

Santiago, 5 de Abril de 2018

Señor
CLAUDIO TAPIA ALVIAL
Fiscal Instructor
Superintendencia del Medio Ambiente
Teatinos N 280, piso 9, Santiago
Presente



Ref.: Expediente sancionatorio Rol D-001-2017.

Mat.: Objeta Programa de Cumplimiento presentado por Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) y solicita su rechazo, por razones que indica.

Yo, María Jesús De Los Ángeles Martínez Leiva, [REDACTED] Licenciada en Geografía de Universidad de Chile, en calidad de **"interesada"** en el procedimiento de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) que mediante Res. Ex.Nº1 ROL D-001-2007 formula cargos a Alto Maipo SpA con fecha 20 de enero de 2017, vengo a **solicitar a la autoridad ambiental el rechazo total del Programa de Cumplimiento (PDC)** presentado por el titular, en todas sus versiones, porque **las medidas presentadas en dicho programa** para responder el cargo XII, **no garantizan la no afectación de los glaciares y otros elementos del glaciosistema, que se encuentran dentro y fuera del perímetro del Monumento Natural El Morado.**

Antecedentes Generales

Con fecha 20 de enero de 2017, se dictó por esta Superintendencia la Resolución Exenta. Nº 1/D-001-2017, en virtud de la cual se formularon a Alto Maipo SpA 14 cargos por incumplimientos de las obligaciones asumidas por el titular del proyecto a través de la Resolución de Calificación Ambiental (en adelante, "la RCA") Nº 256/2009.

Alto Maipo SpA presentó, con fecha 16 de febrero de 2017, un Programa de Cumplimiento (en adelante, indistintamente, "PDC"), sosteniendo que no se encontraba afecto a ninguno de los impedimentos normativos que obstan a la presentación de tal programa.

En virtud de la Resolución Exenta N° 10/Rol D-001-2017, de fecha 13 de junio de 2017, la SMA formuló diversas observaciones al Programa de Cumplimiento. Con fecha 6 de julio de 2017, Alto Maipo SpA presentó otro Programa de Cumplimiento, que denominó "Programa de Cumplimiento refundido, coordinado y sistematizado".

El 5 de enero de 2018, la SMA dictó la Resolución Exenta N° 22/Rol D-001-2017, por la cual volvió a formular observaciones al Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo SpA. En respuesta Alto Maipo SpA presentó, por tercera vez, el Programa de Cumplimiento, nuevamente bajo la expresión de "refundido, coordinado y sistematizado".

Luego, en la Resolución Exenta N° 26/ Rol D-001-2017 del 16 de marzo de 2018, otra vez esta Superintendencia entregó observaciones al Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo Spa. Con fecha 26 de marzo de 2018, Alto Maipo Spa entregó por cuarta vez, el Programa de Cumplimiento, nuevamente bajo la expresión de "refundido, coordinado y sistematizado y sus Anexos".

Razones por las cuales el Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo SpA no cumple con estándares de aprobación

La protección de los glaciares resulta urgente y estratégico, pues constituyen el agua del futuro. Por esta razón preocupa el grado de intervención que la institucionalidad ambiental ha ido permitiendo sobre los mismos - o bajo estos, como el caso de Alto Maipo- y su área circundante o zona periglacial. Este hecho que quedó de manifiesto en la "Comisión Especial de Diputados, investigadora de los actos de los organismos públicos competentes, encargados de la fiscalización y protección de Glaciares, Cuencas Hidrográficas y Salares de Chile", celebrada durante el 2016, cuyo informe final recogió lo expuesto en la Sesión 18° por la funcionaria Marie Claude Plumer, Jefa de la División de Sanción y Cumplimiento de la SMA, quien afirmó que de los 18 proyectos a nivel nacional con RCA que se desarrollan en áreas cercanas a glaciares, 11 corresponden a centrales hidroeléctricas de pasada, entre ellos Alto Maipo.

Se torna fundamental, entonces, plantear cuestionamientos en torno a la **protección de los glaciares** dado el rol que cumplen a nivel ecosistémico y su aporte.

La Estrategia Nacional de Glaciares, en su punto 5.1.2 destaca su importancia hídrica indicando que aportan escorrentía a sus cuencas, son reservorios de agua y constituyen lugares donde la nieve puede preservarse a lo largo de todo el año. Agrega que pierden menos agua por evaporación/sublimación que el suelo descubierto y que inciden sobre el microclima local razones que fundamentan porqué los Servicios responsables de su administración y cuidado deben cumplir con sus resguardos.

