

**ANT:** Res. Ex. N° 32/ D-001-2017  
de 12 de marzo de 2019.

**MAT:** Se tenga presente lo  
indicado.



**ADJ:** DARH SDT 367 de la  
Dirección General de  
Aguas.

Ord. N° 481 de 4 de abril  
de 2019 del Director  
General de Aguas.

Ord. N° 0948/2019 del 30  
de abril de 2019 del  
Director Nacional del  
Servicio Nacional de  
Geología y Minería.

**Sebastián Riestra López**  
**Jefe Subrogante**  
**División de Sanción y Cumplimiento**  
**Superintendencia del Medio Ambiente**

**De mi consideración:**

**ALEJANDRA DONOSO CÁCERES**, abogada de la Defensoría Ambiental, cédula de identidad N° 16.710.896-2, domiciliada en calle San Ignacio de Loyola N° 1744, comuna y ciudad de Santiago, en representación de Maite Cecilia Birke Abaroa, Concejala de la I. Municipalidad de San José de Maipo, cédula de identidad N°12.243.403-6, domiciliada en calle Los Maitenes N°3169, Las Vertientes, comuna de San José de Maipo, en virtud del análisis realizado a las últimas presentaciones de la empresa Alto Maipo SpA. (en adelante, "PHAM" o "la empresa" o "el titular", indistintamente) y las consecuentes resoluciones emitidas por la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, "SMA"), vengo en solicitar que se tengan presente los siguientes puntos respecto de la situación procedimental en que se encuentra el procedimiento sancionatorio D-001-2017.

1. **El “Impedimento” establecido en el Programa de Cumplimiento presentado por PHAM con fecha 11 de febrero de 2019.**

El 11 de febrero del año en curso, el PHAM presentó un “reporte de impedimento asociado a la acción n.º 53 del programa de cumplimiento” (en adelante, “PdC”) e informa sobre “los resultados obtenidos del modelo hidrogeológico actualizado del proyecto”, ante lo cual esta Superintendencia “formuló observaciones y un plazo para que Alto Maipo dé respuesta a ellas”.

En el punto 2.2.2.2., vi. de la Guía para la presentación de Programas de Cumplimiento por infracciones a instrumentos de carácter ambiental (en adelante, “Guía”), se dispone respecto de los “impedimentos” lo siguiente:

*“Debe definirse, para cada acción principal por ejecutar, en caso en que corresponda, los eventuales **impedimentos o condiciones ajenas a la voluntad o responsabilidad del titular** que podrían imposibilitar la ejecución de la acción dentro del plazo establecido” (el destacado es nuestro).*

Dentro del programa de cumplimiento refundido la empresa para la acción N° 54, al respecto, señala:

*“Adaptación de las capacidades de las plantas de tratamiento de aguas que se generan al interior de los túneles, **en base a las proyecciones geológicas que se han realizado a la fecha y al progreso de la construcción**”, se establece como impedimento “Que el modelo hidrogeológico actualizado asociado a la acción 60, determine **tasas de afloramiento inferiores** a la capacidad de tratamiento instalada para la etapa 2” (el destacado es nuestro).*

Antes de hacer un análisis sobre el impedimento en sí, cabe preguntarse, ¿cómo puede ser una condición ajena a la voluntad o responsabilidad del titular los resultados de un documento cuya elaboración y presentación son de su exclusivo control y que, peor aún, es información que se debería tener clara tanto para la evaluación ambiental del proyecto como para la aprobación del programa de cumplimiento?

La misma acción estipula que las capacidades de las plantas de tratamiento se actualizarán en base a las proyecciones geológicas “hechas a la fecha”, no a las proyecciones hechas en el futuro, por lo que realmente parece absurdo que se permita un “impedimento” que haga un análisis de la factibilidad técnica de las plantas de tratamiento, cuando estos informes debieron haber sido

presentados con anterioridad a la aprobación del programa de cumplimiento que las contempla.

Sin perjuicio de lo anterior, teniendo en cuenta que el programa de cumplimiento fue aprobado a pesar de esta circunstancia, nos toca considerar si este impedimento es realmente un impedimento o si consiste en una modificación encubierta.

En primer lugar, del tenor literal del impedimento se puede observar que no se ha cumplido con la condición estipulada, ya que se prescribe una disminución de la capacidad de tratamiento y no un aumento. Más allá de este análisis textual, es de toda lógica que se haya dispuesto como impedimento sólo una disminución y no un aumento, toda vez que un aumento claramente significa que la cantidad de afloramientos que se está considerando es mayor a la que se está declarando, lo cual significa mayores impactos al acuífero y un indeterminado riesgo para la población respecto del recurso hídrico que incluso requeriría una evaluación ambiental propia.

Esta situación ha sido señalada tanto por esta administración, como por la misma empresa. Así, Alto Maipo, en la presentación del programa de cumplimiento original, de 16 de febrero de 2017, sostiene:

*"En base a ello **el presente programa tiene por objetivo reforzar las acciones contempladas en la evaluación ambiental del Proyecto para controlar y reducir la presencia de filtraciones de aguas afloradas** en la construcción de los túneles del Proyecto, adelantando las actividades de post grouting, originalmente contempladas para la fase final de construcción de los mismo" (el destacado es nuestro).*

Lo mismo es reconocido por la Superintendencia del Medio Ambiente en su Res. Ex. Nº 22/ Rol D-001-2017 de 5 de enero de 2018:

*"Por otro lado, sobre las acciones propuestas, cabe indicar que el foco de las acciones del PDC original presentado el 16 de febrero de 2017, en los términos indicados por la propia empresa, se encontraba en **reforzar la acciones contempladas en la evaluación ambiental para controlar y reducir la presencia de filtraciones de aguas afloradas en la construcción de los túneles** del Proyecto. A raíz de las observaciones realizadas por esta autoridad, se incluyeron por un lado, acciones que van en la línea de controlar que las aguas que surjan de los túneles se encuentren en línea con los sistemas de tratamiento de Riles y aguas de infiltración, es decir dentro de las capacidades de los respectivos sistemas de*

*tratamiento (acción 14.3 del PDC refundido) y por otro, a controlar que las aguas de infiltración sean restituidas al cauce más cercano con la calidad correspondiente (acción 14.4 del PDC refundido). Esto último se debe a que las acciones deben abordar el ciclo completo de reacción al surgimiento de agua en los túneles, vale decir, debe incluir aspectos relativos al manejo, tratamiento y descarga de las mismas" (el destacado es nuestro).*

De esta manera, tanto la Superintendencia del Medio Ambiente como Alto Maipo han mencionado que la intención de las acciones relacionadas con el cargo N° 14 tienen por objeto disminuir las filtraciones y a su vez controlarlas, por lo que un aumento en la capacidad de las plantas de tratamiento basado en estimaciones sustancialmente mayores a las presentadas en el programa de cumplimiento y a su vez a la evaluación ambiental, no sólo no constituyen un impedimento, sino que a su vez, se encuentran absolutamente en contra de los objetivos de la acciones destinadas a que la empresa vuelva al cumplimiento y mitigue los efectos negativos de la infracción.

Así las cosas, este aumento en la capacidad de las plantas de tratamiento basado en estimaciones de mayores afloramientos, al ir en contra de los objetivos de las acciones relacionadas al cargo 14, y no tener ninguna relación lógica con la acción en sí, no puede más que constituir una modificación al programa de cumplimiento, y no una leve, ya que permitiría al titular cometer continuadamente infracciones a la RCA, debido a la emanación y descarga constante de afloramientos.

En segundo lugar, en cuanto a la modificación de programas de cumplimientos, la Guía precitada es clara en señalar su improcedencia, en su punto 3.2.2:

*"De acuerdo a la jurisprudencia de la judicatura ambiental, la resolución de aprobación de un PDC corresponde a un acto trámite cualificado, susceptible de ser reclamado, el cual se pronuncia, entre otros aspectos, respecto de los criterios de integridad, eficacia y verificabilidad de las acciones y metas que conforman el PDC presentado por el infractor, así como también respecto de los indicados en el artículo 9, inciso tercero, del Reglamento. En consecuencia, **una vez aprobado el Programa no procederán modificaciones al mismo que impliquen la revisión o una nueva evaluación de los criterios anteriormente señalados**, sobre los cuales ya existió el pronunciamiento formal de la SMA para efectos de su aprobación, sin perjuicio de lo dispuesto en la Ley N° 19.880" (el destacado es nuestro).*

Ante la presentación del PHAM, la SMA en su Res. Exe. 32/D-001-2017, en vez de dar cuenta de la improcedencia de la situación presentada como "impedimento", señala:

*"En conclusión, para determinar si en el presente caso existe efectivamente una contingencia, así como su magnitud, se requiere la revisión del nuevo modelo hidrogeológico, así como un procedimiento de la autoridad competente sobre el mismo. La determinación de la validez del nuevo modelo es el supuesto de hecho que permite a esta Superintendencia evaluar la procedencia del impedimento de la acción N° 53 del PdC. Por estos motivos, en el escenario actual no procede pronunciarse sobre el fondo de la presentación de Alto Maipo SpA, **en tanto el nuevo modelo hidrogeológico no sea validado por la autoridad sectorial competente**" (el destacado es nuestro).*

Con esta resolución, la SMA da a entender que está analizando la integridad, eficacia y verificabilidad del modelo hidrogeológico, lo cual implica que se está analizando una modificación del Programa de Cumplimiento, cuando sólo se debería analizar si se verificó el hecho que constituye impedimento o no.

Tenemos que considerar que los impedimentos han sido creados por la SMA para darle un poco de flexibilidad al titular respecto de las acciones comprometidas, sin embargo esta ficción legal debe usarse de forma excepcional, especialmente si consideramos que la única normativa aplicable al caso es el artículo 9 y 10 del Reglamento y artículo 42 de la LOSMA, los cuales no hacen ninguna mención expresa o tácita a estos impedimentos.

En este orden de ideas, el artículo 10 del Reglamento es categórico.

**"En caso de incumplirse las obligaciones contraídas en el programa, se reiniciará el procedimiento administrativo sancionatorio, en el estado en que se encuentre** *En dicho evento, se podrá aplicar hasta el doble de la multa que corresponda a la infracción original dentro del rango señalado en la letra b) del artículo 38 de la ley. En la determinación de la sanción, se considerará el grado de cumplimiento del programa, de acuerdo a lo indicado en la letra g) del artículo 40 de la ley"* (el destacado es nuestro).

Así las cosas, en el caso en comento estamos ante un claro incumplimiento de una obligación, la de someter las modificaciones de las plantas de tratamiento a evaluación ambiental en los términos prescritos en el programa de cumplimiento, y esto no se ha realizado, y si es que el titular lo llegara a hacer será en términos distintos, con una estimación de afloraciones bastante mayor

a la considerada en el PdC original, lo cual claramente constituye un incumplimiento al PdC que, además, pretende que sea validado por esta SMA mediante una modificación ilegal de dicho instrumento.

2. **La modificación al programa de cumplimiento además de estar prohibida, en este caso no cumple con los requisitos de aprobación de un Programa de Cumplimiento**

La Superintendencia del Medio Ambiente es su Res. Ex. N° 32/ D-001-2017, expresa:

*“No obstante, al examinar el objeto del impedimento de la acción 53 del PdC, es posible señalar que su espíritu es dar lugar a posibles adaptaciones del PdC y del proyecto ante situaciones que se encuentran fuera del control de la empresa - en este caso, una variación del modelo hidrogeológico-, independientemente que ellas determinen tasas de afloramiento superiores o inferiores a la capacidad de tratamiento actual. **El objetivo ambiental primordial que se tuvo a la vista al momento de consignar el impedimento al que la empresa hace referencia, es permitir que las acciones contempladas en el PdC, se adapten a las contingencias, evitando de esta forma los aumentos de caudal y el riesgo que éstos tienen el potencial de generar**, así como afrontar de manera eficiente el tratamiento de las aguas afloradas producto de la excavación de los túneles El Volcán, Alfafal y Las Lajas” (el destacado es nuestro).*

Al respecto, es de suma importancia precisar que la base de este impedimento no es una mera contingencia. Una contingencia tiene relación con hechos puntuales que pueden implicar una fluctuación de litros por segundo durante una duración de tiempo no prolongada en el tiempo. Este impedimento implica aprobar no un pequeño aumento en las estimaciones que se pueda relacionar con contingencias, sino que plantea un aumento en las estimaciones de más 400 litros por segundo, monto considerablemente mayor a todas las contingencias que fueron anunciadas a la SMA y en base a las cuales este órgano determinó medidas provisionales, como también a las mismas “contingencias” que dieron origen a los cargos que esta misma acción del programa de cumplimiento intenta corregir.

