en el Anexo W.4, Fichas SIAM.

En forma complementaria, se enviará un link en el cual se muestra el formato editable (shapefile) del programa de monitoreo propuesto para los recursos hídricos y subterráneos.

Tabla ANA 32-1 Programa Consolidado de Monitoreo de Recursos Hídricos de Seguimiento y Control

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|--|-----------------------------------|---------|----------------|---|---|-----------------------|---|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| Monitoreo de Calidad de Agua Superficial | | | | | | | | | | | |
| CP1 | Ubicada en la quebrada Honda | 776437 | 9231330 | 3,764 | pH, oxígeno disuelto, caudal, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos, sulfatos, metales totales (Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se y Zn), aceites y grasas, cianuro WAD, DBO, Coliformes totales y termotolerantes, SDT y SST. | Construcción y Operación La medición de parámetros será con una frecuencia Trimestral Cierre: Trimestralmente durante 5 años | Frecuencia Trimestral | Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM "Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación" (1) Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales" Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA "Clasificación de Cuerpos de Agua Continentales Superficiales" (2) | X | X | X |
| CP10 | Ubicada en el río Azufre | 781574 | 9223810 | 3,592 | | | | | X | X | X |
| CP11 | Ubicada en la quebrada La Saccha | 777493 | 9224006 | 3,958 | | | | | X | X | X |
| CP5 | Ubicada en la quebrada San José | 776121 | 9223467 | 3,864 | | | | | X | X | X |
| CP6 | Ubicada en el río Rejo, aguas abajo de la descarga desde el dique Rejo | 767524 | 9227116 | 3,440 | | | | | X | X | X |
| CP14 | Ubicada en la quebrada Quishuar, aguas abajo de la descarga DCP14 | 775095 | 9223625 | 3,869 | | | | | X | X | X |
| CP3 | Ubicada en el río Grande, en la descarga del dique río Grande | 772108 | 9220685 | 3,199 | | | | | X | X | X |
| Nota: (1) Es preciso mencionar que la a comparación de la misma es netamente referencial y no constituye un referente obligatorio de cumplimiento mientras no se aprueba el estudio correspondiente (Plan Integral para Adecuación de LMPs y ECAs para Agua). | | | | | | | | | | | |

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|--|-----------------------------------|---------|----------------|---|--|-----------------------|---|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| | | | | | | | | | | | |
| ⁽²⁾ Considerando, que la Resolución Jefatural N° 056-2018-ANA establece un periodo de adecuación para su cumplimiento (artículo 2 y 3), se considera la aplicación como Categoría 1-A2 del río Rejo, a partir del 2023, fecha que inicia la operación de las plantas de tratamiento AWTP y EWTP La Quinua. | | | | | | | | | | | |
| Efluentes | | | | | | | | | | | |
| DCP1 | Descarga sobre la quebrada Pampa Larga | 776341 | 9229618 | 3,967 | pH, CE, temperatura, turbidez, SST, aceites y grasas, CN total, CN WAD, Metales (As, Cd, Cu, Cr-VI, Fe disuelto, Hg, Pb, Zn), caudal. | Construcción y Operación La medición de parámetros será con una frecuencia mensual Cierre: Trimestralmente durante 5 años | Frecuencia Mensual | Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM "Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas". | X | X | X |
| DCP12 | Descarga sobre un humedal aportante a la quebrada Río Colorado | 778361 | 9230836 | 3,970 | | | | | X | X | X |
| DCP8 | Descarga sobre la quebrada Ocucho Machay | 779385 | 9227117 | 3,935 | | | | | X | X | X |
| DCP9 | Descarga sobre la quebrada Pachanes | 780498 | 9227803 | 3,890 | | | | | X | X | X |
| DCP10 | Descarga sobre la quebrada Chaquicocha | 778768 | 9225435 | 3,922 | | | | | X | X | X |
| DCP11 | Descarga sobre la quebrada Tres Tingos (De La Saccha) | 777409 | 9224724 | 4,011 | | | | | X | X | X |
| DCPLSJ2 | Descarga sobre la quebrada San José | 776332 | 9224922 | 3,962 | | | | | X | X | X |
| VET-RSJ | Descarga sobre la quebrada San José | 776086 | 9224319 | 3,940 | | | | | X | X | X |
| DCP5 | Descarga sobre la quebrada San José | 775976 | 9224014 | 3,914 | | | | | X | X | X |
| DCP3 | Descarga sobre la | 771301 | 9223059 | 3,399 | | | | | X | X | X |

