



11.148/19

OF.ORD. 0948/2019

SERVICIO DE EVALUACIÓN
Región Metropolitana de Santiago
OFICINA DE PARTES
1º Destino: Director 07/05
2º Destino: CIA
3º Destino: CHSL 07/05
4º Destino: Trámite
Trámite: 1251

ANT.: Ord. N° 0281/2019, de fecha 15/02/2019 mediante el cual el SEA solicita pronunciamiento respecto de los antecedentes presentados por el titular Alto Maipo SpA., en el marco del proceso de revisión de RCA, según Art. 25 quinquies de la Ley 19.300, para el proyecto hidroeléctrico Alto Maipo.

MAT.: Emite pronunciamiento respecto al proceso de Revisión de RCA N°256/2009, del proyecto hidroeléctrico Alto Maipo.

Santiago, 30 de abril de 2019

DE: **PABLO RIVAS MUÑOZ**
DIRECTOR NACIONAL(S)
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

A: **DIRECTORA REGIONAL DEL SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**
SECRETARIA COMISIÓN DE EVALUACIÓN
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

De nuestra consideración:

En atención al Ord. N° 0281/2019, mediante el cual se solicita pronunciamiento al Servicio Nacional de Geología y Minería, en adelante Sernageomin, referente al proceso de revisión excepcional de la resolución Exenta N° 256/09, de fecha 30 de marzo de 2009, de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana, que califica ambientalmente favorable el "Proyecto hidroeléctrico Alto Maipo", conforme a lo anterior dispuesto en el artículo 25 quinquies de la ley N° 19.300 en lo que dice relación con la variable hídrica, respecto al afloramiento de aguas durante la construcción de túneles. Se tiene a bien informar acerca de las observaciones del "Informe de actualización de la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas afloradas del PHAM". En particular del informe denominado: "Anexo B, reporte técnico N° 20190130-MA-RPT", respecto al cual se realizaron las siguientes observaciones en materias de la competencia de este Servicio.



Observaciones relativas al Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM

1. En relación al capítulo 3.1 en el cual se indica que *"las divisorias de aguas superficiales son representativas de las divisorias hidrogeológicas del sistema rocoso..."*. Se solicitan los argumentos técnicos que sustenten aquella afirmación, considerando que generalmente los límites hidrológicos no se condicen con los límites hidrogeológicos, en particular en rocas que presentan un alto grado de tectonismo y fracturamiento.
2. Se solicita mejorar en la Figura 3-1 la distribución de las etiquetas para que se distingan claramente los trazados de los túneles, en particular del túnel "Las Lajas".
3. Se solicita aclarar en la Figura 3-2 porque se observan más de un trazado (varías polilíneas) en los trazados de los túneles Las Lajas y Alfalfal II.
4. En relación al capítulo 3.2 en el cual se indica que *"No obstante, existen sectores con mayor potencial hidrogeológico, formados principalmente por depósitos de relleno no consolidado, sedimentos fluviales, aluviales, glaciares, glacio-fluviales, lacustres y aluvionales..."*. Al respecto, se solicitan los argumentos técnicos que descarten o acrediten la presencia de glaciares de roca en el área de influencia directa del proyecto, toda vez que según lo observado en imágenes satelitales, existen evidencias geomorfológicas de la presencia de glaciares de roca, en particular en algunos puntos sobre el trazado del túnel El Volcán.
5. En relación al capítulo 3.2 en el cual se indica que respecto a los rellenos sedimentarios *"sólo Los valles de los ríos Maipo, Colorado, Yeso y Volcán presentan estas características hidrogeológicas que permiten el desarrollo de un sistema acuífero"*. Al respecto, se solicitan los argumentos técnicos que justifiquen por que no incluyeron estos sectores dentro de la unidad hidrogeológica de depósitos sedimentarios, toda vez que en las imágenes satelitales se observan quebradas con presencia de vegetación y una potencia lateral que permite inferir la presencia de acuíferos asociado a las quebradas y esteros presentes en el área de estudio definida por el titular (Figura 3-1 Área de Estudio Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, y Cuencas Definidas)
6. En relación a la figura 3-3, se solicita aclarar si es que toda la roca se definió como una sola unidad o si existe alguna diferenciación entre las distintas formaciones geológicas que afloran en el área de estudio, en especial la formación Lo Valdés que se encuentra subvertical y con un alto tectonismo asociado.
7. En relación al capítulo 3.3 en el cual se indica *"se asume que no existen conexiones hidráulicas entre la unidad de roca en el dominio definido con sistemas de roca fuera de éste"*. Se solicita incorporar un mapa geológico que incluya el mapeo de estructuras que permite aseverar esta afirmación.
8. En relación a la figura 3-4 se indica una condición de borde de salida con una equipotencial de 780, se solicita aclarar la información que sustenta ese dato.