A modo ilustrativo, en la siguiente tabla se puede observar como la empresa ha ido generando afloramientos distintos a los expresados a la RCA y como esta Superintendencia ha permitido cantidades mayores a las establecidas por el mismo órgano competente, la DGA:

Documento	Declaración PHAM
<p><b>Afloramientos permitidos en RCA N° 328/2013</b></p>	<p><b>EIA (anexo 45)</b>  <i>"La posibilidad de que existan acuíferos en el área del eje de los túneles de proyecto hidroeléctrico Alto Maipo es mínima.  "En más del 95% de la extensión total de los túneles y ventanas, con más de 200 m de carga de roca, se encontraron extensos tramos secos o sólo húmedo, con goteo o filtraciones menores a 100 l/min <b>(1,67 l/sg)</b>"</i></p> <p><b>Adenda N° 2</b>  <i>"considerando la contingencia máxima de filtraciones acumuladas a lo largo del frente de excavación del ´tunel, evacuadas por la ventana respectiva, esto es una tasa de <b>1 L/seg/km</b> de excavación".  "Las eventuales filtraciones serán selladas con tratamientos de impermeabilización usuales para la construcción de obras subterráneas por lo que no se producirá efecto alguno sobre las aguas panimávidas ni la hidrología subsuperficial y subterránea del sector".</i></p>
<p><b>Afloramientos objeto de la Formulación de Cargos</b></p>	<p><i>"En los portales de acceso en que se instalaron flujómetros y para el rango de meses abril-octubre de 2016, los caudales de aguas afloradas han superado consistentemente la tasa máxima de contingencias de filtraciones acumuladas a lo largo del frente de excavación de los túneles. En efecto, las diferencias observadas consideran, <b>a lo menos 2.852 m3 de aguas afloradas, por sobre la tasa señalada en la evaluación ambiental del proyecto.</b> El flujo observado desde el portal de acceso VL4, para el rango de meses de abril octubre de 2016, es mayor al caudal medio, que por diseño la planta de tratamiento de aguas afloradas del mismo portal puede tratar. En los frentes de trabajo o portales; VA4, V1, V5, VA1, VL4 VL5 Y VL7, durante el 2015 y 2016, se produjeron una serie de derrames de líquidos, al haberse rebasado las capacidades de distintas instalaciones".</i></p>
<p><b>Afloramientos Declarados por PHAM ante SMA</b></p>	<p><b>Res. Ex. N° 1460, de 7 de diciembre de 2017 que Ordena Medidas Provisionales que indica.</b>  <i>"10. En este contexto, y mientras se realizaban obras de construcción del denominando "Túnel L1", que está ubicado en sector de Las Lajas, se han producido una serie de afloramientos de aguas que, por su reiteración y periodicidad, nos hace dudar de la estabilidad hidrogeológica del Túnel Li. Estos afloramientos se habrían producido desde el 23 de agosto de 2017, y se han traducido en la presencia de volúmenes de aguas que son superiores a la capacidad de tratamiento instalada por la empresa en dicho sector (planta de tratamiento de Riles de</i></p>

25 l/s y de aguas afloradas de **25 l/s**)”.

“22. El 16 de noviembre de 2017, la compañía ingresó la carta AM 2017/091, donde le comunica a la SMA que la nueva planta de tratamiento de aguas de infiltración fue instalada el 4 de noviembre. A su vez, indicó que a dicha fecha **el total del agua de infiltración del interior del túnel L1 es menor a 501/s** y que el agua de infiltración está siendo tratada en su totalidad, por lo que da por terminada la descarga de emergencia al río Maipo”.

“Asimismo, la empresa indica que el 20 de octubre de 2017, se produjo un nuevo afloramiento, por lo que **decidió instalar una segunda planta de tratamiento de aguas de infiltración, con una capacidad de 25 l/s, lo que equivale a que en el sector L1 exista una capacidad total de tratamiento de este tipo de aguas de 50 l/s**”.

**Res. Ex. N° 185 de 9 de febrero de 2018, que Ordena renovación de provisionales que indica.**

“Los caudales de ingreso a las plantas de tratamiento identificadas como de aguas afloradas, presentan tasas estables de **47,57 l/s promedio**, distribuido en las plantas N°1 y 2 (se informó un caudal de ingreso de la planta de tratamiento de aguas afloradas N°3 de 0 l/s por parte de la compañía). En consecuencia, no se ha verificado durante el periodo de la medida una disminución del caudal de agua aflorada desde el túnel L1...”

**Res. Ex. N° 38 de 10 de enero de 2018 que Ordena Renovación Provisionales que indica.**

“12. Los antecedentes que se acaban de exponer, permiten mantener el estado de incertidumbre respecto de la estabilidad estructural del Túnel Li, por cuanto se ha constatado que los caudales de ingreso a las plantas de tratamiento de aguas afloradas, se han mantenido estables, con un **promedio de 46 l/s**. En consecuencia, no se ha verificado durante el periodo de vigencia de la medida provisional, una disminución del caudal de agua aflorada desde el túnel L1...”

**Estimaciones de afloramientos Programa de Cumplimiento Refundido de 26 de marzo de 2018.**

**Tabla 7. Capacidades Planta de Afloramiento ETAPA 1 y ETAPA 2**

Frente	Capacidad Instalada Agua Afloramiento (l/s)	Capacidad Total Planeada a instalar ETAPA 1(**) (l/s)	Capacidad ad adicion al móvil	Capacidad Total Planeada a instalar ETAPA 2(**) (l/s)	Capacidad adicional móvil
L-1	50	150	50 (*)	275	50 (*)
VL-2		56		80	
VL-4	50	75		25	
VL-5	50	25		10	
VL7-8	No Aplica				
VA-1	25	50		50	
VA-2	25	25		75	
VA4	25	75		25	
V5	25	50		115	
V1	25	50		5	
<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>556</b>			

(\*) Capacidad adicional de tratamiento mediante plantas de tratamiento móviles modulares incrementado en etapas de capacidad nominal aproximada de 50 l/s. Se considera en forma referencial un total de 3 que se agregan temporalmente a la Capacidad Total instalada en los portales donde sea necesario, según los requerimientos operacionales y las tasas de afloramiento observadas (Ver procedimiento ENV-PCD-013).

(\*\*) Las capacidades indicadas sólo se disminuirán entre estas etapas en el caso que exista una reducción sostenida de los caudales de agua aflorada.

**Estimaciones de afloramientos declaradas en Impedimento presentado con fecha 15 de febrero de 2019.**

**Tabla 3. Capacidad operacional para tratamiento de agua de afloramiento**

Túnel	Portal	Estimación caudales esperados promedios por portal (l/s)	Caudales esperados promedios por túnel (l/s)	Estimación capacidad operacional por portal (l/s)	Capacidad operacional máxima por sistema de túneles (l/s)
Las Lajas	L1	183	508	200	525
	VL2	91		100	
	VL4	207		200	
	VL5	24		25	
	VL7-VL8	3		-	
Alfalfal	VA1	0	71	25	125
	VA2	32		50	
	VA4	39		50	
Volcán	V5	92	190	150	250
	V1	98		100	
<b>Total</b>					<b>900</b>

Como se puede observar, el aumento en los afloramientos que va en contra de lo establecido en la RCA, es absolutamente impresentable, considerando la gran diferencia entre lo declarado en la evaluación ambiental, la realidad actual y las estimaciones proyectadas presentadas por la empresa, que intenta modificar no sólo el programa de cumplimiento, sino que nuevamente intenta obtener una autorización que va manifiestamente en contra de la RCA.

En esta línea, cabe señalar que además de ser una modificación burda y evidente al programa de cumplimiento, esta modificación, en caso de que fuese permitida, ni siquiera cumple con los requisitos para su aprobación, ya que en vez de hacerse cargo de los efectos negativos de la infracción N° 14, los agrava, poniendo en mayor peligro el acuífero, sin ni siquiera existir estudios que determinen los efectos de este daño.

En este sentido, se debe considerar lo dispuesto en el D.S. N° 30/2013, que aprueba el Reglamento sobre Programas de Cumplimientos, Autodenuncia y Planes de Reparación (en adelante, "Reglamento"), especialmente en su artículo 9º

*"Criterios de aprobación. La Superintendencia para aprobar un programa de cumplimiento deberá atenerse a los siguientes criterios: (...) a) Integridad: **Las acciones y metas deben hacerse cargo de todas y cada una de las infracciones en que se ha incurrido y de sus efectos.** (...) b) Eficacia: Las acciones y metas del programa deben asegurar el cumplimiento de la normativa infringida, así como contener y reducir o eliminar los efectos de los hechos que constituyen la infracción. (...) c) Verificabilidad: Las acciones y metas del programa de cumplimiento deben contemplar mecanismos que permitan acreditar su cumplimiento" (el destacado es nuestro).*

En el caso en cuestión, un aumento en la capacidad de la planta de tratamiento de aguas afloradas, se hace cargo del efecto de descargar aguas sin tratamiento al río, sin embargo no se hace cargo del efecto que como denunciante hemos reiterado en distintas instancias, que tiene que ver con la estabilidad del acuífero, el cual en virtud de este programa de cumplimiento ha sufrido un estrés enorme y constante, al permitirse afloramientos exagerada y flagrantemente superiores a los establecidos en la RCA, sin existir estudios que determinen exactamente como esta cantidad de agua que se está extrayendo puede afectar la cuenca hidrogeológica.

### **3. Elusión de Responsabilidad por parte de PHAM**

De acuerdo a lo expuesto con anterioridad, se puede observar que PHAM ha utilizado diversas instancias en la institucionalidad ambiental para eludir su

responsabilidad y continuar generando un daño irreversible en el acuífero y en todo el sistema hidrogeológico de la zona.

En este sentido, el aumentar las estimaciones de los afloramientos luego de más de 7 años de aprobada la RCA, y a su vez teniendo un programa de cumplimiento aprobado que ya permitió que se generaran más afloramientos de la RCA, es claramente un medio por el cual PHAM está intentando eludir su responsabilidad, o al menos dilatar el inminente procedimiento administrativo sancionatorio, ya que a sabiendas de la existencias de estos afloramientos, la empresa ha esperado años en elaborar los documentos necesarios para evaluar el verdadero impacto que se está produciendo en el acuífero.

Por su parte, cabe tener en consideración las ganancias económicas que han implicado para la empresa no hacerse cargo realmente de estos afloramientos, evitando que se sigan produciendo, a través de la instalación de planchas de acero como está prescrito en la RCA, pudiendo observarse que claramente existe un aprovechamiento de la infracción a través de este programa de cumplimiento y con más razón a través de esta modificación o "impedimento".

A mayor abundamiento, el documento que establece la base para presentar este "impedimento", ha sido elaborado con el fin de ser presentado en el contexto de la revisión de la variable hídrica de la RCA ante el Servicio de Evaluación Ambiental, siendo que las modificaciones a las plantas de tratamiento debieron haber sido presentadas para su evaluación ambiental, hace más de 11 años, si consideramos que el Estudio de Impacto Ambiental fue presentado con fecha 29 de mayo de 2008.

En este orden de ideas, es menester recordar lo dispuesto en el artículo 9 del Reglamento.

*"En ningún caso se aprobarán programas de cumplimiento por medio de los cuales el infractor intente **eludir su responsabilidad, aprovecharse de su infracción, o bien, que sean manifiestamente dilatorios**" (el destacado es nuestro).*

En esta línea, es absolutamente improcedente aceptar esta modificación toda vez que, además de generar un daño que puede llegar a ser irreparable respecto del acuífero, permite al titular por sobre todas las cosas aprovecharse de su infracción y disminuir los gastos asociados a evitar que se sigan produciendo estos afloramientos, utilizando planchas de acero, además de la elusión de responsabilidad, y la dilación del procedimiento sancionatorio que termine en una sanción para la empresa.

Este afán de eludir la responsabilidad se puede fácilmente desprender de su actuar, si comparamos lo expresado por PHAM al momento de presentar el

programa de cumplimiento original, con lo señalado actualmente al expresar que existe un impedimento.

Así, en el programa de cumplimiento de 16 febrero de 2017 el titular afirma:

*“En resumen, la permeabilidad evaluada para los túneles del proyecto durante las excavaciones considera una situación normal de túneles con afloramientos menores, pero también reconoce incertidumbres considerables en las excavaciones subterráneas, **y prevé situaciones localizadas distintas, de filtraciones mayores, asociadas a fallas geológicas o zonas de fracturas profundas**, para las que indica un tratamiento apropiado”* (el destacado es nuestro).

Sin embargo, en la presentación del 11 de febrero del presente año, la empresa se contradice estimando una cantidad de 900 litros por segundo de afloramientos, lo cual claramente no puede constituir una contingencia o una “situación localizada” asociada a una determinada zona, sino que claramente encubre una situación continua en el tiempo, que es transversal a la excavación de los túneles.

Demuestra aún más el afán dilatorio de la empresa, el hecho de que el modelo hidrogeológico en cuestión es de fecha 28 de diciembre de 2018, con conocimiento y aprobación de PHAM en esa fecha, sin embargo el titular esperó hasta el 11 de febrero para presentar estos antecedentes e informar sobre el “impedimento”.

En cuanto a este punto, es preciso recordar la Guía de Programas de Cumplimiento, que se refiere a la oportunidad en que se debe informar la ocurrencia del impedimento en su punto 2.2.2.2., vi.

*“Existen dos tipos de impedimentos: (...) El impedimento implica un retraso o suspensión temporal en la ejecución de la acción: En este caso **se debe informar la ocurrencia del impedimento**, junto con los documentos que la acrediten, las implicancias que tendría el impedimento y las gestiones que se adoptarán. Debe indicarse además el plazo máximo de retraso que podría tener la ejecución de la acción en caso que ocurra el impedimento”* (el destacado es nuestro).

Así las cosas, es aún más imperioso que la SMA cumpla con su deber de rechazar de plano el informe sobre “impedimento” y reinicie el procedimiento administrativo sancionatorio, ordenando todas las medidas necesarias para proteger el acuífero del daño inminente producido por el aumento de las afloraciones que no han sido evaluadas ambientalmente.