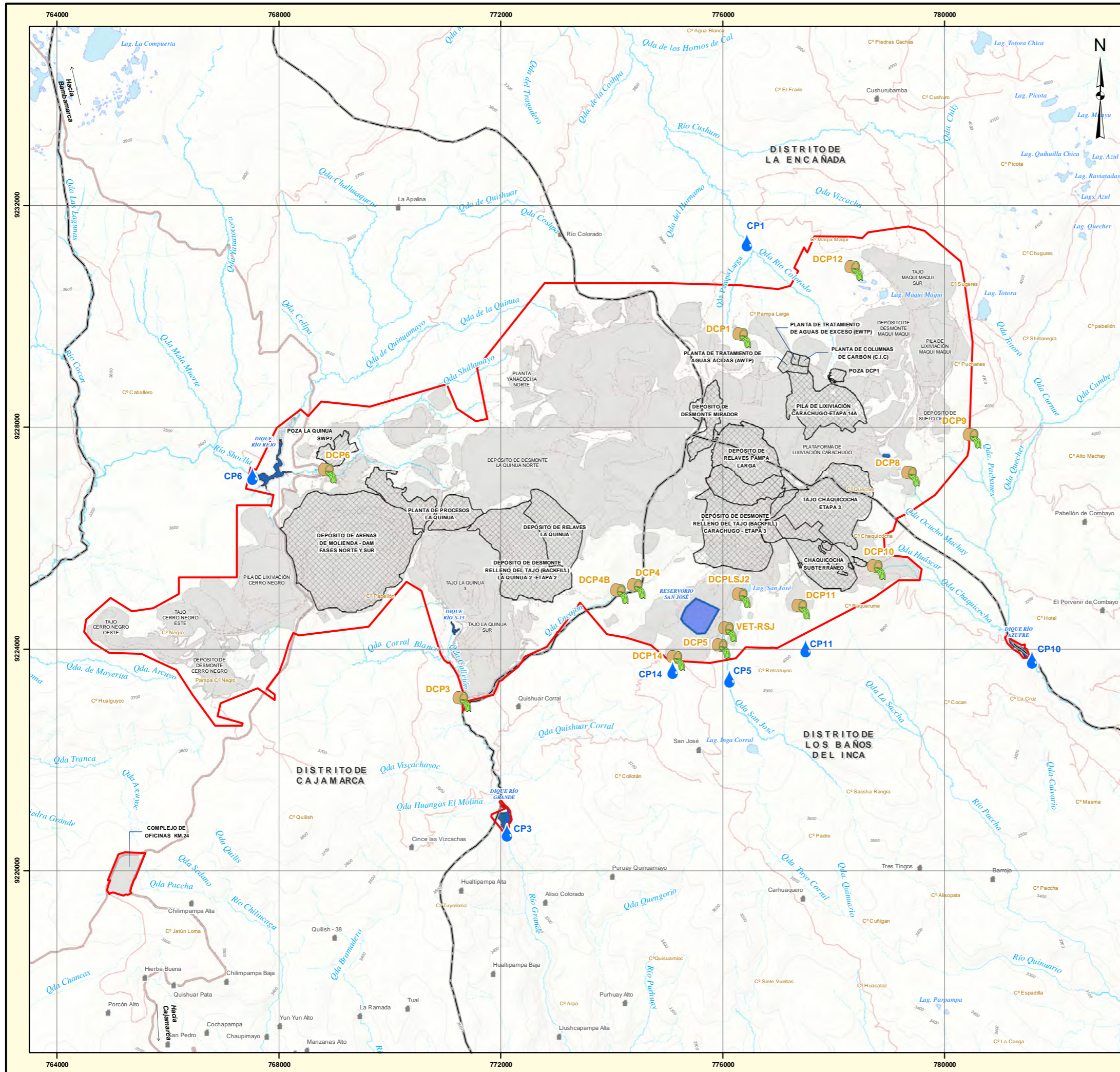
| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|---|-----------------------------------|---------|----------------|--|-------------------------|--|--|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| | quebrada Callejón | | | | | | | | | | |
| DCP4 | Descarga sobre quebrada Encajón | 774442 | 9225092 | 3,772 | | | | | X | X | X |
| DCP4B | Descarga sobre quebrada Encajón | 774141 | 9225005 | 3,762 | | | | | X | X | X |
| DCP14 | Descarga sobre quebrada Quishuar Corral | 775155 | 9223800 | 3,943 | | | | | X | X | X |
| DCP6 | Descarga en el dique Rejo | 768875 | 9227178 | 3,451 | | | | | X | X | X |
| Monitoreo de Agua Subterránea | | | | | | | | | | | |
| PZ-1 | Ubicado aguas abajo de la pila de lixiviación | 767794 | 9226481 | 3,484 | <ul style="list-style-type: none"> Nivel Freático Campo: pH, temperatura y conductividad eléctrica Físico-Químicos: STS, Nitratos como N y Cianuro WAD Metales totales: As, Cd, Cu, Cr, Cr+6, Fe, Hg, Ni, Pb, Se y Zn. | | Frecuencia Trimestral | Referencial: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias" | X | X | X |
| PZ-4 | Ubicado aguas arriba del pad de lixiviación y aguas abajo del botadero de desmonte en la parte baja de la Pampa Cerro Negro | 767325 | 9223955 | 3,592 | <ul style="list-style-type: none"> Nivel Freático | | Construcción y Operación La medición de parámetros será con una frecuencia Trimestral | | X | X | X |
| LQMW-16 | Al este del Pad La Quinua, cerca de la | 770650 | 9225526 | 3,551 | <ul style="list-style-type: none"> Nivel Freático Campo: pH, temperatura y | | | | X | X | X |