Además, este instrumento en el numeral 2.4.2.1 indica que *“Los glaciares en Chile tienen un rol esencial en la generación de recursos hídricos, especialmente en la época de deshielo y más aún durante años de extrema sequía, períodos en los cuales el aporte glaciar puede alcanzar hasta un 67% del caudal total, como es el caso del río Maipo (Peña & Nazarala, 1987).”*

La base de este rechazo al Plan de Cumplimiento presentado por Alto Maipo se encuentra en la revisión detallada de distintos informes y programas presentados por el Titular y la consiguiente respuesta de los servicios públicos.

Cabe recordar que durante el 2017 se entregaron a la SMA antecedentes en relación a este tema develando, por medio de una exhaustiva revisión del expediente de evaluación del proyecto en el SEIA, que en la RCA N°259 de Alto Maipo existe **una sola medida referente a la “protección” de los glaciares** derivada de las observaciones de CONAF en tanto administradora del área protegida afectada por el trazado del túnel del proyecto; mas no como Servicio experto, porque tanto SERNAGEOMIN como DGA no realizaron observaciones. ¿Cómo es posible aseverar por parte del Titular que tanto la construcción del túnel con las distintas metodologías (Drill & Blast y TBM) y la operación de las instalaciones de la hidroeléctrica no causarán efectos negativos sobre los glaciares si no hay estudios que lo indiquen ni Línea Base para comparar?

Expongo los siguientes antecedentes con el propósito que la SMA y sus funcionarios tomen las decisiones correctas y siempre en resguardo y protección de nuestro medio ambiente; aun cuando es difícil tener confianza porque en innumerables casos la autoridad ha favorecido con sus determinaciones a los privados que atentan contra los ecosistemas.

A continuación, se presentan observaciones a los siguientes documentos:

- Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán.
- Actualización Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán.
- Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán, Etapa II.
- Nota Técnica Resultados Monitoreo de Vibraciones por Tronaduras Etapa I Túnel El Volcán.
- Distintos ordinarios de los servicios evaluadores.
- Programa de Cumplimiento.
- Programa de Cumplimiento Refundido.
- Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado febrero y marzo de 2018.
- Línea Base de Glaciares
- Monitoreo de Glaciares Informe Consolidado de Línea de Base.

Observaciones al Programa de Monitoreo de Vibraciones

1. Según lo aprobado en la Resolución N°2860 de la DGA, fechada el 20 de septiembre de 2011, relativa a la construcción del Túnel El Volcán, **los primeros 7,1 km son excavados con el método Drill & Blast**, es decir, usando explosivos. **A partir del km 4,1 el túnel se topa con el Monumento El Morado, por lo tanto, hay por lo menos 3 km de tronaduras bajo el complejo glaciar que involucra glaciares dentro y fuera del área protegida.** Así también se reafirma en la carta enviada por el titular a DGA RM con fecha 24 de marzo de 2017, donde se indica: *“Una parte del trazado del túnel, aproximadamente 3,711 kilómetros, se desarrolla bajo el área del Monumento Natural El Morado, entre el punto kilométrico, pk 4,150 y el pk 7,861, ambos contados desde el portal V1.”*
2. Alto Maipo comienza a intervenir el sector de Alto Volcán desde finales de 2012. Esta intervención consta de **tronaduras las 24 horas del día** y también todos los trabajos derivados de una obra, por ejemplo y sólo por nombrar algunas, construcción de caminos, tránsito permanente de vehículos, remoción de grandes volúmenes de tierra, alteración de los cursos de agua, instalación de campamentos y constante circulación de personal, etc.
3. **Sabiéndose en situación de ilegalidad, pero sin notificar a la autoridad**, Alto Maipo decide comenzar a gestionar para aprobación su programa de monitoreo, ingresando a SERNAGEOMIN, la primera versión del *“Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán”* en noviembre de 2015.
4. En esta primera versión **el Programa sólo contempla monitorear 2 puntos dentro de los 2 primeros kilómetros del túnel, sin considerar que a partir del km 3 el túnel se introduce bajo el Monumento El Morado.** Además, no se presentan antecedentes que justifiquen la localización de los instrumentos o geófonos para medir las tronaduras y se plantea la instalación de sensores en superficie y dentro del túnel. Sin embargo, al considerar sólo dos puntos, no es posible entonces, cubrir un área representativa del ambiente glaciar y su dinámica, por lo que no garantizan un resultado confiable del monitoreo. Tampoco se plantea una planificación del monitoreo de acuerdo al contexto geológico del material rocoso por donde se propagan las vibraciones de las tronaduras.
5. Se propone construir un Programa de Atenuación a partir de monitoreo de tronaduras y vibraciones registradas en **sólo 1 mes**; lo que también resulta poco representativo respecto de los reales impactos de las tronaduras, que se realizan durante todo el año y porque además, el material de propagación de las ondas puede presentar diferentes respuestas según la época del año.
6. Se indica que a partir de la información proveniente del monitoreo, se desarrollará un Modelo de Atenuación Temprano en cada tramo para estimar el nivel de vibraciones en la superficie producto de las tronaduras. Estima poder registrar al menos 12