**4. El análisis de esta situación ya ha sido realizado por la Autoridad Competente (Dirección General de Aguas), ignorándose todos sus pronunciamientos por parte de la SMA**

Como ya fue mencionado con anterioridad, a través de la Res. Ex. N° 32/ Rol D-001-2017, de 12 de marzo de 2019, la Superintendencia del Medio Ambiente sostiene

*“En conclusión, para determinar si en el presente caso existe efectivamente una contingencia, así como su magnitud, se requiere la revisión del nuevo modelo hidrogeológico, así como un procedimiento de la autoridad competente sobre el mismo. La determinación de la validez del nuevo modelo es el supuesto de hecho que permite a esta Superintendencia evaluar la procedencia del impedimento de la acción N° 53 del PdC. Por estos motivos, en el escenario actual no procede pronunciarse sobre el fondo de la presentación de Alto Maipo SpA, en tanto el nuevo modelo hidrogeológico no sea validado por la autoridad sectorial competente”.*

Al respecto, cabe señalar que el pronunciamiento de la autoridad competente en esta materia (la Dirección General de Aguas), ha sido realizado en reiteradas ocasiones siendo completamente ignorado por la Superintendencia del Medio Ambiente.

En este sentido, el informe de la Dirección General de Aguas (en adelante, “DGA”) DARH STD 367 del año 2015 “Estimación preliminar de la recarga de aguas subterránea y Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas altas de la Región Metropolitana”, que es el informe utilizado por la DGA para otorgar o denegar derechos de agua en las cuencas altas de la Región Metropolitana, a pesar de ser mencionado, citado y acompañado por esta parte, ha sido ignorado por la Superintendencia del Medio Ambiente.

Dicho informe establece la capacidad de recarga máxima del acuífero actualmente impactado por el PHAM.

*“A continuación se procede a la determinación del caudal preliminar de explotación sustentable para cada sector de las cuencas altas de la Región Metropolitana. El referido caudal, da respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas a otorgar, no genera afectación de derechos de terceros y no produce impactos no deseados a la fuente, en este caso acuífero, y al medioambiente”.*

Luego para la zona del estero El Manzano se dispone de una capacidad de recarga máxima 26 lt/sg.

Como fue expresado previamente, este informe que ha sido desestimado por la SMA, es el que se utiliza por parte de la DGA para determinar los derechos de aprovechamiento de aguas y por lo mismo, ha sido avalado por deferencia técnica por nuestros tribunales de justicia en los casos en que se han reclamado la denegación de este tipo de derechos.

Así, a modo de ejemplo se puede observar como la Corte de Apelaciones de Santiago, en sentencia confirmada por la Corte Suprema<sup>1</sup>, avaló el contenido de este informe de la DGA para denegar derechos de agua basado en la deferencia técnica:

*“La disponibilidad del recurso, como condición para conceder un derecho de aprovechamiento, según lo previsto en el artículo 141 del Código de Aguas, no solo se determina por el hecho de que el pozo no se encuentre en zona de prohibición o en un área restringida, sino también por la circunstancia de no haberse comprobado su disponibilidad en el orden jurídico, aspecto cuya determinación ha quedado entregada a la Dirección General de Aguas. (...) Así lo ha resuelto de modo reiterado la Excm. Corte Suprema, como lo apunta la reclamada. (...) En efecto, las razones que fundamentan la negativa están contenidas en un **informe técnico de la DGA, SDT N° 367, de 2015, que indica las razones de orden objetivo y técnico en cuya virtud se precisa el carácter de disponible del recurso** y, con ello, la eventual afectación de derechos de terceros”<sup>2</sup> (el destacado es nuestro).*

Por su parte, dentro del procedimiento de revisión de la RCA N° 256/2009, la misma DGA, lejos de validar los documentos presentados por PHAM como lo ha venido haciendo sin fundamento esta SMA, realiza una serie de observaciones técnicas, en las cuales reafirma nuestra posición de que el aumento en la capacidad de las plantas de tratamiento no tiene relación con contingencias, sino que con una tendencia al alza en los afloramientos, lo cual probablemente es consecuencia de la ineficiencia de los métodos de impermeabilización.

En esta línea es que la DGA dispone:

1 Corte Suprema, tercera sala. Resolución N° 105604 de 13 de marzo de 2017. Causa N° 34833/2016.

2 Corte de Apelaciones de Santiago. Resolución N° 370891 de 28 de abril de 2016. Causa N° 9157/2015 (Civil).

"Ante lo señalado, si bien el Titular declara que los afloramientos residuales-temporales ....tienden a desaparecer o desaparecen con el tiempo...", estos cobran relevancia al ser utilizados "como criterio de estimación de los caudales promedios y máximos esperados para las capacidades de tratamiento requeridas en el referido portal" (Ver Tabla A.6 Capacidades operacionales de tratamiento para las aguas afloradas), por lo que **se deduce que la medida de grouting (relleno) no ha dado resultado en el control de las filtraciones y por tanto no es suficiente para impermeabilizar el área y detener los afloramientos** durante la ocurrencia del suceso, como tampoco en la situación ex post una vez terminada la excavación". (el destacado es nuestro).

Luego agrega:

"En acápite 4.3, Página 8 de 17, el Titular declara: "Sin perjuicio de la eventual ocurrencia de eventos inesperados producto de las propias condiciones de la variabilidad geológica, la proyección es que continúe disminuyendo la tasa de afloramiento promedio en el túnel Las Lajas en el Portal L1 hasta llegar a niveles similares a los ya alcanzados en los túneles que presentaron afloramientos durante su desarrollo y que hoy están con su excavación terminada. Es de destacar que, a la fecha las reducciones de las tasas de afloramiento semestral en el Portal L1 han bajado significativamente.". Lo señalado por el Titular no se condice con los valores reportados en las Tablas 4-7 y 7-2 del Modelo Hidrogeológico PHAM, en donde **se aprecia una tendencia al alza en los caudales aflorados**. Por ejemplo, en el Portal L1, de 45 l/s de caudal medio Primer Semestre 2018, se proyecta un caudal medio mensual de 183 l/s, por lo que resulta necesario controlar los caudales aflorados". (el destacado es nuestro).

De esta forma, se puede concluir, sin lugar a dudas que el organismo técnico respecto del cual la SMA espera validación ha establecido que existe una tendencia al alza de los afloramientos, y que éstos no se deben a contingencias. Así las cosas, el aumento en la capacidad estimada de las plantas de tratamiento no puede constituir un impedimento, y en caso de que la SMA insistiera en esta tesis, se tendría que hacer cargo de porqué el programa de cumplimiento no está cumpliendo con su objetivo de control y reducción de los afloramientos.

Por su parte, en la misma resolución, se realiza una serie de observaciones respecto de la suficiencia de los documentos presentados, tales como no identificar las fuentes de información, falta de antecedentes, falta de metodología de obtención de ciertos datos, entre otros aspectos. Esto demuestra la falta de rigurosidad de PHAM y la imposibilidad de la autoridad competente de validar un informe, que además de estar mal hecho, da cuenta de que el programa de cumplimiento no ha logrado reducir los afloramientos.

Esta falta de rigurosidad por parte de PHAM, ha sido corroborada por el Servicio Nacional de Geología y Minería (en adelante, "SERNAGEOMIN"), que en el contexto de la revisión de la RCA, a través del Ord. N° 0948 de 30 de abril de 2019, realiza 70 observaciones al modelo hidrogeológico de PHAM, la mayoría de ellas relacionadas con la falta de argumentos técnicos respecto de las aseveraciones de la empresa en este informe, solicitudes de nuevos análisis, entre otros.

La falta de argumentos técnicos señalada por el SERNAGEOMIN llega a un nivel tan grave como que:

*"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". (el destacado es nuestro).*

Este mismo tipo de observación se realiza respecto a la permeabilidad de roca, que es un elemento clave para poder determinar la presencia actual y futura de los afloramientos, al señalarse entre otras consideraciones que:

*"En relación a la segunda unidad hidrogeológica (UH2), **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". (el destacado es nuestro).*

En este sentido, SERNAGEOMIN además de cuestionar la validez técnica del informe, solicita argumentos técnicos respecto de puntos que se han utilizado de sustento no sólo para el aumento de capacidad de las plantas de tratamiento, sino que además para la aprobación del programa de cumplimiento, lo cual demuestra la gravedad de la situación, y la falta de diligencia de la SMA para abordar este caso.

En consecuencia, teniendo a la vista las observaciones de los servicios con competencia técnica sobre esta materia, los cuales no validaron el modelo hidrogeológico ni los documentos presentados por la empresa, y más aún, presentaron serios cuestionamientos sobre la calidad técnica de los argumentos que utilizó PHAM para que se aprobara su programa de cumplimiento y para que se aceptara este supuesto "impedimento", no cabe más que rechazar la solicitud del titular relacionada con el impedimento y reiniciar el procedimiento administrativo sancionatorio.

**POR TANTO**, teniendo en consideración los argumentos de hecho y derechos, como a su vez los pronunciamientos de la DGA y SERNAGEOMIN sobre esta materia,

**SOLICITO A ESTA SUPERINTENDENCIA** que se pronuncie sobre la presentación de 11 de febrero de 2019 realizada por Alto Maipo SpA., y reinicie el procedimiento administrativo sancionatorio Rol D- 001-2017 a la brevedad, tomando todas las acciones necesarias para la protección del acuífero.

*Alejandro Jorop A*





Ministerio de  
Obras Públicas

Gobierno de Chile

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**

**Estimación preliminar de la recarga de aguas  
subterránea y Determinación de los sectores  
hidrogeológicos de aprovechamiento común en las  
cuencas altas de la Región Metropolitana.**

**DARH  
SDT N° 367**

**Santiago, 2015**

## ÍNDICE

1	ÁNTECEDENTES .....	3
2	OBJETIVOS.....	3
3	DISPONIBILIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA .....	4
3.1	Sectorización.....	4
3.2	Precipitaciones Medias .....	6
3.3	Coefficiente de Infiltración .....	7
3.4	Caudal Preliminar de explotación sustentable.....	8
4	DERECHOS DE APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	9
4.1	Demanda Comprometida de Recursos Hídricos.....	9
5	CONCLUSIONES .....	10

## ANEXO 1 DEMANDA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS



## Informe Técnico DARH N° 89

### **Estimación preliminar de las recargas de agua subterránea, Determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas altas de la Región Metropolitana.**

Santiago, 16 de abril de 2015

#### **1. ANTECEDENTES**

Entre las atribuciones y funciones de la Dirección General de Aguas entregadas por el Código de Aguas, en el artículo 299 letra a) se encuentra la planificación del desarrollo del recurso de las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, por lo que la DGA ha permanecido en el estudio continuo de las fuentes de agua a fin de que sean aprovechadas de manera sustentable.

De esta manera, en el norte del país la mayor disponibilidad del recurso hídrico corresponde a aguas subterráneas, por lo que los estudios de este recurso se centran principalmente en la hidrogeología. Hacia el centro y sur del país, dichos estudios se han basado principalmente en la hidrología de las aguas superficiales.

Para dar cumplimiento al Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d) la Dirección General de Aguas necesita contar con estudios que permitan avanzar en la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas de manera sustentable.

Tomándose como base metodología, aquella utilizada en el SDT N° 359, de julio de 2014 "Estimación preliminar de las recargas de aguas subterráneas y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos", dicha metodología base, permite generar estudios preliminares en aquellos sectores acuíferos que no se encuentren con volúmenes de recarga y que presentan demanda de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

#### **2. OJETIVOS**

El presente informe busca delimitar y definir los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las cuencas altas de la Región Metropolitana donde no existe estudio.

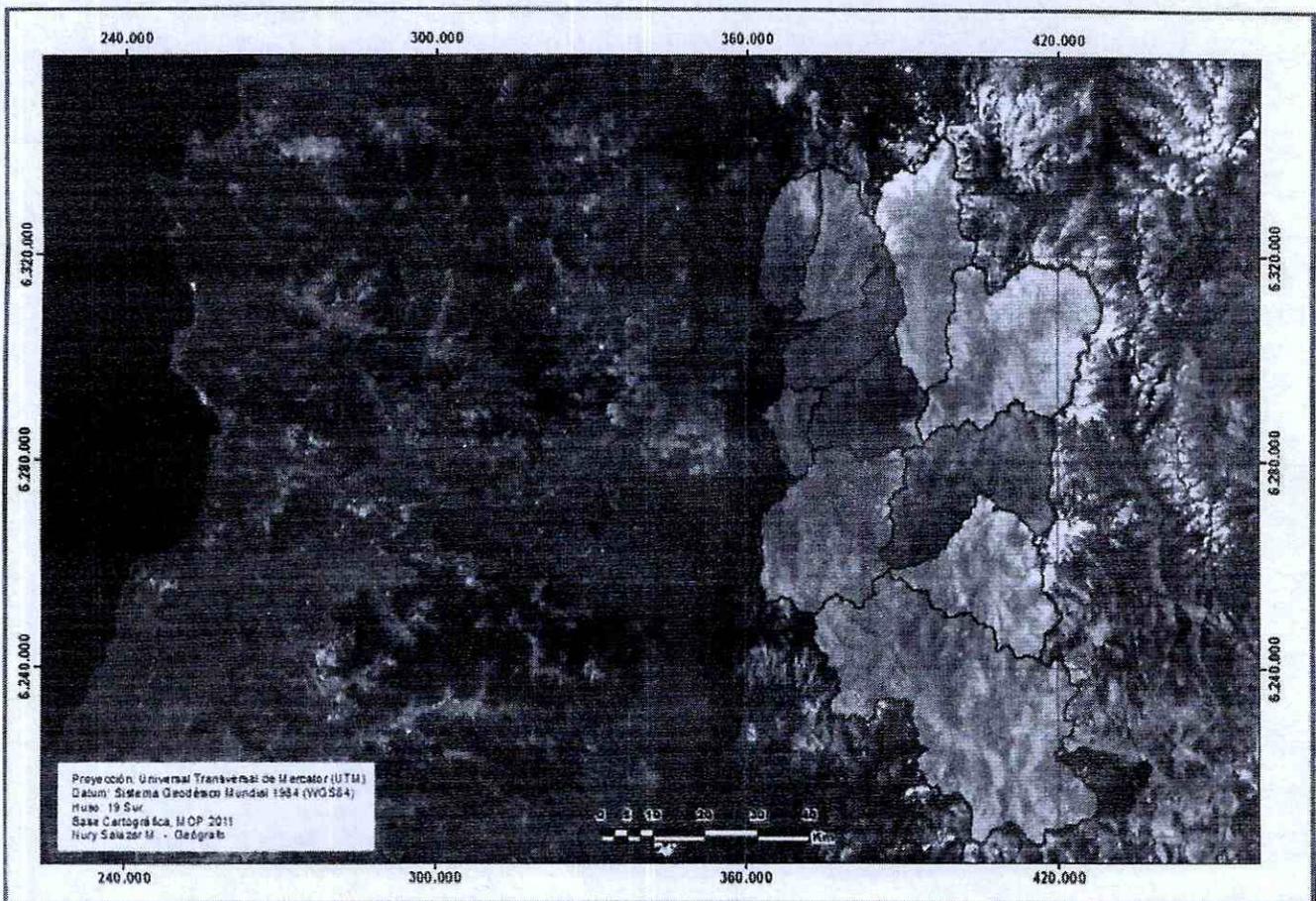
Obtener valores preliminares de recarga y establecer la demanda de los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas que se encuentran en estos sectores, con el propósito de avanzar sustentablemente en la resolución de las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