9. En relación al capítulo 3.4, en el cual se indica que *"se cuenta con un total de 68 sondajes con información que permiten caracterizar la conductividad hidráulica en el dominio definido para la zona de estudio"*. Se solicita incluir dentro del análisis los distintos valores obtenidos según tipo de análisis de parámetros hidráulicos, además de individualizar en una figura los distintos puntos según el análisis realizado en cada uno de ellos.
10. En relación a la figura 3-6 y 3-7 en el cual se presentan los valores de permeabilidades para el relleno sedimentario y la unidad de roca. Se solicita realizar un análisis y separar aquellos ensayos realizados en roca fracturada con aquellos que se efectuaron en roca sana o con menor grado de fracturamiento.
11. En relación a figura 3-8, se solicita homogenizar la figura o presentar dos; una con las formaciones y otra con el tipo de roca. Toda vez que se mezclan en la leyenda formaciones geológicas con tipos de roca y alteración hidrotermal. Adicionalmente, se solicita aclarar la inconsistencia, cuando se señala que según lo presentado las zonas que contienen relleno son distintas a las zonas donde se identifican acuíferos en rellenos sedimentarios presentados en la Figura 3-4.
12. En relación al capítulo 3.4 en el cual se indica que *"...las pruebas hidráulicas presentadas en el Anexo 2, no poseen registros del coeficiente de almacenamiento, de manera que se adoptaron valores obtenidos de la literatura..."*. Al respecto, se solicitan los argumentos técnicos para no efectuar una prueba de bombeo con un pozo de observación para obtener al menos un dato de coeficiente de almacenamiento, así como también se solicita aclarar los criterios utilizados para asignar los distintos rangos de coeficiente de almacenamiento definidos.
13. En relación al capítulo 3.5 en el cual se indica que *"La primera unidad hidrogeológica UH1, corresponde a los depósitos no consolidados que conforman el acuífero del relleno sedimentario... corresponde a una unidad permeable, con un rango de permeabilidades que varía ente $1,2 \times 10^{-1}$ a $5,6 \times 10^1$ m/d"*. Se solicita presentar los antecedentes que sustentan valores tan bajos para una unidad hidrogeológica en depósitos no consolidados.
14. En relación a la figura 3-9 se solicita indicar cuáles de los valores obtenidos en los ensayos de permeabilidad se asocian a los sectores donde hay predominio de rocas fracturadas, toda vez que no se distinguen los valores asociados a la UH4.
15. En relación a la segunda unidad hidrogeológica (UH2), se solicitan los argumentos técnicos para poner el límite de 200 m de profundidad con respecto al nivel de terreno, entre la UH2 y la UH3. Además se solicitan los argumentos técnicos que permiten extender este límite a toda el área de estudio.