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|--|--|-----------------------------------|---------|----------------|--|-------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| | estación eléctrica. | | | | conductividad eléctrica. • Físico-Químicos: Nitratos como N y Cianuro WAD. • Metales totales: Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn. | | | | | | |
| LQSGEPZ-1703 | Ubicado en la zona Sur del tajo La Quinua Sur, aguas arriba de la Confluencia de la quebrada Callejón Encajón. | 771586 | 9223320 | 3,411 | | | | | X | X | X |
| LQMW-13 | Nor-oeste pila de lixiviación La Quinua | 768383 | 9226810 | 3,481 | | | | | X | X | X |
| LQMW-14A | Sur-oeste pila de lixiviación La Quinua | 768815 | 9224658 | 3,607 | | | | | X | X | X |
| CYMW4 | Oeste de la Pila de Lixiviación Yanacocha | 772190 | 9229048 | 3,790 | | | | | X | X | X |
| BCPZ05 | Ubicado al sureste del tajo Chaquicocha | 778968 | 9225352 | 3,940 | | | | | X | X | X |
| MQS2PZ-03 | Ubicado al noroeste del tajo Maqui | 778879 | 9230799 | 3,997 | | | | | X | X | X |
| YMW15 | Ubicado al norte de la plataforma de lixiviación Carachugo | 776578 | 9229048 | 4,012 | | | | | X | X | X |
| POCU1 | Ubicado al sureste del Pad y pozas de soluciones de Carachugo cerca a la quebrada Ocucha Machay | 779093 | 9227052 | 3,990 | | | | | X | X | X |
| Monitoreo de Manantiales y Filtraciones | | | | | | | | | | | |

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|--|-----------------------------------|---------|----------------|---|---|-----------------------|--|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| Filtraciones | | | | | | | | | | | |
| Azufre IV_570 | Ubicado en la microcuenca del río Azufre | 780527 | 9227295 | 3,804 | <ul style="list-style-type: none"> Caudal Campo: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, STD, ORP | La medición de parámetros será con una frecuencia Semestral | Frecuencia: Semestral | Referencial: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias" | X | X | X |
| Laguna Chica L_74 | Ubicado en la microcuenca del río Azufre | 781637 | 9223909 | 3,568 | | | | | X | X | X |
| Totora II | Ubicado en la microcuenca del río Azufre | 779335 | 9226567 | 3,914 | | | | | X | X | X |
| Arcuyoc VI | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 768716 | 9222548 | 3,620 | | | | | X | X | X |
| BO-02 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 771484 | 9223127 | 3,399 | | | | | X | X | X |
| El Hualte_999 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 774229 | 9224427 | 3,839 | | | | | X | X | X |
| MSJ-16 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 775469 | 9223559 | 3,895 | | | | | X | X | X |
| Vertiente N°2 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 773812 | 9224579 | 3729 | | | | | X | X | X |
| YASP02B | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 768351 | 9224086 | 3,563 | | | | | X | X | X |
| Granizada I | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 773975 | 9229926 | 3,966 | | | | | X | X | X |
| CHQS-14 | Ubicado en la microcuenca de la quebrada La Saccha | 778893 | 9223234 | 3,729 | | | | | X | X | X |
| El Cince V | Ubicado en la microcuenca de la quebrada La Saccha | 777309 | 9223997 | 3,971 | | | | | X | X | X |
| Atunloma I_254 | Ubicado en la microcuenca del río Porcón | 766097 | 9219213 | 3,590 | X | X | X | | | | |