### 3.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS.

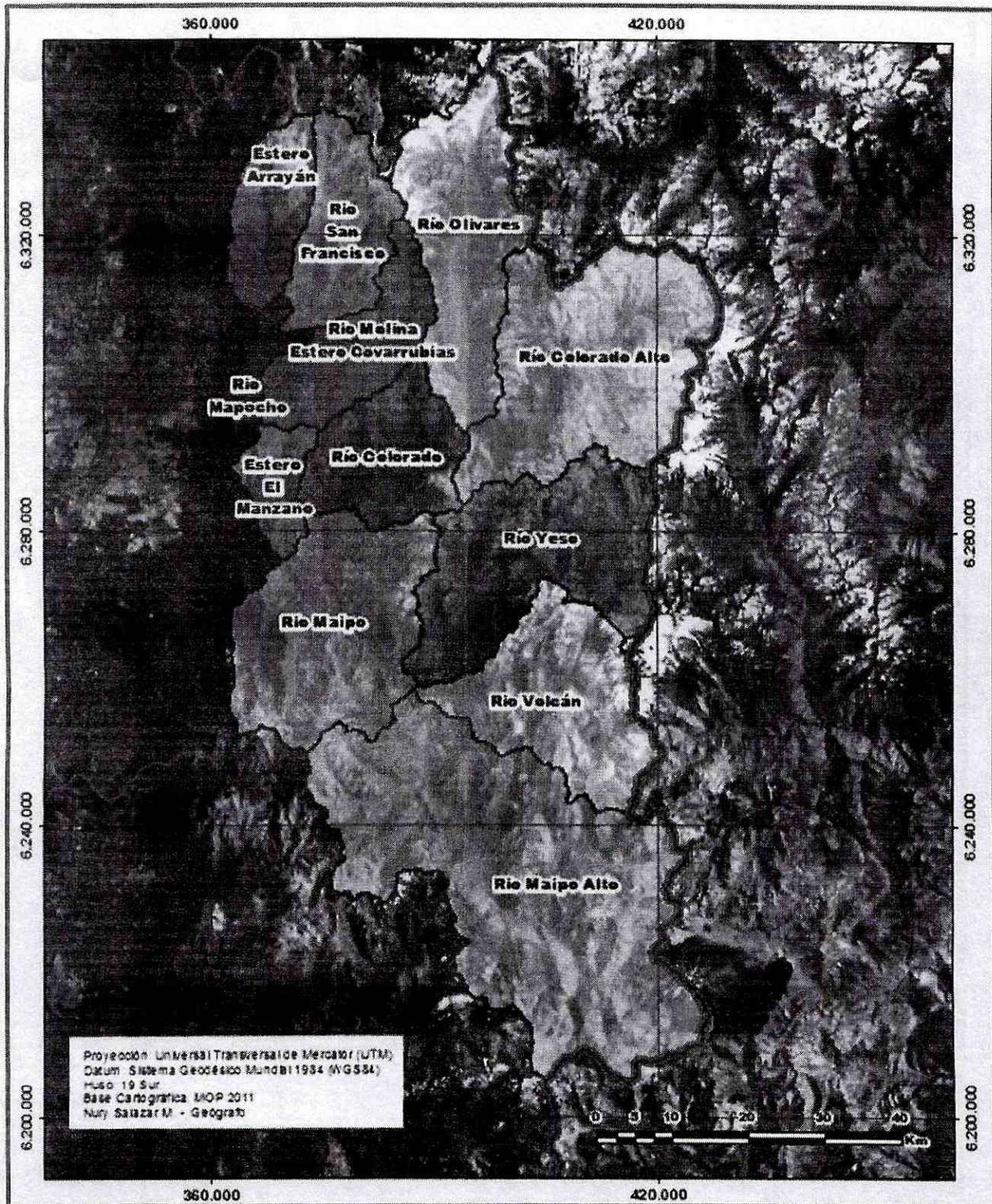
La política de la Dirección General de Aguas en relación con la explotación de las aguas subterráneas debe compatibilizar las exigencias legales, con las características físicas de dicho recurso y que tome en consideración las necesidades y los intereses superiores de la Nación. De acuerdo a lo anterior, la acción de la DGA, debe propender a una explotación sustentable del recurso, que no genere menoscabo al derecho de terceros y que no limite innecesariamente su aprovechamiento, considerando su enorme importancia para el interés nacional.

#### 3.1 Sectorización

De la delimitación realizada en las cuencas altas de la región Metropolitana considerada en el presente informe, se obtuvieron un total de 12 sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común, cuya distribución geográfica se muestra en los mapas N°1 y 2 siguientes.



Mapa N°1 Localización geográfica, cuencas altas Región Metropolitana



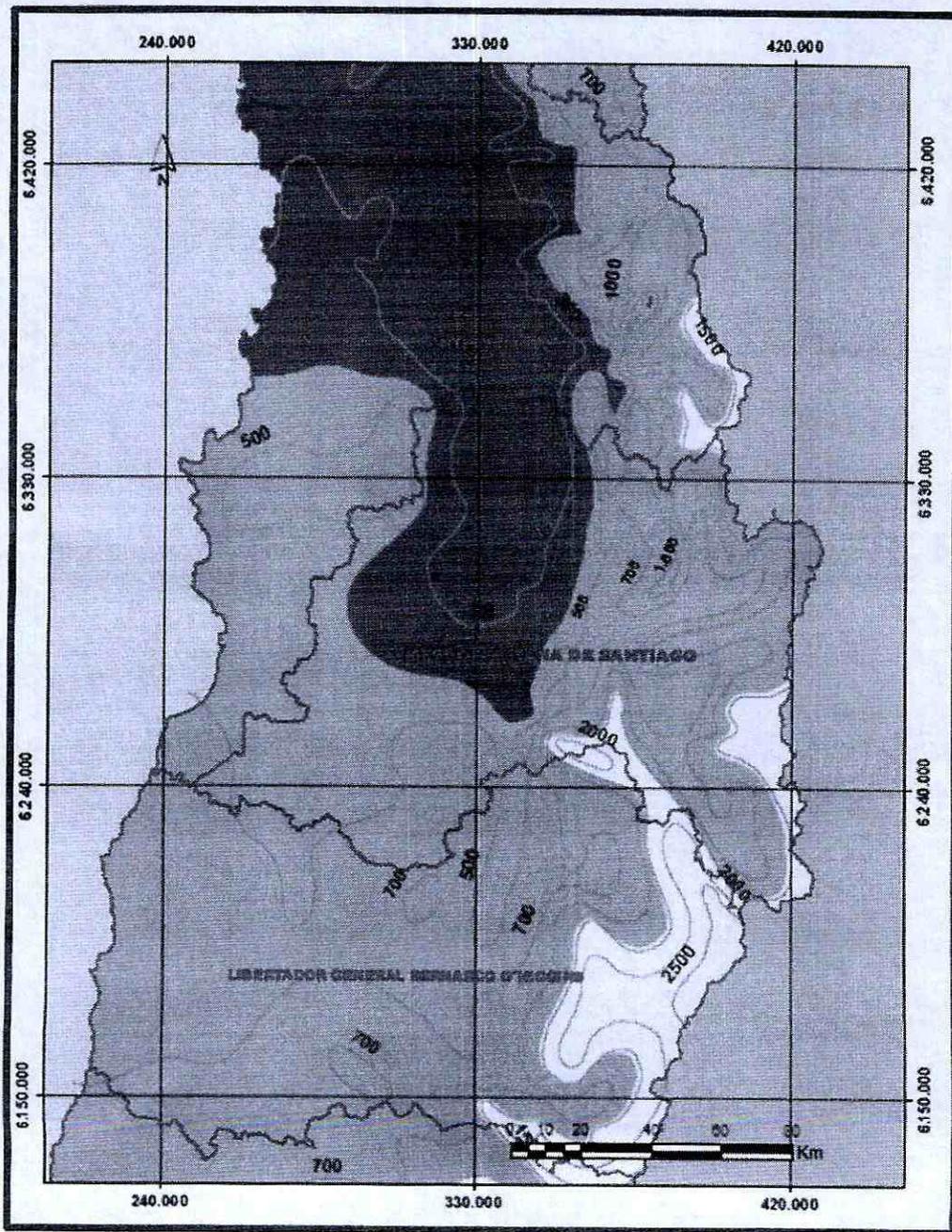
Mapa N°2 Sectorización cuencas altas Región Metropolitana

Estimación preliminar de las recargas de aguas subterráneas y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en las cuencas altas de la Región Metropolitana. pág. 5

### 3.2 Precipitaciones Medias

Para la estimación de las precipitaciones medias se utilizaron los datos obtenidos del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987. Por medio de las isoyetas y mediante la extensión Spatial Analyst de ArcGIS 10.1, se realizó la interpolación de dichos datos.

El mapa N°3 muestra la distribución de las isoyetas del Balance Hídrico de Chile, DGA 1987, correspondiente a la región analizada el presente informe.



Mapa N°3 Isoyetas Región Metropolitana.

En la tabla N°1, se muestran los resultados obtenidos de la estimación de la precipitación media, como también las áreas obtenidas para cada uno de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común estudiados en el presente informe.

	SECTOR	Área km <sup>2</sup>	PP m/año
1	Estero Arrayan	220,0	0,7
2	Estero El Manzano	123,3	0,7
3	Río Colorado	338,0	0,8
4	Río Colorado Alto	784,2	0,9
5	Río Maipo	658,9	0,9
6	Río Maipo Alto	1493,2	1,2
7	Río Mapocho	74,8	0,5
8	Río Molina - Estero Covarrubias	293,2	0,8
9	Río Olivares	540,1	0,9
10	Río San Francisco	299,7	0,8
11	Río Volcán	514,7	1,5
12	Río Yeso	631,0	0,9

**Tabla N°1 Precipitación Media y Áreas km<sup>2</sup> en los Sectores Hidrogeológicos**

### 3.3 Coeficiente de Infiltración

Los coeficientes de infiltración utilizados en el informe SDT N° 359, de julio de 2014 "Estimación preliminar de las recargas de aguas subterráneas y determinación de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos" se diferenciaron en base a las grandes unidades geomorfológicas reconocidas en el país. Para las cuencas localizadas en la zona de la cordillera de Los Andes se determinó la utilización de un coeficiente de infiltración del 1%.

El factor de infiltración utilizado en las cuencas del presente informe se detalla en la tabla N°2 siguiente:

Unidades Geomorfológica	Factor de Infiltración
Cordillera de Los Andes	0.01

**Tabla N° 2 Factor de Infiltración**

La expresión de cálculo de recarga es la siguiente:

$$\text{Recarga} = A * Pp * Ci$$

Donde A es el área de la cuenca en  $m^2$ , Pp es la precipitación en  $m/año$  y Ci el coeficiente de infiltración que es adimensional, obteniéndose de esta manera la recarga expresada en  $m^3/año$ .

### 3.4 Caudal Preliminar de explotación sustentable.

En general un acuífero, desde el punto de vista de sus recursos hídricos, se puede caracterizar por un volumen almacenado de agua y una recarga renovable en el tiempo. Un acuífero, es simultáneamente un almacenamiento de agua y vía de transporte de la misma. Las reservas de él están constituidas por el volumen de agua que almacena, determinado por el nivel de saturación del terreno. El caudal medio que recorre el acuífero y sale del mismo, procedente de la alimentación externa que recibe, es conocido como la recarga media anual. El origen principal de la recarga suele ser la infiltración de la lluvia, otros posibles aportes son la percolación desde los ríos, la transferencia subterránea de un acuífero contiguo y la infiltración del riego.