16. En relación al capítulo 3.5 en el cual se menciona que la cuarta unidad hidrogeológica (UH4) se define para las estructuras y contactos litológicos. Para las permeabilidades se cita el estudio de SRK, (2017), y a partir *"de los valores mayores de los ensayos de permeabilidad, se estimó que la conductividad para esta unidad hidrogeológica varía entre 1×10^{-3} y $1 \times 10^{-1} \text{ m/d}$ ".* Se solicita indicar cuáles fueron los ensayos de permeabilidad realizados en las fracturas, individualizando en un mapa cuáles fueron las estructuras donde se realizaron esos ensayos y el envío de la referencia SRK, (2017).
17. En relación a la figura 3-10, se solicita aclarar el tipo de estructura al que corresponde cada una de las líneas negras (fallas normales, inversa, de rumbo, lineamiento, etc.)
18. En relación al capítulo 3.6.1, en el cual se menciona que *"...la información de profundidad del nivel estático disponible en los expedientes se ubica en el relleno sedimentario del río Maipo, entre las localidades de El Manzano y San Gabriel. Si bien esta información fue medida entre 1985 y 2007, se considera representativa de la condición actual".* Se solicitan los argumentos técnicos y la evidencia con la medición de al menos un par de pozo que sustenten la afirmación de que los niveles en el acuífero sedimentario del río Maipo no han variado de 1985 a la fecha.
19. En relación a lo presentado en la Tabla 3-4, se solicita indicar los argumentos técnicos de los intervalos en los cuales no se registraron los niveles estáticos en los pozos, en particular se solicita aclarar la presencia de una sola medida para el pozo SAM-09.
20. En relación a lo presentado en la Tabla 3-5, se solicita aclarar a qué se refieren con las medidas de profundidad de nivel estático mayores a 100 m reportados en los pozos SAM-1, SCA-01a, SCA-03 y TSLL-A. Adicionalmente se solicita conocer la profundidad del nivel estático en esos pozos.
21. En relación al capítulo 3.7, en el cual se mencionan tres criterios para la definición de las curvas. Se solicita para:
 - a. Primer criterio: aclarar la metodología utilizada para la estimación de las cotas piezométricas.
 - b. Segundo criterio: aclarar si es que el contorno roca relleno se utilizó como dato piezométrico o como límite para trazar la piezometría.
 - c. Tercer criterio: argumentos técnicos que evidencien que en todo los tramos de los ríos Maipo, Colorado, Yeso y Volcán, la interacción río-acuífero sea una condición del acuífero aportando al río y no al revés, es decir, que el río esté aportando agua al acuífero y se presente una desconexión entre ellos, que no permita su uso para el trazado de equipotenciales.
22. En relación al capítulo 3.7, en el cual se indica que *"...dentro del sistema hidrogeológico de estudio, no existe una explotación del acuífero, de manera que es posible afirmar que se encuentra en relativo equilibrio..."*. Se solicitan los argumentos técnicos y una evaluación de la evolución temporal de la recarga, que permitan fundamentar esta afirmación.