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|---|-----------------------------------|---------|----------------|------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| Pallarume | Ubicado en la microcuenca del río Porcón | 767198 | 9220006 | 3,543 | | | | | X | X | X |
| Yuragrome II_247 | Ubicado en la microcuenca del río Porcón | 765554 | 9220074 | 3,586 | | | | | X | X | X |
| Yuragrome V_250 | Ubicado en la microcuenca del río Porcón | 765404 | 9219855 | 3,590 | | | | | X | X | X |
| PA_110A | Ubicado en la intercuenca SN2 | 763880 | 9224801 | 3,360 | | | | | X | X | X |
| Manantiales | | | | | | | | | | | |
| ENCS-08 (pozo verde) | Ubicado en la microcuenca del río Azufre | 780961 | 9224337 | 3,571 | | | | | X | X | X |
| YASP07B | Ubicado en la microcuenca del río Azufre | 780663 | 9224528 | 3601 | | | | | X | X | X |
| Arcuyoc VIII | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 768776 | 9222429 | 3,631 | | | | | X | X | X |
| BO-04 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 772665 | 9224062 | 3,534 | | | | | X | X | X |
| Pampa Las MinAS_875 | Ubicado en la microcuenca del río Grande | 774259 | 9223745 | 3,782 | | | | | X | X | X |
| Graniza Huaccharumy I | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 772682 | 9229927 | 3,833 | | | | | X | X | X |
| Quinuamayo II | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 771985 | 9229708 | 3,713 | | | | | X | X | X |
| Quishuar I | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 772707 | 9230905 | 3,767 | | | | | X | X | X |
| YASP03A | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 767182 | 9224444 | 3,623 | | | | | X | X | X |
| YASP04A | Ubicado en la microcuenca del río Shoclla | 766776 | 9225157 | 3,631 | | | | | X | X | X |
| El Azufre | Ubicado en la microcuenca | 776328 | 9230927 | 3,854 | | | | | X | X | X |

| Identificación de punto de monitoreo (Código) | Descripción | Coordenadas UTM WGS 84 – ZONA 17S | | Altitud (msnm) | Parámetros | Frecuencia de monitoreo | Frecuencia de reporte | Norma Aplicable | Etapa del Proyecto | | |
|---|--|-----------------------------------|---------|----------------|------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------|--------|
| | | Este | Norte | | | | | | Construcción | Operación | Cierre |
| | de la quebrada Honda | | | | | | | | | | |
| El Cince 1 | Ubicado en la microcuenca de la quebrada Honda | 774292 | 9231467 | 3,861 | | | | | X | X | X |
| PA-107A | Ubicado en la intercuenca SN2 | 764345 | 9224770 | 3,415 | | | | | X | X | X |
| PA-64A | Ubicado en la microcuenca del río Chachacoma | 765567 | 9223799 | 3,611 | | | | | X | X | X |
| HLV1 | Ubicado en la quebrada Vízcacha | 776025 | 9232253 | 3,750 | | | | | X | X | X |
| CGR1 | Ubicado en el río Grande | 786538 | 9217595 | 2,926 | | | | | X | X | X |
| CTC1 | Ubicado en la quebrada Quinuario | 778818 | 9218587 | 3,356 | | | | | X | X | X |
| PPO2 | Ubicado en el río Porcón | 772986 | 9212874 | 2,793 | | | | | X | X | X |
| PQO1 | Ubicado en la quebrada Purhuay | 773759 | 9216274 | 2,921 | | | | | X | X | X |
| RCO1 | Ubicado en la quebrada Cocan | 764618 | 9227418 | 3,300 | | | | | X | X | X |
| RRE1 | Ubicado en el río Rejo | 761645 | 9222182 | 3,151 | | | | | X | X | X |
| RTR1 | Ubicado en la quebrada Tranca | 761764 | 9222293 | 3,144 | | | | | X | X | X |
| <p>Nota: Se consideró la reubicación del punto de monitoreo de calidad de agua subterránea</p> <p>Fuente: MYSRL</p> | | | | | | | | | | | |