A continuación se procede a la determinación del caudal preliminar de explotación sustentable para cada sector de las cuencas altas de la Región Metropolitana. El referido caudal, da respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas a otorgar, no genera afección a derechos de terceros y no produce impactos no deseados a la fuente, en este caso acuífero, y al medioambiente.

Realizado el análisis de los parámetros involucrados (área, precipitación y coeficiente de infiltración) se determinó la recarga media anual (l/s) para cada sector y se muestra a continuación.

	SECTOR	Recarga m <sup>3</sup> /año	Recarga l/s
1	Estero Arrayan	1.556.510	49
2	Estero El Manzano	817.319	26
3	Río Colorado	2.614.083	83
4	Río Colorado Alto	7.340.165	233
5	Río Maipo	6.148.679	195
6	Río Maipo Alto	18.157.124	576
7	Río Mapocho	404.910	13
8	Río Molina - Estero Covarrubias	2.447.968	78
9	Río Olivares	4.775.555	151
10	Río San Francisco	2.539.929	81
11	Río Volcán	7.678.614	243
12	Río Yeso	5.949.076	189

**Tabla N° 3 - Sectorización y Recarga cuencas altas Región Metropolitana.**

### 3.5 Consideraciones Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho.

El Informe SDT N° 171 de 2004 "Determinación de la Disponibilidad de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Cuenca del Río Maipo hasta la Confluencia con el Estero Puangue" aprobado mediante la Resolución DGA N° 1020 de 2004, indica que producto del modelo de simulación hidrogeológica respecto del modelo Maipo Mapocho los flujos subterráneos de entrada modelados a través de las condiciones de borde definidas para el sector acuífero de Mapocho Alto, específicamente para el sector de Lo Barnechea corresponde a 0.590 m<sup>3</sup>/s, y 1.443 m<sup>3</sup>/s para Santiago Sur.

Las tablas N°4 y 5 obtenidas del SDT N°171 de 2004 muestran lo indicado en el párrafo precedente.

Sector Acuífero Mapocho Alto Subsector Lo Barnechea							
ENTRADA (m <sup>3</sup> /s)							
	Almacenamiento	Condición de	Recarga	Recarga		Zona	Zona
		Borde	Cauces	Superficial		Vizcuro → Lo Barnechea	Stgo Central → Lo Barnechea
	0,010	0,590	0,310	0,100		0,000	0,280

**Tabla N° 4**

Fuente: SDT N°171 de 2004

**Escenario N°1.** "Modelo de Simulación Hidrogeológica Operacional Cuencas de los Río Maipo y Mapocho. SIT N°62 de 2000".

Sector Acuífero Santiago Sur							
ENTRADA (m <sup>3</sup> /s)							
	Almacenamiento	Condición de	Recarga	Recarga		Zona	Total
		Borde	Cauces	Superficial		Stgo Central → Stgo Sur	Entradas
	5,073	1,442	6,506	32,944		2,854	43,746

**Tabla N° 5**

Fuente: SDT N°171 de 2004

**Escenario N°2.** "Memo AM N°12 de 5 de Mayo de 2004, Departamento de Estudios y Planificación".

Posteriormente, la Modelación Hidrogeológica de las Cuencas Maipo Mapocho, Evaluación Máxima de la Explotación Máxima Sustentable del Acuífero de Santiago Sur, SIT N° 119 de 2007, aprobado mediante Resol DGA N° 791 de 2007, indica dentro de las consideraciones generales del balance global del acuífero de Santiago Sur, en relación a las condiciones de borde, la entrada de aguas subterráneas hacia el sector modelado es del orden de 1,442 m<sup>3</sup>/s. La figura N°1 siguiente, obtenida del mismo informe, muestra un análisis de los flujos pasantes para los escenarios de simulación de Demanda Actual y Demanda Máxima Sustentable

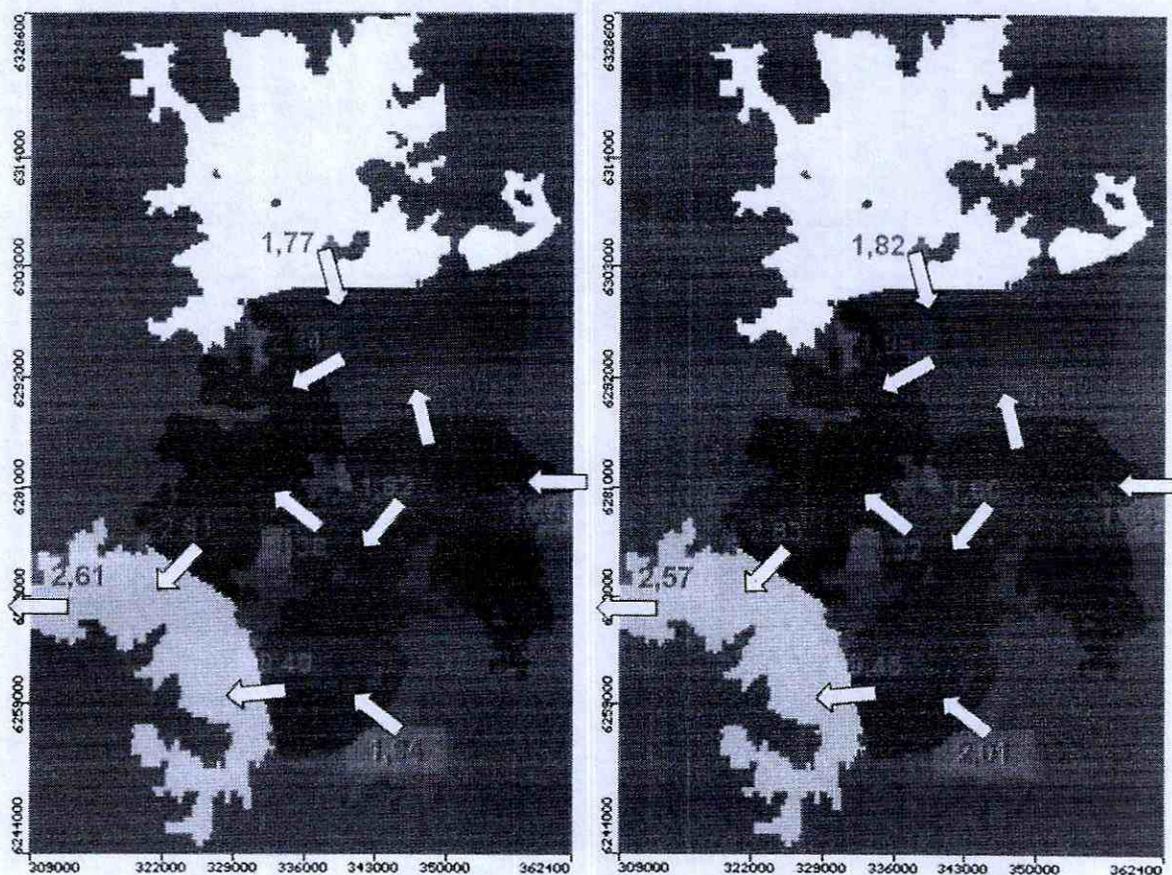
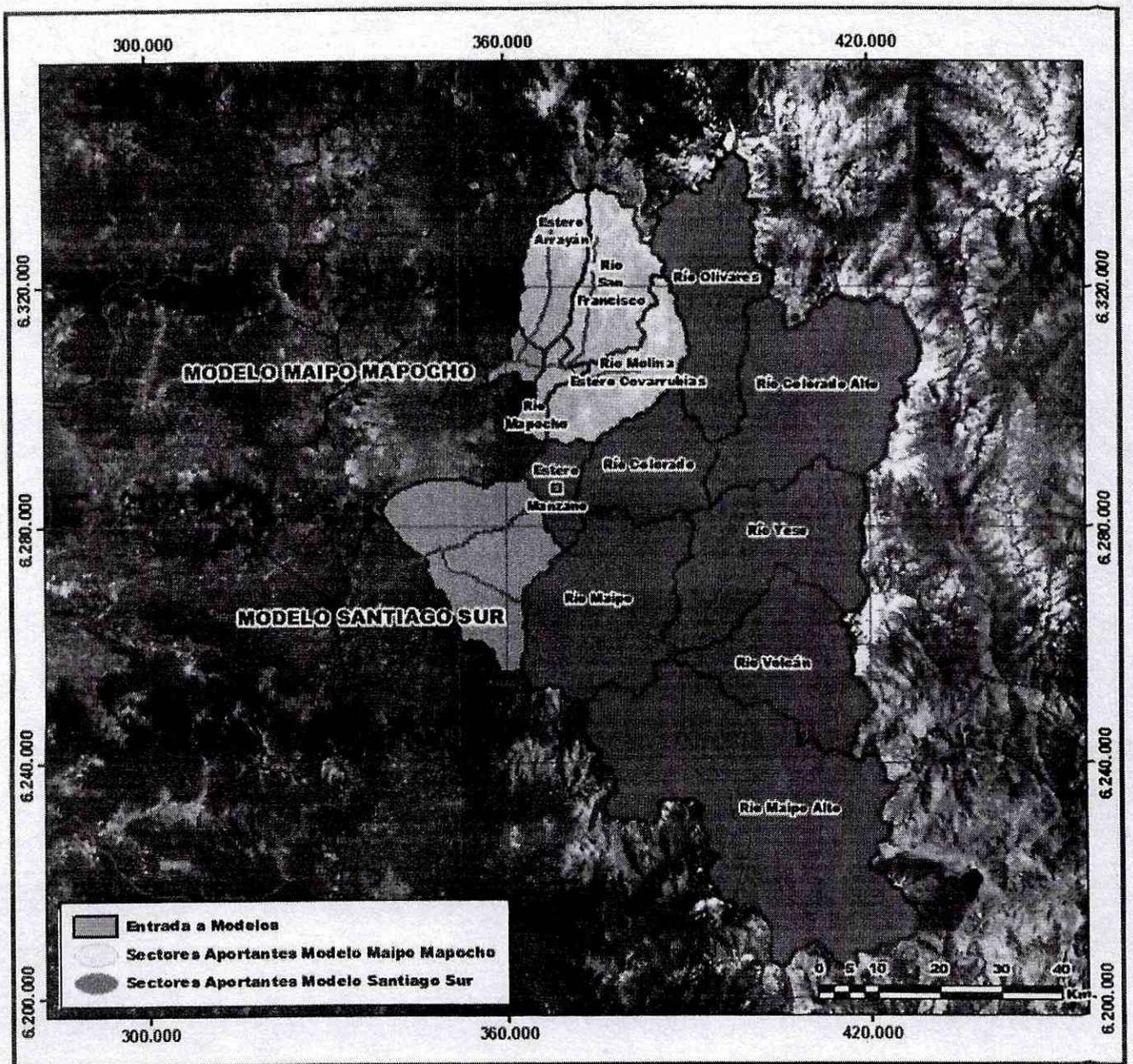


Figura N°1 Flujos Subterráneos Escenarios Demanda Actual y Demanda Máxima Sustentable

En mapa N°4 siguiente muestra los sectores de las cuencas altas del río Maipo y su aporte a los modelos de Simulación Hidrogeológica de Maipo-Mapocho y Santiago Sur.



Mapa N°4 Cuencas Altas Maipo aportantes a Modelos Maipo-Mapocho y Santiago Sur.

Los cuatro sectores aportantes al modelo Maipo-Mapocho corresponden a los sectores denominados Estero Arrayán, Río San Francisco, Río Mapocho y Río Molina-Estero Covarrubias, donde la estimación preliminar de recarga asociada a ellos, equivale a 221 l/s como se muestra en la tabla N° 4 siguiente

SECTOR	Recarga m <sup>3</sup> /año	Recarga l/s
Estero Arrayan	1.556.510	49
Río San Francisco	2.539.929	81
Río Mapocho	404.910	13
Río Molina - Estero Covarrubias	2.447.968	78
	6.949.317	221

**Tabla N° 6 – Cuencas Altas de Maipo aportantes al Modelo Maipo-Mapocho**

Los ocho sectores aportantes al modelo Santiago Sur corresponden a los sectores denominados Estero El Manzano, Río Colorado, Río Colorado Alto, Río Maipo, Río Maipo Alto, Río Olivares, Río Volcán y Río Yeso, donde la estimación preliminar de recarga asociada a ellos, es equivalente a 1.693 l/s como se muestra en la tabla N° 5 siguiente

SECTOR	Recarga m <sup>3</sup> /año	Recarga l/s
Estero El Manzano	817.319	26
Río Colorado	2.614.083	83
Río Colorado Alto	7.340.165	233
Río Maipo	6.148.679	195
Río Maipo Alto	18.157.124	576
Río Olivares	4.775.555	151
Río Volcán	7.678.614	243
Río Yeso	5.949.076	189
	53.480.615	1.696

**Tabla N° 7 – Cuencas Altas de Maipo aportantes al Modelo Santiago Sur**

#### **4 Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.**

En relación a la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, es importante destacar que la Dirección General de Aguas, para constituir nuevos derechos realiza un balance considerando el caudal de explotación sustentable del acuífero y los aprovechamientos comprometidos; ya que es obligación del Servicio evitar la sobreexplotación de los acuíferos tanto por razones de sustentabilidad en el largo plazo de los aprovechamientos, como por la necesidad de resguardar los derechos de los usuarios existentes.

La determinación del caudal susceptible de explotar desde una obra de captación de aguas subterráneas, es una condición necesaria pero no suficiente para poder constituir un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas. Lo anterior en atención a que con las pruebas de bombeo de un pozo, es posible determinar cuál es el caudal que se puede explotar desde dicho pozo; pero evidentemente que no determina si existe o no recurso disponible a nivel de fuente.