23. Adicionalmente se menciona que *"En total se cuenta con 20 registros de niveles de agua subterránea, distribuidos a lo largo del dominio. Para los pozos de derechos de agua obtenidos desde los expedientes de la DGA, se consideró el nivel registrado durante la prueba de bombeo, mientras que para los pozos de monitoreo mensual se consideró el nivel promedio de la serie histórica"*. Al respecto se solicita; la metodología utilizada para trazar el mapa de isopiezas con la interpolación de datos de 20 pozos no ubicados homogéneamente dentro del área de estudio, realizar un análisis de la validez estadística de presentar un trazado de isopiezas con 20 valores y aclarar qué valor de nivel se utilizó para las pruebas de bombeo y los argumentos técnicos para utilizar el promedio de la serie histórica del monitoreo.
24. En relación a la figura 3-18 *"Curvas equipotenciales definidas en el dominio"*, se solicita mejorar la calidad de la figura dado que no se alcanzan a ver las equipotenciales. Se recomienda hacer varios zoom por sectores, en particular en el sector del río Yeso. Además se solicita incluir las direcciones de flujo del agua subterránea.
25. En relación al capítulo 4.1 en el cual se menciona que *"El sistema de roca más somero, es capaz de recibir una recarga proveniente del aporte pluvial y nival. Este sistema que presenta un bajo nivel de permeabilidad, hace que el agua de recarga se conduzca por fracturas hasta las quebradas de los mismos sistemas de roca aportando al flujo base de dichas quebradas"*. Se solicita indicar en un mapa la ubicación de las fracturas que estarían recargando las quebradas, en particular en las zonas aledañas a los túneles en construcción, además de una estimación de sus constantes elásticas.
26. En relación al capítulo 4.2.1. en el cual se menciona que *"Para el análisis se ha considerado el mes de abril, dado que, en este mes, la precipitación y el derretimiento nival no son componentes relevantes que afectan el flujo de agua superficial de manera importante en la mayoría de las subcuencas en el área de estudio"*. Se solicitan los argumentos técnicos para no incluir el análisis del resto de los meses del año, donde se puedan ver los efectos de la construcción de los túneles y de las bocatomas, en los sistemas hídricos que se verán afectados por la disminución de su caudal.
27. En relación al capítulo 4.2.1 en el cual se menciona que *"Para la determinación del balance hídrico global de los sistemas sedimentarios definidos como UH-1 y para los subsistemas de los ríos Colorado, Yeso, Volcán y Maipo, se utiliza toda la información de los citados caudales con el fin de verificar la presencia de afloramientos netos a través de los cauces principales, dado que el balance en el sistema sedimentario considera que existe una recarga superficial que proviene desde los aportes pluviales y nivales que ocurren ante el año y esta entrada al sistema hidrogeológico se manifiesta como flujo base"*. Se solicitan los argumentos técnicos para no incluir en el balance hídrico, la evaporación, la evapotranspiración, la recarga subterránea tanto lateral como hacia el acuífero sedimentario, así como también los aportes subterráneos tanto de sistemas glaciares como de glaciares en roca.

28. En relación al capítulo 4.2.2 en el cual se presenta una fórmula para estimar la recarga del sistema sedimentario $RS = \alpha QP + \beta QN$, donde Rs es la recarga al sistema sedimentario Qp y Qn es el aporte pluvial y nival a nivel anual, respectivamente, α y β son coeficientes que representan la cantidad de agua que efectivamente llega al sistema subterráneo. Se solicitan los argumentos técnicos para asignar un 15% para ambos coeficientes (α y β).
29. En relación al capítulo 4.2.3, se solicitar aclarar la inconsistencia. Toda vez que se indica "...existen 33 derechos de aprovechamiento de agua subterránea constituidos (DGA, 2018), cuyo caudal anual promedio de extracción es de 243 L/s", pero al sumar los valores presentados en la Tabla 4-3 se obtienen 204,95 L/s (sin sumar los 300 L/s del dren).
30. En relación a la figura 4-4, se solicita realizar un zoom al sector donde se presenta la información de los pozos que tienen los derechos de aprovechamiento.
31. En relación al capítulo 4.2.4, en el cual se indica que "En la Figura 4-5 se presenta una vista en planta de la sección en donde se realiza el cálculo, la flecha azul indica la dirección del flujo subterráneo y en la línea negra segmentada se indican los 2.000 m en donde se realizó la estimación del gradiente hidráulico". Se solicitan los antecedentes (ubicación y nivel) de los pozos que se utilizaron para construir la piezometría en el segmento donde se estimó el gradiente hidráulico.
32. En relación a los datos presentados en la Tabla 4-4 en el cual se presentan valores de conductividad bajos a muy bajos para las distintas unidades hidrogeológicas. Se solicita presentar los datos de conductividad cercanos al sector donde se estima la descarga del flujo subterráneo y compararlos con los Kmin, Kmed y Kmax reportados para cada UH. Adicionalmente se solicitan los argumentos técnicos para utilizar el mismo gradiente hidráulico para las 3 unidades hidrogeológicas.
33. En relación al capítulo 4.3.1, se solicitan los argumentos técnicos que sustenten los valores obtenidos para los coeficientes α y β en los 3 escenarios (o tipos) de recarga de la unidad de roca
34. En relación a lo anterior, adicionalmente se menciona que "La diferencia entre el flujo base aforado y la recarga estimada, se considera como aporte glaciar, ya que, en el periodo de abril, si bien no hay aporte pluvial o nival, la componente glaciar puede aportar entre un 25 a 90% de los flujos superficiales medidos (Castillo, 2015)". Se solicitan los argumentos técnicos para estimar ese aporte glaciar, así como también especificar cuanto sería el aporte glaciar que se obtiene al realizar el balance entre flujo base y la recarga estimadas. Por otra parte, se solicitan también los argumentos técnicos para no presentar información de la recarga en las zonas de rocas fracturadas correspondientes a la UH4.