ESTACIONES DE MONITOREO DE AGUA SUPERFICIAL

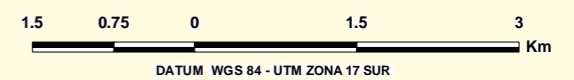
| ESTACIÓN | COORDENADAS UTM | | ALTITUD (msnm) |
|----------|-----------------|---------|----------------|
| | ESTE | NORTE | |
| CP1 | 776437 | 9231330 | 3,764 |
| CP10 | 781574 | 9223810 | 3,592 |
| CP11 | 777493 | 9224006 | 3,958 |
| CP5 | 776121 | 9223467 | 3,864 |
| CP6 | 767524 | 9227116 | 3,440 |
| CP14 | 775095 | 9223625 | 3,869 |
| CP3 | 772108 | 9220685 | 3,199 |

ESTACIONES DE MONITOREO DE EFLUENTES

| ESTACIÓN | COORDENADAS UTM | | ALTITUD (msnm) |
|----------|-----------------|---------|----------------|
| | ESTE | NORTE | |
| DCP1 | 776341 | 9229618 | 3,967 |
| DCP12 | 778361 | 9230836 | 3,970 |
| DCP8 | 779385 | 9227117 | 3,935 |
| DCP9 | 780498 | 9227803 | 3,890 |
| DCP10 | 778768 | 9225435 | 3,922 |
| DCP11 | 777409 | 9224724 | 4,011 |
| DCPLSJ2 | 776332 | 9224922 | 3,962 |
| VET-RSJ | 776086 | 9224319 | 3,940 |
| DCP5 | 775976 | 9224014 | 3,914 |
| DCP3 | 771301 | 9223059 | 3,399 |
| DCP4 | 774442 | 9225092 | 3,772 |
| DCP4B | 774141 | 9225005 | 3,762 |
| DCP14 | 775155 | 9223800 | 3,943 |
| DCP6 | 768875 | 9227178 | 3,451 |

SIMBOLOGÍA

| | | | |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| | CASERÍOS | | ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL |
| | LÍMITE DISTRITAL | | ESTACIONES DE MONITOREO DE EFLUENTES |
| | COMPONENTES | CURSOS Y CUERPOS DE AGUA | |
| | COMPONENTES PROPUESTOS | | RÍOS |
| | INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS | | QUEBRADAS |
| | ÁREA EFECTIVA DEL PROYECTO | | LAGUNAS |
| | CURVAS DE NIVEL PRINCIPAL | | DIQUE |
| | CURVAS DE NIVEL SECUNDARIA | | RESERVORIO |
| VÍAS | | | |
| | ACCESOS INTERNOS | | |
| | CARRETERA PRINCIPAL | | |
| | CARRETERA SECUNDARIA | | |
| | CARRETERA PROPUESTA | | |



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. Nº | REVISIONES | FECHA | DISÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



PROYECTO: **II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA UNIDAD MINERA YANACOCHA**

TÍTULO: **ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y EFLUENTES PARA SEGUIMIENTO Y CONTROL**