En consecuencia, para la constitución de derechos sobre aguas subterráneas es necesario saber cuánta agua es posible extraer desde un pozo y además saber cuánta agua hay disponible a nivel de fuente; única manera de cumplir con lo dispuesto en el artículos 22 y 140 del Código de Aguas y en el Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, Decreto MOP N°203, 2014 artículo 20 c) y d), en el sentido de que la DGA puede constituir un derecho de aprovechamiento cuando la solicitud sea legalmente procedente, cuando hay recursos disponibles y no pudiendo perjudicar ni menoscabar derechos de terceros.

Para constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en un sector acuífero, la Dirección General de Aguas establece entonces, la disponibilidad del recurso hídrico subterráneo o volumen sustentable, como aquel volumen que permite un equilibrio de largo plazo del sistema, otorgando respaldo físico a los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos, no generando afección a derechos de terceros, tanto superficiales como subterráneos, y no produciendo impactos no deseados a la fuente y al medio ambiente.

##### **4.1 Demanda Comprometida de Recursos Hídricos.**

La demanda comprometida de un sector acuífero corresponde a todos los derechos otorgados, las solicitudes tramitadas conforme al artículo 2º Transitorio del Código de Aguas de 1981, las solicitudes tramitadas en virtud del artículo 4º Transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas, que corresponden a aquellas presentadas por pequeños productores agrícolas y campesinos que se encuentran definidos en el artículo 13 de la Ley N° 18.910 y también aquellas solicitudes pendientes tramitadas de acuerdo a este mismo artículo 4 transitorio, las solicitudes tramitadas en virtud del artículo 3º Transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas, y las solicitudes tramitadas por el artículo 6º transitorio de la Ley 20.017 que modificó el Código de Aguas.

La siguiente tabla presenta la demanda comprometida al 31 de marzo de 2015.

En el anexo se adjuntan los listados correspondientes.

	SECTOR	Recarga m <sup>3</sup> /año	Recarga l/s	Demanda Comprometida m <sup>3</sup> /año	Demanda Solicitada m <sup>3</sup> /año	Modelo de Simulación Hidrogeológica
1	Estero Arrayan	1.556.510	49	3.217	3.217	Maipo Mapocho
2	Río Mapocho	404.910	13	367.395	367.395	Maipo Mapocho
3	Río Molina - Estero Covarrubias	2.447.968	78	0	122.989	Maipo Mapocho
4	Río San Francisco	2.539.929	81	195.712	402.199	Maipo Mapocho
5	Estero El Manzano	817.319	26	1.410.185	1.646.705	Santiago Sur
6	Río Colorado	2.614.083	83	0	100.915	Santiago Sur
7	Río Colorado Alto	7.340.165	233	126.144	126.144	Santiago Sur
8	Río Maipo	6.148.679	195	3.802.600	5.131.530	Santiago Sur
9	Río Maipo Alto	18.157.124	576	630.720	630.720	Santiago Sur
10	Río Olivares	4.775.555	151	0	4.367.736	Santiago Sur
11	Río Volcán	7.678.614	243	0	148.219	Santiago Sur
12	Río Yeso	5.949.076	189	3.140	3.140	Santiago Sur

**Tabla N° 8 Oferta de recursos hídricos v/s demanda comprometida Cuencas Altas Río Maipo**

SECTORES	Recarga m <sup>3</sup> /año	Recarga l/s	Demanda Comprometida m <sup>3</sup> /año	Demanda Solicitada m <sup>3</sup> /año	Demanda Comprometida l/seg	Demanda Solicitada l/seg
Aportantes al Modelo Maipo Mapocho	6.949.316	221	566.324	895.800	18	28
Aportantes al Modelo Santiago Sur	53.480.615	1.696	5.972.789	12.155.109	189	385

**Tabla N° 9 Oferta recursos hídricos v/s demanda comprometida Según Modelos.**

Los cuatro sectores aportantes al modelo de simulación hidrológica de Maipo Mapocho presentan una recarga preliminar de 221 l/s inferior al flujo pasante considerado a dicho modelo, de 590 l/s, por lo cual se considera entonces que no es posible avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas definitivos en estos sectores.

Los ocho sectores restantes, y aportantes al modelo de simulación hidrológica de Santiago Sur presentan una recarga preliminar de 1.696 l/s levemente superior al flujo pasante considerado a dicho modelo, de 1.442 l/s, por lo cual se considera que siendo este informe preliminar, no es posible avanzar en la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas definitivos en estos sectores, producto de los errores asociados al método de cálculo.

## 5.- Conclusiones y Recomendaciones

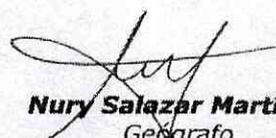
En el presente informe se ha desarrollado un balance hídrico preliminar, que permite establecer de forma conservadora la recarga sustentable de explotación de los 12 sectores acuíferos individualizados, con el fin de determinar la posibilidad de avanzar en la resolución de nuevos derechos de aprovechamiento de agua subterránea.

En este sentido, este trabajo ha permitido concluir que la totalidad de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común individualizados en las cuencas altas de la Región Metropolitana, se encuentran en la situación que su explotación actual no es posible pues existen derechos comprometidos de terceros que se localizan en el valle del Maipo.

Los modelos de Simulación Hidrogeológica de Maipo-Mapocho y Santiago Sur comprometen dichos recursos hídricos subterráneos, obtenidos preliminarmente en el presente informe, en función a las entradas a dichos modelos, por lo cual no es posible otorgar en las cuencas altas de Maipo nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

Cabe señalar, que en la medida que se disponga de mayores estudios en las zonas analizadas, la disponibilidad calculada en el presente informe podría cambiar y ser actualizada con cargo a los nuevos antecedentes técnicos.

Por otra parte, el presente informe permite aplicar a las Direcciones Regionales la metodología aquí utilizada, a fin de determinar preliminarmente y establecer de forma conservadora los volúmenes sustentables de explotación, en aquellos sectores acuíferos del país que no cuenten con estudios de disponibilidad de recursos hídricos subterráneos, y que tampoco fueron incluidos en el presente análisis.



**Nury Salazar Martínez**  
Geógrafo  
Depto. Adm. Recursos Hídricos  
Dirección General de Aguas



GFF/NSM/nsm  
SSD N°: 8718937



**ANEXO n°1**

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común Estero El Arrayán

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley N° 20.017	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
ND-1306-1441	PANTAR S.A.	15-12-05	2,00		0,51	3.217	5.312.427	364.510	4°	A	632	24-03-14	3.217

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
El Manzano

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley N° 20.017	Sit. Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m³/año)
NR-1302-93	INMOBILIARIA E INVERSIONES VERGARA Y VERGARA	22-08-11	15,10	476,194			6.283.603	366.995		P-REG			476,194
ND-1302-22	MIDESA S.A.C.	27-08-90	4,00		4,00					A	564	01-12-92	602,338
ND-1302-112	BARBERINA TAYONATTI AGOSTINI	10-08-99	0,42		0,42		6.283.821	369.998		A	569	21-09-01	615,478
ND-1302-151	SIXTO RISSO BRAVO Y OTROS	03-01-02	3,50		3,50		6.283.040	371.083		A	50	06-02-04	725,854
ND-1302-175	BRUNO BERCIC	07-09-04	7,00		7,00		6.283.156	369.428		A	313	21-09-05	946,606
ND-1302-176	GEMA LILIAN DEL PILA CONTRERAS BUSTAMANTE	07-09-04	5,50		5,50		6.283.123	370.586		A	314	21-09-05	1.120,054
ND-1302-278	INVERSIONES LA REINA S.A	09-11-05	2,00				6.283.587	368.682	4º	P-REG			1.132,668
ND-1302-302	AMADOR REY DE DIEGO	15-08-06	2,00		2,00	12,614	6.282.536	371.157	4º	A	1808	13-11-14	1.145,283
ND-1302-314	TIERRAS ECOLOGICAS E INVERSIONES LIMITADA	27-03-07	3,40	700,000	3,40	107,222	6.281.377	372.383		A	221	10-11-09	1.252,505
ND-1302-345	AMADOR REY DE DIEGO	06-08-08	7,50				6.282.541	371,220		P-REG			1.489,025

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Colorado

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m³/año)
ND-1302-266	MARIA BARRIA IROUME	20-12-05	1,00				6.284.377	375.414	4ª	P-REG			6.307
ND-1302-447	AES GENER S.A.	16-10-13	3,00	94.608			6.292.392	389.263		P-REG			100.915

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Colorado Alto

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
ND-1302-280	CEMENTO BIO BID S.A.	05-07-06	4,00	126.144			6.298.037	404.716		P-REG			126.144

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Maipo

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Fecha Toma Razón	Volumen Acumulado (m³/año)
UA-1302-802581	EMPRESA METROPOLITANA DE OBRAS SANITARIAS	26-12-83	70,00		44,00					A	230	24-07-84	08-08-84	1.387.584
UA-1302-802582	EMPRESA METROPOLITANA DE OBRAS SANITARIAS	26-12-83	60,00		32,00					A	230	24-07-84	08-08-84	2.396.736
NR-1302-59	LUIS MARIANGEL RISSETTI	16-04-99	5,00		5,00	157.680	6.271.882	376.462		A	465	30-05-00		2.554.416
NR-1302-82	COOPERATIVA DE AGUA POTABLE EL MELOOTON BAJO	12-07-11	18,00	128.795	18,00	128.795	6.271.168	375.997		A				2.681.211
ND-1302-59	CARMEN RUTH MOLINA VALENZUELA	03-08-94	0,25		0,01		6.278.997	375.617		A	832	07-11-97	14-11-97	2.681.485
ND-1302-80	AGUAS ANDINAS S. A.	03-02-97	24,00		24,00		6.276.372	374.247		A	253	21-03-02	02-04-02	3.438.359
ND-1302-130	SOCIEDAD DE INVERSIONES, EVENTOS Y TURISMO EL MA	24-03-00	1,25		1,25		6.281.427	373.547		A	248	19-03-02	02-04-02	3.477.779
ND-1302-153	SILVANO TAVONATI AGOSTINI	05-06-02	0,30		0,30		6.283.780	381.422		A	208	14-05-05	28-06-05	3.487.240
ND-1302-156	SOCIEDAD DE DEPORTE Y TURISMO PARQUE EL OUILLA	26-09-02	10,00		10,00		6.281.682	373.117		A	66	15-03-05	17-03-05	3.802.600
ND-1302-308	SOCIEDAD INDUSTRIAL ROMERAL S.A.	24-11-06	9,60	300.000			6.280.100	388.982		P-REG	137	23-01-08	01-01-00	4.102.600
ND-1302-364	SOCIEDAD COMERCIAL MACAEL LTDA.	13-11-08	16,60	523.498			6.274.628	374.481		P-REG				4.626.098
ND-1302-460	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE DE MAIPO	09-06-14	12,00	127.000			6.271.602	376.169		P-REG				4.753.098

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Maipo Alto

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Fecha Toma Razón	Volumen Acumulado (m³/año)
ND-1302-154	MATTHEW STALEY THOMSON	23-07-02	20,00				6.226.517	399.987		P-REG				630.720

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Mapocho

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Fecha Toma Razón	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
NR-1306-192	INVERSIONES DON CRISTOBAL LIMITADA	03-09-13	2,40	75.686	2,40		6.307.402	367.109		A				75.686
ND-1306-655	ANDRES BERNARDINO MAIRA ROJAS	24-11-97	3,15		3,15	99.338	6.306.882	367.332		A	455	08-06-99		175.025
ND-1306-1008	JOSE VICTOR SANCHEZ SILVA	15-09-01	1,00		0,30	9.461	6.307.047	366.907		A	911	23-10-02		184.486
ND-1306-1587	MARIA CAROLINA CELEDON CARIOLA	07-09-12	5,80		5,80	182.909	6.306.339	370.080		A	15	28-10-13	20-11-13	367.395

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Molina- Estero Covarrubias

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m³/año)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m³/año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20,017	Sit. Actual	Volumen Acumulado (m³/año)
ND-1306-1599	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	31-10-12	1,85	58.342			6.310.078	382.588		P-REG	58.342
ND-1306-1599	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	31-10-12	0,50	15.768			6.309.897	382.656		P-REG	74.110
ND-1306-1599	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	31-10-12	0,40	12.614			6.310.329	382.609		P-REG	86.724
ND-1306-1608	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,15	4.730			6.309.701	381.305		P-REG	91.454
ND-1306-1621	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,30	9.461			6.308.324	378.760		P-REG	100.915
ND-1306-1622	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,20	6.307			6.308.300	378.723		P-REG	107.222
ND-1306-1623	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,15	4.730			6.308.982	378.323		P-REG	111.952
ND-1306-1624	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,15	4.730			6.308.969	378.292		P-REG	116.682
ND-1306-1625	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ANDACOR S	22-05-13	0,20	6.307			6.309.084	378.582		P-REG	122.989

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Olivares

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
ND-1302-158	AES GENER S.A.	04-06-03	106,00				6.303.142	394.511		D-RR			3.311.280
ND-1302-158	AES GENER S.A.	04-06-03	8,50				6.303.040	394.411		D-RR			3.579.336
ND-1302-158	AES GENER S.A.	04-06-03	25,00				6.303.225	394.566		D-RR			4.367.736