35. En relación al capítulo 4.3.2.1 se menciona que "...en aquellos sistemas que contienen fuente glaciar, un porcentaje importante del flujo base es alimentados por el deshielo glaciar (Castillo, 2015), por lo que esta componente debe ser considerada para estimar el flujo base subterráneo...la magnitud del caudal superficial, se ve fuertemente influenciado por el aporte glaciar del sistema, de manera que la recarga es un porcentaje menor del aforo realizado". Se solicita el monto de la recarga subterránea producto del aporte glaciar, así como también el porcentaje asociado a esa recarga.
36. En relación al capítulo 4.3.2.1 en el cual se menciona que *"...en aquellos sistemas que contienen fuente glaciar, un porcentaje importante del flujo base es alimentados por el deshielo glaciar (Castillo, 2015), por lo que esta componente debe ser considerada para estimar el flujo base subterráneo...la magnitud del caudal superficial, se ve fuertemente influenciado por el aporte glaciar del sistema, de manera que la recarga es un porcentaje menor del aforo realizado"*. Se solicita el monto de la recarga subterránea producto del aporte glaciar, así como también el porcentaje asociado a esa recarga.
37. En relación al capítulo 4.3.2.2 en el cual se indica lo siguiente: *"A medida que se avanza en la construcción de los túneles, se registran afloramientos de agua al interior de estos, según lo presentado en el Anexo 3, estos afloramientos se deben a la presencia de estructuras geológicas que conectan el túnel con el sistema de roca. Las aguas afloradas son conducidas por tuberías hacia el exterior de cada portal, en donde son tratadas y devueltas a un cauce superficial"*. Se solicita realizar un análisis de los sectores donde se presentó una mayor infiltración del agua y analizar su correlación con estructuras que puedan tener manifestación superficial o subterránea.
38. En relación a lo anterior, además se indica que *"En los portales de los túneles, se cuenta con flujómetros volumétricos que registran el caudal que está saliendo desde el interior de éstos, lo que permite contar con una estimación del caudal total aflorado de cada túnel a medida que se progresa en el avance de excavación"*. Se solicita estimar cuanto es lo que aportó cada uno de los sectores perforados donde se concentró la mayor infiltración de agua.
39. En relación a las figuras 4-9 a 4-17 en la que se presentan la evolución temporal de los caudales medios mensuales de descarga medidos en los distintos pórticos del proyecto. Se solicita una interpretación de las variaciones del caudal indicando si se deben un aumento/disminución del caudal por los afloramientos de agua encontrados en la perforación de los túneles, o si se debe a algún otro efecto.
40. En relación al capítulo 5.1 en el cual se indica que *"El dominio de modelación se emplaza, mayoritariamente, en un sistema de roca, con condiciones hidrogeológicas de baja permeabilidad. En este sistema de roca se ha identificado que la parte superficial corresponde a una roca fracturada y bajo los 200 metros se encontraría una roca de menor permeabilidad con características de basamento impermeable. Ambos sistemas podrían eventualmente ser conectados mediante fallas, que corresponde al mecanismo de ingreso de aguas de afloramiento en los sistemas de túneles del proyecto. En una menor proporción, es factible encontrar el acuífero sedimentario, asociado a los principales sistemas de drenaje vinculados a los ríos Colorado, Yeso, Volcán y Maipo. Sin embargo, ha sido sólo el relleno*