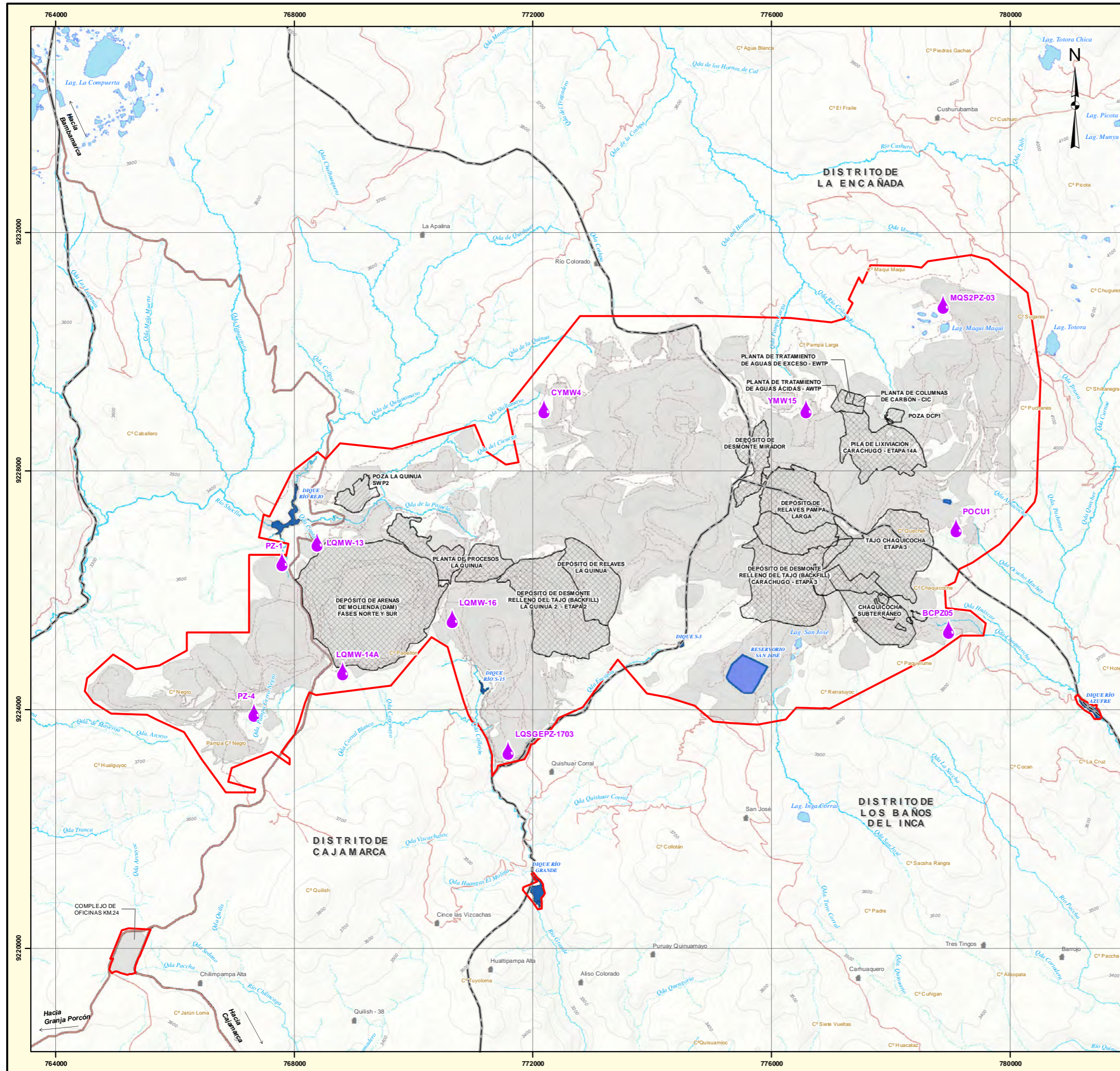
PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA Y ANACOCHA 2019



ESCALA: 1:70,000 FIGURANº ANA 32-1

ARCHIVO: Figura ANA 32-1 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial y Efluentes para Seguimiento y Control.mxd

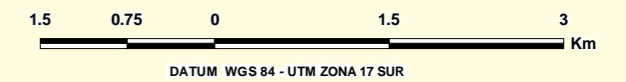


ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA

| ESTACIÓN | COORDENADAS UTM | | ALTITUD (msnm) |
|--------------|-----------------|---------|----------------|
| | ESTE | NORTE | |
| PZ-1 | 767794 | 9226481 | 3,484 |
| PZ-4 | 767325 | 9223955 | 3,592 |
| LQMW-16 | 770650 | 9225526 | 3,551 |
| LQSGEPZ-1703 | 771586 | 9223320 | 3,411 |
| CYMW4 | 772190 | 9229048 | 3,790 |
| BCPZ05 | 778968 | 9225352 | 3,940 |
| MGS2PZ-03 | 778879 | 9230799 | 3,997 |
| YMW15 | 776578 | 9229048 | 4,012 |
| POCU1 | 779093 | 9227052 | 3,990 |
| LQMW-13 | 768383 | 9226810 | 3,453 |
| LQMW-14A | 768815 | 9224658 | 3,588 |

SIMBOLOGÍA

- CASERIOS
- LÍMITE DISTRITAL
- COMPONENTES APROBADOS
- COMPONENTES PROPUESTOS
- INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS
- ÁREA EFECTIVA DEL PROYECTO
- CURVAS DE NIVEL
- PRINCIPAL
- SECUNDARIA
- VÍAS
- ACCESOS INTERNOS
- CARRETERA AFIRMADA
- CARRETERA ASFALTADA
- ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA
- CURSOS Y CUERPOS DE AGUA
- RÍOS
- QUEBRADAS
- LAGUNAS
- DIQUE
- RESERVARIO



| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. Nº | REVISIONES | FECHA | DISÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |



PROYECTO:
II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA UNIDAD MINERA YANACOCHA