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río San Francisco

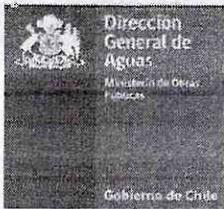
Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (l/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (l/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
NR-1306-166	BILBENY POLONIO NORBERTO	14-09-09	1,50	47.304		0	6.307.841	371.780		A	1041	22-11-10	47.304
ND-1306-1189	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	06-02-84	5,00		2,00	63.072				A	197	15-06-84	110.376
ND-1306-1485	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	09-07-85	2,00							D	55	22-02-88	110.376
ND-1306-1485	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	09-07-85	3,00		0,33	10.407				A	55	22-02-88	120.783
ND-1306-1485	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	09-07-85	1,00		0,33	10.407				A	55	22-02-88	131.180
ND-1306-1485	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	09-07-85	1,00		0,33	10.407				A	55	22-02-88	141.587
ND-1306-1257	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	11-11-87	0,10		0,10	3.154				A	305	16-08-88	144.750
ND-1306-1257	ANDARIVELES DE CORDILLERA S.A.	11-11-87	1,00		1,00	31.536				A	305	16-08-88	176.286
ND-1306-1325	CAMILO BESA COMBER	12-12-05	1,97		0,60	3.784	6.307.143	370.436	4º	A	634	24-03-14	180.071
ND-1306-1327	CAMILO BESA COMBER	12-12-05	0,70		0,11	694	6.307.111	370.456	4º	A	633	24-03-14	180.764
ND-1306-1420	MARIO BERRIOS ARANCIBIA	18-12-05	2,00				6.307.427	371.082	4º	D	4048	09-12-13	180.764
ND-1306-1454	VERONICA UMAN	16-12-05	2,00		2,00	12.614	6.307.066	370.295	4º	A	630	24-03-14	193.379
ND-1306-1460	CONGREGACION SALESIANA	16-12-05	1,50		0,37	2.334	6.307.558	371.251	4º	A	628	24-03-14	195.712
ND-1306-1490	EUSTAQUIO MANIS MACHERA	17-03-06	0,00				6.314.290	380.332	4º	D	4051	09-12-13	195.712
ND-1306-1510	ALVARO LARRAIN HERNANDEZ	15-06-06	2,00				6.307.395	371.040	4º	D	3871	15-11-13	195.712
ND-1306-1538	LUCILA MONTABONE INOSTROZA	28-09-07	50,00							D	1298	16-10-07	195.712
ND-1306-1593	DINO JUAN JORGE ANGE TRONI PEÑA	08-08-12	2,00	63.000			6.308.940	373.009		P-LEGAL			258.712
ND-1306-1606	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,50	15.768			6.310.131	379.908		P-REG			274.480
ND-1306-1607	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,30	9.461			6.310.256	381.140		P-REG			283.941
ND-1306-1609	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,20	6.307			6.310.107	382.042		P-REG			290.248
ND-1306-1610	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,20	6.307			6.310.126	382.062		P-REG			296.555
ND-1306-1611	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,50	15.768			6.310.341	381.627		P-REG			312.323
ND-1306-1612	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,15	4.730			6.309.307	377.790		P-REG			317.053
ND-1306-1613	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,30	9.461			6.309.308	377.812		P-LEGAL			326.514
ND-1306-1614	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,50	15.768			6.309.298	377.836		P-REG			342.282
ND-1306-1615	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,15	4.730			6.309.281	378.038		P-LEGAL			347.012
ND-1306-1616	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,15	4.730			6.309.303	378.102		P-REG			351.742
ND-1306-1617	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,50	15.768			6.309.233	378.168		P-REG			367.510
ND-1306-1618	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,15	4.730			6.309.433	378.764		P-REG			372.240
ND-1306-1619	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,15	4.730			6.309.523	378.820		P-REG			376.970
ND-1306-1620	EMPRESA PARTICULAR DE AGUA POTABLE	22-05-13	0,90	25.229			6.309.209	378.239		P-REG			402.199

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Volcán

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley Nº 20.017	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
ND-1302-412	HEINZ HAUFE INVERSIONES LIMITADA	20-09-12	4.70	148.219			6.256.296	401.413		P-REG			148.219

Sector Hidrogeológico de Aprovechamiento Común  
Río Yeso

Expediente	Peticionario	Fecha Ingreso	Caudal Solicitado (lt/s)	Volumen Total Anual Solicitado (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Otorgado (lt/s)	Volumen Total Anual Otorgado (m <sup>3</sup> /año)	Captación Norte WGS84	Captación Este WGS84	Ley N° 20.017	SIL Actual	N° Res.	Fecha Resolución	Volumen Acumulado (m <sup>3</sup> /año)
ND-1302-288	AGUAS ANDINAS S. A.	15-06-06	2,00		0,50	3.140	6.260,877	386,217	4°	A	335	10-02-14	3.140



ORD. N° 481 /

8595/19

ANT.: Resolución Exenta N° 044/2019 del 23/01/2019, notificada a DGA RMS con fecha 29/01/2019, que da inicio a procedimiento de Revisión de la RCA N° 256/2009 del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, conforme artículo 25 Quinquies de la Ley N° 19.300 SBGMA.

MAT.: Envía Observaciones a los antecedentes presentados por Alto Maipo SpA, en el marco del proceso de Revisión de la RCA N° 256/2009 del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, conforme artículo 25 Quinquies de la Ley N° 19.300 SBGMA.

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL  
Región Metropolitana de Santiago  
OFICINA DE PARTES

1º Destino: Muecas Fecha: 08/04  
2º Destino: CIA  
3º Destino: CASL  
4º Destino: \_\_\_\_\_  
Trámite: 1029

SANTIAGO, 04 ABR 2019



DE : DIRECTOR REGIONAL DE AGUAS (S)  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

A : DIRECTORA REGIONAL  
SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL  
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

En atención a lo solicitado en la Resolución Exenta N° 044/2019 del 23/01/2019, notificada a DGA RMS con fecha 29/01/2019, que da inicio a procedimiento de Revisión de la RCA N° 256/2009 del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, conforme artículo 25 Quinquies de la Ley N° 19.300 SBGMA, y habiendo solicitado aumento de plazos para informar, los cuales fueron otorgados, por este medio el Servicio somete a consideración las siguientes Observaciones a los antecedentes presentados por el Titular y que se encuentran publicados en el link: <https://www.sea.gob.cl/rca/revision-de-la-rca-proyecto-proyecto-hidroelectrico-alto-maipo-exp-n-105>.

I. Respetto del "Informe de Actualización de la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas afloradas del PHAM"

- En acápite 4.3, Afloramiento residual-temporal, Página 7 de 17, el Titular declara: "Durante la excavación y aplicación de medidas de control, se ha observado que existen filtraciones por fisuras milimétricas o incluso micrométricas de aguas afloradas de caudal mínimo a lo largo de la zona excavada, las que se presentan en zonas tratadas y también en zonas no tratadas, que se suman a los afloramientos propios del avance de la frente de excavación. Estos afloramientos de tramos ya excavados tienden a desaparecer o desaparecen con el tiempo, dado que se calmatan por el material intersticial propio del macizo rocoso arrastrado por el agua o por reacciones químicas al contacto con el aire o por campañas adicionales focalizadas de post-grouting. Esto se ha observado por ejemplo en los túneles asociados al frente VL5, VL7, y acceso a la Caverna de Máquinas de Las Lajas (Acceso VL4)". Luego en Página 9 de 17, declara: "De igual forma que para el Túnel de Descarga de Las Lajas desde el Portal L1, se ha realizado la proyección de afloramiento residual-temporal en otros portales y se ha detectado que, en el caso del Túnel Volcán, esta proyección está por sobre lo indicado en el modelo hidrogeológico para el portal V1. Esta circunstancia nos obliga a considerar la proyección del afloramiento residual-temporal como criterio de estimación de los caudales promedios y máximos esperados para las capacidades de tratamiento requeridas en el referido portal".  
Ante lo señalado, si bien el Titular declara que los afloramientos residuales-temporales "...tienden a desaparecer o desaparecen con el tiempo....", estos cobran relevancia al ser utilizados "como criterio de estimación de los caudales promedios y máximos esperados para las capacidades de tratamiento requeridas en el referido portal" (Ver Tabla A.6 Capacidades operacionales de tratamiento para las aguas afloradas), por lo que se deduce que la medida de grouting (relleno) no ha dado resultado en el control de las filtraciones y por tanto no es suficiente para impermeabilizar el área y detener los afloramientos durante la ocurrencia del suceso, como tampoco en la situación ex post una vez terminada la excavación. Cabe señalar que el Considerando 7.4.2 de la RCA 256/09 establece como medida de prevención ante la ocurrencia de Drenajes desde acopios de marinas o túneles, que "...el contratista deberá, en la cercanía de zonas potencialmente críticas, efectuar sondajes de reconocimiento al avance de entre 25 y 30 m de longitud, a fin de anticipar problemas de filtraciones y poder efectuar los tratamientos de impermeabilización requeridos."

Así entonces, se solicita al Titular evaluar el método de impermeabilización actualmente utilizado y explorar otras alternativas (BAT) que controlen de manera efectiva y eficiente los caudales de afloramiento, a fin de aplicarlas y prevenir tales afloramientos. Cabe señalar que en el documento "Procedimiento de Cementación de pre y Post Excavación", que se observa más adelante en este Oficio, el Titular declara: "Adicionalmente, en función de los diferentes rangos de afloramiento se determinará el uso de medidas alternativas para el control de afloramiento, tal como el uso de revestimientos en base a concreto o acero."

2. En acápite 4.3, Página 8 de 17, el Titular declara: "Sin perjuicio de la eventual ocurrencia de eventos inesperados producto de las propias condiciones de la variabilidad geológica, la proyección es que continúe disminuyendo la tasa de afloramiento promedio en el túnel Las Lajas en el Portal L1 hasta llegar a niveles similares a los ya alcanzados en los túneles que presentaron afloramientos durante su desarrollo y que hoy están con su excavación terminada. Es de destacar que, a la fecha las reducciones de las tasas de afloramiento semestral en el Portal L1 han bajado significativamente.". Lo señalado por el Titular no se condice con los valores reportados en las Tablas 4-7 y 7-2 del Modelo Hidrogeológico PHAM, en donde se aprecia una tendencia al alza en los caudales aflorados. Por ejemplo, en el Portal L1, de 45 l/s de caudal medio Primer Semestre 2018, se proyecta un caudal medio mensual de 183 l/s, por lo que resulta necesario controlar los caudales aflorados.
3. El Titular señala en la descripción general del manejo de aguas de afloramiento, que se pueden producir descargas de contingencia, específicamente se observa en la Figura 1 del documento "Informe de Actualización de la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas afloradas del PHAM", que la descarga de contingencia cumplirá con lo señalado en el D.S.90/2000. Al respecto se solicita describir cómo la descarga de contingencia cumplirá con la norma de emisión D.S.90/2000 de acuerdo al flujograma de Figura 1.
4. Respecto de la misma Figura 1 mencionada en la pregunta anterior, se solicita al Titular indicar cuántos eventos de descarga de contingencia se han producido desde que se presentaron las filtraciones. También se solicita describir el proceso y regla de operación para neutralizar el pH.
5. En Tabla 3, la columna Estimación Capacidad Operacional por Portal (l/s) para el portal VL7/VL8 se indica "-". Se solicita aclarar el significado de la nomenclatura adoptada.
6. En la Tabla "4. Plantas de Riles en el Proyecto Alto Maipo", el Titular señala las capacidades por planta de tratamiento. Sin embargo existen diferencias respecto a lo presentado en la Tabla 1, específicamente en las capacidades de VL7, VL8, VA1. Se solicita aclarar.
7. En acápite 3.6.2 del Modelo Hidrogeológico del Proyecto PHAM, el Titular declara: "Finalmente, en la Figura 3-16 se presenta la serie temporal de registros de profundidad del nivel estático a nivel mensual del pozo SAM-12. Este se encuentra ubicado en el sector del portal L1, muy cercano al río Maipo. Para este pozo se cuenta con un registro continuo a nivel mensual desde marzo de 2016 a julio de 2018, con profundidades del nivel estático que oscilan entre 6 y 8 m.". Al respecto, el Titular debe tener en cuenta que de acuerdo a la ubicación del Pozo SAM-12, el cual se encuentra en el relleno sedimentario del río Maipo (Sector 9, definido en el EIA) a menos de 10 m del Río, se considera la posibilidad de que dicho pozo se pueda ver influenciado por los aportes del río Maipo, disimulando un potencial descenso de los niveles, por lo que no resulta apto para el análisis. En este contexto, en el acápite 3.6.2 el propio Titular declara: "Debido a la cercanía con el río Maipo, en la Figura 3-17 se presenta una comparativa entre la profundidad del nivel estático medida en SAM-12 y el caudal medio mensual registrado en la estación fluviométrica río Maipo en El Manzano, de la DGA. En el gráfico, se ilustra la conexión existente entre el pozo SAM-12 y el río Maipo, de manera que se puede establecer que el acuífero del relleno sedimentario del río Maipo está fuertemente influenciado por el régimen observado superficialmente en el cauce."
- 1.1 Respecto del Anexo A: Metodología para Estimación de Capacidad Operacional de Tratamiento de Agua Aflorada requerida en los sistemas de Túneles del PHAM.
8. En la Tabla 4.1 "Estadística de los Registros" faltan los portales VA1 de Alfalfal y VL8 de Las Lajas. Además, los portales VL2 y VL7 vienen sin datos. Se solicita completar.