sedimentario del río Maipo el que ha presentado mayor interés hidrogeológico por cuanto ahí se emplazan los derechos de aguas subterráneas otorgados por la DGA". Dada la importancia señala en este párrafo sobre las estructuras geológicas, es que se solicita un estudio estructural de detalle, actualizado con la información que se ha ido encontrando en los túneles, que dé cuenta de la tectónica regional y local que está siendo atravesada por las obras del proyecto, que permita mejorar la modelación de la dirección de flujo que escurre por las estructuras y que eventualmente puedan verse impactadas por la construcción de los túneles y su posterior sellamiento perimetral. Adicionalmente se solicita mejorar la descripción de las unidades hidrogeológicas en sedimentos presentes sobre las obras en construcción.

41. *En relación al capítulo 5.2 en el cual se menciona que "A partir de la información del proyecto, basado en información de geofísica, geología y permeabilidades de las unidades geológicas, es posible identificar una unidad hidrogeológica de baja a nula permeabilidad (UH-3), por debajo de los 200 metros desde el terreno. Sin embargo, este medio que en una caracterización hidrogeológica correspondería a un basamento, ha sido representado en el modelo para representar la interacción del túnel y las estructuras (UH-4), que se ha supuesto conectan el sistema profundo con el sistema subsuperficial (UH-2), como una condición más desfavorable". Se solicitan los antecedentes geológicos, geofísicos y de permeabilidades que sustenten el límite de 200 m bajo la superficie como una UH de menor permeabilidad. Además se solicitan los argumentos técnicos para utilizar esta UH para representar la interacción del túnel y las estructuras (UH-4).*
42. *En relación a lo presentado en la Figura 5-1 en la cual se observa que no se incluyeron en la discretización de la malla todas las estructuras y las quebradas presentes en el área de estudio. Se solicita aclarar a qué se debió la omisión.*
43. *En relación a lo presentado en la figura 5-2 se presenta el mapa de colores del modelo de elevación digital. Se solicita una imagen en perspectiva que muestre la topografía en 3 dimensiones, así como también se solicita la imagen LIDAR utilizada para la construcción de la topografía. Adicionalmente se solicita aclarar cuánta es el área abarcada con la imagen LIDAR y cuánto fue rellenado con el modelo de elevación digital de SRTM (indicando además la resolución de ambas imágenes).*
44. *En relación a la Tabla 5-1 se solicitan los argumentos técnicos para el uso de los rangos de almacenamiento para las distintas unidades hidrogeológicas.*
45. *En relación a lo presentado en la Figura 5-6 se la cual se indica la conductividades hidráulicas para las capas 1 y para las capas 3-8; se solicita incluir las conductividades definidas para la capa 2. Además se solicitan los argumentos técnicos para la definición de las distintas zonas de conductividad (geológicos, geomorfológicos, estructurales, etc.) y adicionalmente se solicita aclarar el valor utilizado para las estructuras definidas en UH4 (valor único) siendo que ya hay evidencias en la construcción de los túneles que existen estructuras que conducen muchas más agua que otras.*