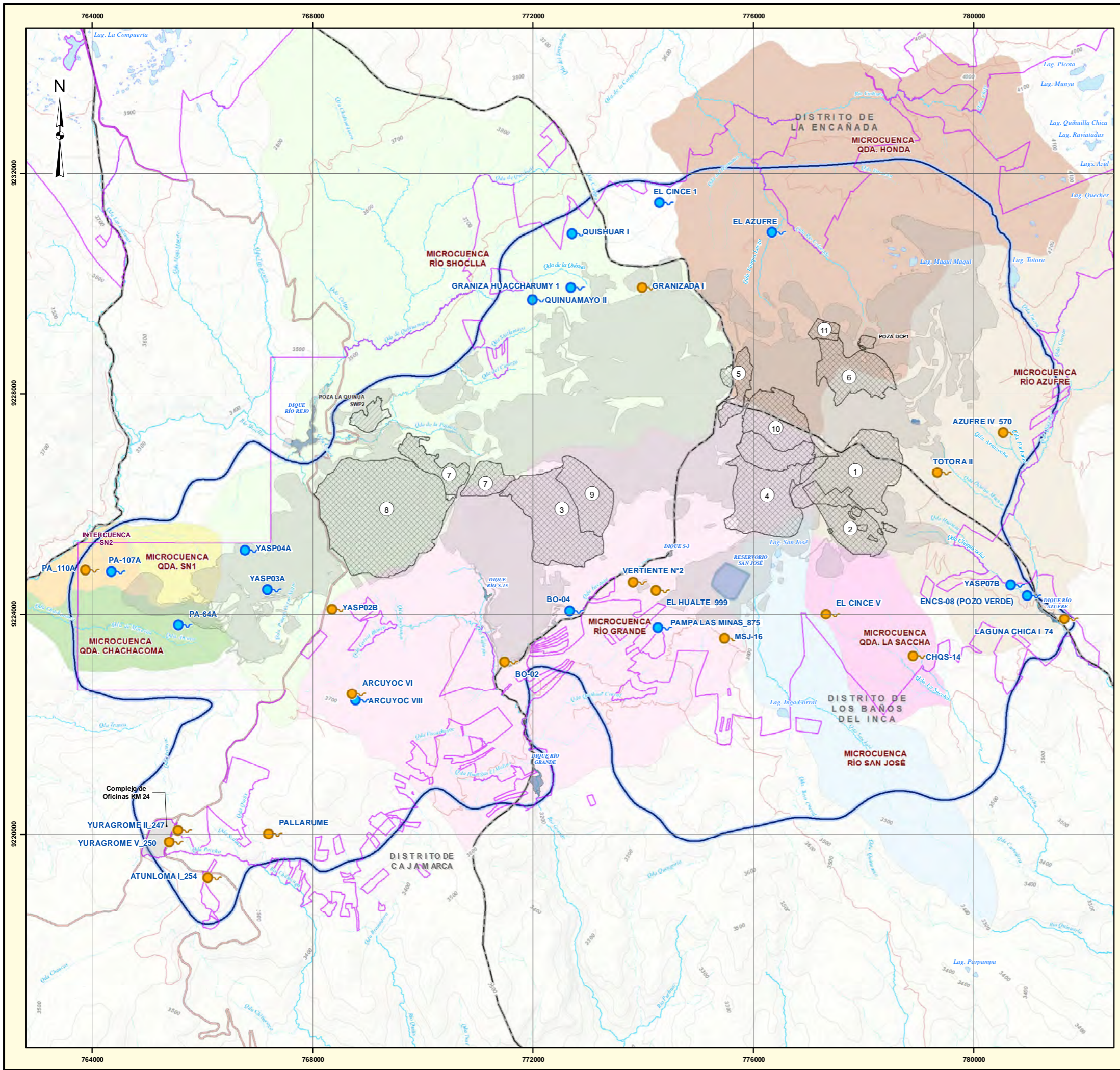
TÍTULO:
ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA SEGUIMIENTO Y CONTROL

PROYECCIÓN: UTM DATUM: WGS84 ZONA 17S

FUENTE: IGN, INEI, MINERA Y ANACOCHA 2019



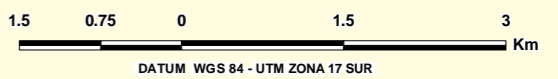
ESCALA: 1:65,000 FIGURANº ANA 32-2
ARCHIVO: Figura ANA 32-2 Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea para Seguimiento y Control.mxd