## I.2 Respeto del Anexo B: Modelo Hidrogeológico PHAM

9. Respeto del Informe Modelo Hidrogeológico PHAM, no queda claro cómo se obtuvieron los caudales de precipitación nival y pluvial Tabla 4-2, en específico se requiere conocer la serie de datos y metodología con los cuales se obtuvieron estos caudales.
10. Respeto de los niveles de pozos, en el acápite 3.6.1, el Titular señala *"Cabe mencionar, 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, por cuanto la demanda de aguas subterráneas en la parte alta del relleno sedimentario del río Maipo es baja en relación a la cantidad de agua que dispone el sistema"* Al respecto se indica que existe información de niveles de pozos de los APR Melocotón y San Alfonso que se encuentran en el estudio SIT DGA 390 DIAGNÓSTICO DE CALIDAD DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA-COMPLEMENTARIO DIAGNÓSTICO PLAN MAESTRO DE RECURSOS HÍDRICOS REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO" 2016, lo cuales pueden ser utilizados para las calibraciones del Modelo.
11. Respeto de los niveles medidos en pozos pertenecientes a PHAM, se debe presentar el esquema de habilitación de estos pozos e informar a qué unidad hidrogeológica corresponde la medición de niveles.
12. En el informe del Modelo Hidrogeológico PHAM, en el acápite 8, el Titular concluye que:
  - a. Las medidas de control para disminuir el ingreso de aguas subterráneas son efectivas para aminorar considerablemente la magnitud de los afloramientos al interior del túnel.
  - b. Los efectos del túnel quedarían contenidos dentro del sistema de roca, sin conectarse con el sistema del relleno sedimentario, que es donde se ubican derechos de aprovechamiento de terceros.
  - c. No existiría disminución de caudales en las subcuencas analizadas, producto de la construcción de los túneles.

Respeto de estas 3 conclusiones del modelo, se solicita al Titular informar anualmente la verificación de estas aseveraciones.

## I.3 Respeto del Anexo 4. Caracterización Hidroquímica

13. No se identifica claramente dónde obtener las fuentes de información de calidad de agua subterránea descrita por el Titular en la sección 2.1 Presentación de antecedentes "Información de Calidad de Aguas Superficiales y Subterráneas, PHAM (2018)". Se solicita completar la descripción con una mención al anexo o documentos donde se encuentran estas fuentes de información, o en su ausencia generarlos.
14. Respeto a la información de *Extensión de registros de calidad de aguas en Área de Estudio* en la Tabla 2-1, se observa lo siguiente:
  - a. No está claro cómo se llega al número (N°) de registros de datos de calidad de agua subterráneas (sectores Maipo, Colorado, Yeso y Volcán), siendo esta información necesaria para que este Servicio pueda reproducir los números de registros de CE, pH y sulfato citados por el Titular.
  - b. No fue posible reproducir la cantidad total de registros de calidad de agua superficial de los sectores Maipo, Yeso y Volcán declarados por el Titular. Para este fin se utilizó la información contenida en la Tabla 5-2 del "Informe de seguimiento ambiental: Programa de monitoreo de calidad de agua Resultados periodo abril – septiembre 2018", presentada por el Titular a la Superintendencia del Medio Ambiente. En ambos casos, se solicita al Titular detallar aún más el proceso de obtención del total de registros por sector y por parámetro, incorporando información de estaciones de monitoreo consideradas, supuestos o criterios de exclusión de datos si corresponde.

## II. Respeto del "Procedimiento de Cementación de Pre y Post Excavación"

15. En acápite 1., el Titular declara: "Los trabajos para el control de ingreso de agua y consolidación del macizo rocoso, ejecutados por el contratista, contemplan principalmente la inyección de lechadas de cemento y/o productos químicos durante la excavación de las obras.". Por otra parte, en el acápite 6.1.1 declara: "Los productos químicos, a utilizar en la etapa 1, corresponden a espumas expansivas y/o resinas,...". Al respecto se solicita al Titular analizar y aportar antecedentes, respecto de la calidad de las aguas afloradas y efluente descargado en el cauce, atendiendo la composición de los productos (cementos y otros compuestos químicos) informados en su Carta ingresada con fecha 15/03/2019, en SEA RMS, y que han sido utilizados en el proceso de grouting.
16. Tal como se observó para el documento "Informe de actualización de la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas afloradas del PHAM", se reitera al Titular la solicitud de evaluar el método de impermeabilización actualmente utilizado y explorar otras alternativas (BAT) que controlen de manera efectiva y eficiente los caudales de afloramiento. La reiteración de lo solicitado, en atención a que en el documento el propio Titular, en el acápite 1, declara: "Adicionalmente, en función de los diferentes rangos de afloramiento se determinará el uso de medidas alternativas para el control de afloramiento, tal como el uso de revestimientos en base a concreto o acero."
17. Atendiendo el contenido del acápite 4, Antecedentes para la definición de las inyecciones, se solicita al Titular señalar qué aspectos de lo propuesto no fueron aplicados en la actual fase constructiva, en que se ha producido un afloramiento sostenido de aguas en los túneles que no ha logrado ser controlado, pues existen afloramientos residuales-temporales que se han utilizado para dimensionar las plantas de tratamiento. Del mismo modo, se solicita declarar qué innovación representa lo propuesto, respecto de lo establecido en la RCA N° 256/09.
18. En la letra a) del acápite 4, el Titular declara: "En el caso de los túneles excavados con TBM (abierta o cerrada) estos sondajes serán realizados siempre y cuando las condiciones geológicas lo permitan y no comprometa el avance de la misma.". Al respecto, se manifiesta la disconformidad de este Servicio respecto a la propuesta planteada por el Titular, acerca de no comprometer el avance de la excavación, pues es del todo necesario asegurar la ejecución de las debidas exploraciones que permitan estimar caudales y presión, es decir que permitan cuantificar la envergadura del problema y evaluar la capacidad de los sistemas de tratamiento. Cabe señalar que el propio Titular declara: "De este modo los sondajes exploratorios constituyen la fuente de información para determinar los antecedentes para la definición de inyecciones i), ii), y iii) del listado anterior."
19. En acápite 5. a) Criterio Operacional, el Titular declara: "Este considera los umbrales de afloramiento compatibles con el avance de la excavación de forma segura para los trabajadores, equipos y estabilidad del túnel respectivo.". Al respecto se solicita al Titular declarar cuáles son los umbrales de afloramiento compatibles con la seguridad de los trabajadores, equipos y estabilidad del túnel.

## III. Respeto del "Plan de Contingencia de Aguas de Afloramiento"

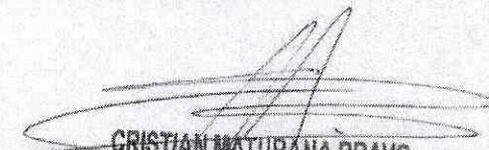
20. Respecto de los eventos de contingencia, el Titular señala, en el acápite 5.2.3 letra f), "Una vez se produzca una descarga de contingencia se deberá realizar dentro de los dos días siguientes un monitoreo del cuerpo receptor de la descarga en puntos representativos de la columna de agua del cuerpo receptor, ubicados preferentemente a una distancia de 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del punto de descarga" (énfasis agregado). Al respecto se indica que el plazo de dos días indicado por el Titular es muy extenso considerando la velocidad de escurrimiento del agua superficial, por lo que el monitoreo deberá realizarse inmediatamente (máximo 1 hora) ocurrida la descarga y durante el tiempo que ésta dure, a intervalos máximos de 1 hora, con el objetivo de los efectos de la descarga sobre la calidad de las aguas. El Titular deberá proponer parámetros y técnicas que permitan un monitoreo rápido y confiable en el lugar de descarga, de tal manera de caracterizarlas (se sugiere medición de SST, pH, CE, OD, Transparencia, turbiedad, color, alcalinidad, etc.). Deberá además, dar aviso inmediato a los usuarios aguas abajo. Dicho aviso deberá seguir una regla a definir en este proceso, en función del parámetro de calidad y la concentración que se obtenga.
21. Tanto en forma periódica como durante los eventos de contingencia, deberán recabarse los datos necesarios para la validación y actualización si procede, de la metodología de estimación de caudales de afloramientos y de la capacidad de las plantas de tratamiento de riles. Esta actualización deberá presentarse a la autoridad en forma anual.

22. Respecto de la Tabla 1, este Servicio se manifiesta no conforme con Condicionar el Avance de Excavación ante un nivel 3 de Contingencia, pues implica que el fenómeno ya es de una mayor envergadura e involucra efectos en el recurso hídrico en cantidad y calidad y por tanto se deben establecer las detenciones necesarias para evaluar la situación. Por otra parte, en acápite 5.2.3 se refiere a detener las actividades de avance normal de excavación al interior del túnel, en un Nivel 3. Se solicita por tanto, aclarar qué medida aplicará efectivamente en el Nivel 3 Contingencia.
23. Se solicita declarar cómo se efectuará el transporte de agua a otras plantas de tratamiento del PHAM y cuáles serían los posibles trazados. Se debe tener presente que en caso de transporte por tuberías, le serán aplicables los artículos 41° y 171° del Código de Aguas en caso de atravesar cauces de manera superficial o subterránea.
24. Respecto al acápite 5.2.3 letra i) Reporte de la Contingencia, el Informe preliminar debe ser enviado a SMA a más tardar 24 h de acaecido el evento. Respecto de los resultados de laboratorio, los Informes deberán ser enviados a la SMA, a más tardar el segundo día después de haber obtenido los referidos resultados, debiendo contener resultados, informes de laboratorio, análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

#### IV. Respecto del "Plan de Seguimiento y Monitoreo de Aguas Afloradas desde los túneles del PHAM"

25. En acápite 3.1 b), el Titular declara: "Parámetros de control: Los parámetros que se monitorearán son los siguientes: pH, Temperatura, Aluminio, Coliformes Fecales o Termotolerantes, Hidrocarburos Fijos, Hierro Disuelto, Manganeso, Poder Espumógeno, Sólidos Suspendidos Totales, Sulfatos, Zinc y Conductividad Eléctrica" y en pie de página aclara: "Selección de parámetros se basó en la Res. Ex. N° 734/2016 de la SMA, que fija el Programa de Monitoreo Provisional de la calidad del efluente generado por las Plantas de Tratamiento de Riles del PHAM, Incluyendo el parámetro Conductividad Eléctrica.". Al respecto, se hace presente que el Titular debería considerar los parámetros establecidos en el D.S 90/2000, incluida la Conductividad Eléctrica, debido a que se trata de aguas residuales de un proceso de tratamiento que son descargadas a un cuerpo de agua superficial.
26. En acápite 3.1 c), el Titular declara: "En caso de existir excedencia de los límites establecidos, se realizará el remuestreo correspondiente.", al respecto se solicita declarar qué medidas aplicará en caso de que se confirmen las excedencias, respecto de los límites de la Tabla N° 1 del D.S N°90/2000.

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

  
**CRISTIAN MATURANA BRAVO**  
Director Regional Subrogante  
Dirección General de Aguas  
Región Metropolitana de Santiago

CMB/DAG/dag

#### **DISTRIBUCIÓN:**

- Sra. Andelka Vrsalovic Melo. Directora Regional del Servicio de Evaluación Ambiental Región Metropolitana de Santiago. Calle Miraflores 178, Piso 3, comuna de Santiago
- Sra. Mónica Musalem J., Jefa del Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos Calle Compañía 1390, Oficina 415, comuna de Santiago
- Sr. Luis Ulloa Martínez. Jefe División Legal, DGA
- Sra. Mirza Lemus Guajardo. Unidad de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT) de la SEREMI MOP RMS
- Unidad de Medio Ambiente DGA RMS
- Oficina de Partes DGA RMS

Nº Proceso 12921633 /





11.198/19

SERVICIO DE EVALUACIÓN	
Región Metropolitana	
OFICINA DE PARTES	
1º Destino: <u>Subvención</u>	<u>07/05</u>
2º Destino: <u>SEA</u>	
3º Destino: <u>CHSL</u>	<u>07/05</u>
4º Destino:	
Trámite: <u>1257</u>	

OF.ORD. 0948/2019

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  
SECRETARÍA 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 proyectó, 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 permeabilidad 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  $1 \times 10^{-3}$  y  $1 \times 10^{-1} \text{ m/d}$* ". Se solicita indicar cuales 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 piezómetro.
  - 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,  $\alpha$  y  $\beta$  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 ( $\alpha$  y  $\beta$ ).
29. En relación al capítulo 4.2.3, se solicita 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  $K_{\min}$ ,  $K_{\text{med}}$  y  $K_{\max}$  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  $\alpha$  y  $\beta$  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 pódicos 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 evidencian 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 sondajes 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**

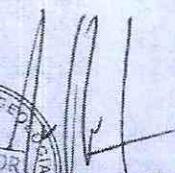
65. En relación a lo presentado en la figura 3-2, se solicita mejorar la leyenda, dado que por la resolución de la figura resulte inteligible. Además se solicita la inclusión de la leyenda en las figuras 3-3 y 3-4.
66. En relación al capítulo 5.1 se solicitan los argumentos técnicos utilizados en la 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.

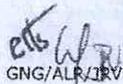
#### **Observaciones relativas al Anexo 4 del Anexo B Modelo Hidrogeológico PHAM**

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 a bajos 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

**Servicio Nacional  
de Geología y  
Minería**

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**

  
GNG/ALR/IRV

cc

- Destinatario
- Archivo Unidad de gestión Ambiental , Sernageomin