46. En relación a lo presentado en la Figura 5-7, se solicita incluir una leyenda que permita vincular los valores presentados en la Tabla 5-2 con las zonas definidas en la figura. Adicionalmente se solicitan los argumentos técnicos para no incluir una recarga proveniente del embalse El Yeso, y las Lagunas Lo Encañado y Negra, presentes en el área de estudio.
47. En relación a lo presentado en la Tabla 6-1, se solicita aclarar la inconsistencia entre los datos. Toda vez que se contaron con 19 datos en el ajuste del modelo, mientras que en el capítulo 3.7 se mencionó que se construyó la piezometría con 20 niveles.
48. En relación al capítulo 6.2.2, se solicita aclarar el grado de incertidumbre que se genera en la estimación del flujo base subterráneo asociado a los caudales de afloramientos simulados para aquellas subcuencas con presencia de glaciar. Además se solicita estimar el porcentaje de aporte glaciar para cada una de las subcuencas.
49. En relación a lo presentado en la Figura 6-14, se solicita aclarar a que capa corresponden las curvas equipotenciales. Adicionalmente se solicita aclarar conceptualmente si es que al presentar una sola superficie equipotencial, se asume la conexión entre las distintas unidades hidrogeológicas definidas en el modelo conceptual.
50. En relación a lo presentado en el capítulo 7.1, se solicita aclarar si el régimen transiente incluye la puesta en operación del proyecto, donde se muestren los escenarios del desvío de las aguas por los túneles y cómo eso impactaría los recursos hídricos superficiales y subterráneos entre la zona de las bocatomas y la de descarga de vuelta al río Maipo.
51. En relación a lo presentado en el capítulo 7.3, se solicita incluir dentro de la evaluación de la influencia de la construcción de los túneles, escenarios de modelación de trackeo de partículas, en particular en aquellas zonas de los túneles donde se presenten estructuras geológicas que además de poner en contacto el agua presente en las unidades de roca pueda poner en contacto el agua de las unidades de roca con los sedimentos. Adicionalmente se solicitan los archivos digitales del modelo numérico para la revisión de sus distintas variables, escenarios y resultados.
52. Se solicita mejorar el capítulo de referencias, indicando la fuente y si es posible incluir las referencias en la entrega de información.

Observaciones relativas al Anexo 1 del Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM

53. En relación al Capítulo 3, se solicitan los argumentos técnicos para no incluir dentro del análisis de caudales las subsubcuencas del río Olivares y del río Colorado antes junta Río Olivares (para determinar el caudal entrante al sistema). Más aun, considerando lo ilustrado en la Figura 3-1, donde se presenta las estaciones fluviométricas río Olivares antes junta río Colorado y río Colorado antes junta río Olivares.

54. En relación al capítulo 4.2, se solicitan los argumentos técnicos para no considerar las zonas donde se encuentran las rocas fracturadas definidas previamente como el UH4. Adicionalmente se solicitan los argumentos técnicos para no considerar los embalses y la laguna presente en el área de estudio como zonas de recarga.
55. En relación al capítulo 4.3.1, en el cual se indica que *"En el dominio del sistema, el río Colorado tiene su origen algunos metros agua debajo de la confluencia entre el río Olivares y el río Colorado"*. Al respecto, se solicitan los argumentos técnicos para no considerar la hoya hidrográfica del río Colorado como parte del dominio del sistema, en particular siendo que en la cabecera de la subsubcuenca del río Colorado se observan glaciares y glaciares en roca. Además, se solicita incluir en una figura la ubicación de los sectores de captación y restitución de los distintos ríos esteros, que están y que van a ser intervenidos (el Alfalfal, Maitenes y PHAM).
56. Lo anterior se solicita replicar (pregunta 55) para las subsubcuencas de los ríos Yeso, Volcán y Olivares.
57. En relación a lo presentado en la Tabla 4-6, se solicita realizar el mismo análisis para los glaciares de roca presentes en el área de influencia definida por el titular. Toda vez que de acuerdo a la revisión cartográfica, se evidencias glaciares de roca sobre los túneles pertenecientes al proyecto.
58. En relación a lo presentado en la Figura 4-7 se solicitan los argumentos para eliminar la Evapotranspiración de la ecuación de Balance así como tampoco incluir el caudal subterráneo entrante (en particular con la componente de aporte glaciar subterráneo).
59. En relación a las zonas de recarga en el sistema de roca presentado en la Figura 4-8, se solicitan los argumentos técnicos para no incluir las zonas de roca fracturada como una zona particular de recarga.