- ### COMPONENTES PROPUESTOS MEIA YANACOCHA
- TAJO CHAQUICOCHA - ETAPA 3
 - CHAQUICOCHA SUBTERRANEO
 - DEPÓSITO DE DESMONTE - RELLENO DEL TAJO (BACKFILL) LA QUINUA 2 - ETAPA 2
 - DEPÓSITO DE DESMONTE - RELLENO DEL TAJO (BACKFILL) CARACHUGO - ETAPA 3
 - DEPÓSITO DE DESMONTE - MIRADOR
 - PILA DE LIXIVIACIÓN CARACHUGO - ETAPA 14A
 - PLANTA DE PROCESOS LA QUINUA
 - DEPÓSITO DE ARENAS DE MOLENDA (DAM) - FASES NORTE Y SUR
 - DEPÓSITO DE RELAVES LA QUINUA
 - DEPÓSITO DE RELAVES PAMPA LARGA
 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ACIDAS - AWTP
 - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE EXCESO - EWTP
 - PLANTA DE COLUMNAS DE CARBÓN - CIC

- ### LEYENDA
- UNIDADES HIDROGRÁFICAS
- INTERCUENCA SN2
 - MICROCUENCA QDA. CHACHACOMA
 - MICROCUENCA QDA. HONDA
 - MICROCUENCA QDA. LA SACCHA
 - MICROCUENCA QDA. SN1
 - MICROCUENCA RÍO GRANDE
 - MICROCUENCA RÍO SAN JOSÉ
 - MICROCUENCA RÍO SHOCLLA

- ### SIMBOLOGÍA
- LÍMITE DISTRITAL
 - ÁREA DE ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
 - INSTALACIONES AUXILIARES PROPUESTAS
 - COMPONENTES APROBADOS
 - LÍMITE DE PROPIEDAD MYSRL
 - VÍAS
 - CARRETERA AFIRMADA
 - CARRETERA ASFALTADA
 - CURVAS DE NIVEL
 - PRINCIPAL
 - SECUNDARIA
 - MANANTIALES PROPUESTOS
 - FILTRACIONES PROPUESTAS
 - CURSOS Y CUERPOS DE AGUA
 - RÍOS
 - QUEBRADAS
 - LAGUNAS
 - DIQUE
 - RESERVORIO



| | | | | | |
|--|------------|-----------|------------------------------|----------|--------------------------|
| 1 | FINAL | SET. 2020 | O. CANDIA | A. MUÑOZ | H. SOLARI / R. QUINTANA |
| REV. Nº | REVISIONES | FECHA | DISEÑO | GIS | REVISADO Y FIRMADO |
| | | | | | |
| PROYECTO: II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACOCHA UNIDAD MINERA YANACOCHA | | | | | |
| TÍTULO: ESTACIONES DE MONITOREO DE MANANTIALES Y FILTRACIONES PARA SEGUIMIENTO Y CONTROL | | | | | |
| PROYECCIÓN: UTM | | | DATUM: WGS84 ZONA 17S | | |
| FUENTE: IGN, INEI, MINERA Y ANACOCHA 2019, WSP 2019 | | | | | |
| | | | ESCALA: 1:70,000 | | FIGURANº ANA 32-3 |
| ARCHIVO: Figura ANA 32-3 Estaciones de Monitoreo de Manantiales y Filtraciones para Seguimiento y Control.mxd | | | | | |

Ítem c

Cabe precisar que como parte del monitoreo de calidad de agua superficial en los puntos CP (ver Tabla ANA 32-1, *Programa Consolidado de Monitoreo de Recursos Hídricos de Seguimiento y Control*), se registre el caudal de los cursos de agua como parte de los parámetros de evaluación. Sin embargo, MYRSL tiene planificado en un futuro la implementación de estaciones hidrométricas con el objeto del monitoreo continuo en algunos cursos de agua dentro del área de influencia del proyecto.

Ítem d

Cabe precisar que en el ítem b de la Observación 32 se presenta un resumen de las estaciones de monitoreo del componente hídrico, que incluye código de estación, descripción, coordenadas de ubicación (UTM, datum WGS 84, zona correspondiente), parámetros de monitoreo, normativa aplicada, frecuencia de monitoreo, frecuencia de reporte y etapas del proyecto (ver Tabla ANA 32-1, *Programa Consolidado de Monitoreo de Recursos Hídricos de Seguimiento y Control*). Dichas estaciones de monitoreo son mostradas en la Figura ANA 32-1, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Superficial y Efluente para Seguimiento y Control*, Figura ANA 32-2, *Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua Subterránea para Seguimiento y Control* y Figura ANA 32-3, *Estaciones de Monitoreo de Manantiales y Filtraciones para Seguimiento y Control*.