Observaciones relativas al Anexo 2 del Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM

60. En términos generales se solicita incluir dentro del análisis de las conductividades hidráulicas las zonas de roca fracturada. Además de considerar la posibilidad de darle un mayor peso relativo a los valores obtenidos en las pruebas de bombeo versus los otros ensayos realizados y/o recopilados.
61. En relación al capítulo 2.2, se solicitan los reportes técnicos de los métodos geofísicos utilizados, que permiten esclarecer la determinación y distribución areal del límite de roca alterada/fresca a los 200 m bajo el nivel de superficie.
62. En relación al capítulo 2.3, se solicita aclarar si es que no existen más pozos con niveles en los amplios tramos en que no se presenta información de nivel, así como también los argumentos técnicos para no realizar métodos geofísicos que permitiesen un mejor control de la profundidad del acuífero en el relleno sedimentario. Además se solicitan los argumentos técnicos para no

realizar una piezometría en los acuíferos alojados en roca meteorizada (UH2) y la roca fracturada (UH4).

63. En relación a lo presentado en el capítulo 6, se solicitan los antecedentes de la interpretación de los métodos geofísicos, en particular se requiere conocer si los métodos fueron calibrados con información de estratigrafía y niveles estáticos medidos en los sondeos de exploración.
64. En relación a lo presentado en la Figura 6-2, se solicita la leyenda de colores para las resistividades presentadas en el perfil EM-4.

Observaciones relativas al Anexo 3 del Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM

65. En relación a lo presentado en la figura 3-2, se solicita mejorar la leyenda, dado que por la resolución de la figura resulte inteligible. Además se solicita la inclusión de la leyenda en las figuras 3-3 y 3-4.
66. En relación al capítulo 5.1 se solicitan los argumentos técnicos utilizados en la diferenciación de los distintos dominios estructurales.
67. En relación a lo presentado en la Figura 4-1, se solicita mejorar el mapeo estructural, en particular en las zonas donde los túneles proyectados cruzan estructuras, se hace necesario determinar las familias de estructuras, reportando donde se pueda, el tipo y la cinemática de las estructuras, haciendo hincapié en las fallas que han presentado una mayor presencia de agua. Otra de las mejoras en el mapeo estructural solicitadas consiste en incluir mediciones de rumbo y manto de las fallas en los perfiles presentados en las Figuras 5-2, 5-3, 5-4 y 5-5.

Observaciones relativas al Anexo 4 del Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM

68. En relación a lo presentado en el capítulo 2.1 se solicita el envío de los antecedentes mencionados en este capítulo, por ejemplo; Estudio de Origen de Aguas Túneles Proyecto Alto Maipo, SRK (2017), Información de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas, PHAM (2018). Toda vez que no es posible verificar los resultados presentados, si no se revisan los datos referenciados.
69. En relación al capítulo 3.1 (y en la Figura 3-16), se solicita una interpretación de la variabilidad de los valores obtenidos de Ph, Conductividad eléctrica y sulfato para los sectores del Maipo, Colorado, Yeso y El Volcán. En particular se solicita realizar una caracterización hidrogeoquímica en todos los sectores en que se han detectado un mayor afloramiento de agua por estructuras, realizando además mediciones de isótopos de deuterio y oxígeno que permitan determinar las zonas de recarga del agua presentes en las estructuras y la posible conexión que pueda existir aguas abajo con los acuíferos en sedimentos.
70. En relación al capítulo 3.2.2, se observa que a pesar de que en general las aguas son "bicarbonatadas cálcicas a sódicas, a excepción del sector donde se ubica el túnel VA4". Se solicita una interpretación de la diferencia de la

química de las aguas en los distintos sectores donde se presentan los diagramas de Stiff. Además se solicitan la metodología estadística y los valores con los cuales fueron construidos los diagramas de Stiff presentados en la Figura 3-17.



PABLO RIVAS MUÑOZ
DIRECTOR NACIONAL(S)
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

etc W/R
GNG/ALR/JRV

cc

- Destinatario
- Archivo Unidad de gestión Ambiental , Sernageomin