tronaduras para cada tramo. Este mínimo es insuficiente y poco representativo, pues como ya se mencionó las tronaduras se realizan las 24 horas todos los días del año.

7. Dicho documento además presenta discrepancias e incongruencias respecto a lo indicado en la Resolución del 20 de septiembre del 2011 N°2860 de la DGA en relación a los métodos de construcción bajo el Monumento El Morado. En la Figura 4-2 "*Ubicación Monumento Natural El Morado y frentes de avance de excavación del Túnel El Volcán*" y el texto que la antecede, del documento, se **disminuye tendenciosamente la extensión del tramo con tronaduras.**
8. El programa parte desde la falsa premisa que la construcción del túnel bajo el Monumento se realizará por medio de la TBM, algo que es totalmente opuesto a lo indicado en la resolución del 20 de septiembre del 2011 N°2860 de la DGA. **Esta situación no fue advertida por ninguno de los Servicios que dieron revisión al programa, incluso luego de emitir observaciones, puesto que las mismas faltas se mantuvieron hasta las versiones finales del programa.**
9. En esta versión, no se proponen medidas en caso de superación de la norma de vibraciones
10. Durante 2016, tanto SERNAGEOMIN y DGA RM realizan observaciones al "*Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán*", aludiendo a cosas tan básicas como por ejemplo, la ausencia de coordenadas de los puntos a monitorear. Esta información es entregada al Servicio, mas no es incorporada a las versiones sucesoras del programa, quedando incompleto.
11. En febrero de 2016 el titular presenta una "*Actualización Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán*", en que lo único novedoso está constituido por las medidas en caso de superación de la norma a partir de observaciones realizadas por la DGA. Se mantienen sólo dos puntos y nuevamente, no existe ninguna justificación en relación a por qué son solamente dos, ni se entregan antecedentes que justifiquen de forma contundente la localización de los instrumentos en los lugares escogidos por la empresa. Luego en la última versión del programa aparecen 4 puntos, sin dar cuenta del cambio.
12. Como es sabido por la autoridad, en Chile no existen normas específicas sobre ruido asociado a tronaduras y vibraciones. Aun esto, en el Decreto 40 que aprueba el Reglamento del SEA en su artículo 11 señala que "*Las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se genera o presenta el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la Ley, serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República Italiana, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local,*

lo que será justificado razonablemente por el proponente. Cuando el proponente señale las normas de referencia extranjeras que utiliza deberá acompañar un ejemplar íntegro y vigente de dicha norma”.

13. En ninguna versión del “Programa de Monitoreo de Vibraciones” (primera versión de noviembre de 2015, segunda versión actualizada de febrero de 2016 y la última versión de febrero de 2017) el Titular ha entregado los antecedentes requeridos como se indica en el punto anterior, ni tampoco ha justificado la elección del marco de referencia de la norma estadounidense en términos de homologación de los modelos de suelo y terreno rocoso, etc, **por lo que está trasgrediendo la norma.** Tampoco entrega esa información a SERNAGEOMIN cuando el servicio le realiza observaciones referidas a la norma de referencia en la primera versión del programa.
14. Un antecedente relevante es que la norma utilizada como referencia no está hecha particularmente para glaciares, pudiendo resultar inadecuada para advertir los impactos de las tronaduras en ellos. Esto significa que el Programa mencionado se torna inefectivo y fuera de contexto, dejando los glaciares totalmente desprotegidos. Como las tablas para establecer parámetros de daño en la norma de referencia no consideran glaciares, es probable que estos tengan un comportamiento de respuesta a la tronadura y vibración distinto del material rocoso.
15. Junto con ello, el programa de monitoreo se enfoca únicamente en los glaciares del Monumento El Morado, de forma tal que se desconoce entonces, cuáles serán los efectos e impactos de las vibraciones por tronaduras en otros glaciares cercanos, ubicados fuera del área protegida.
16. En febrero de 2017, el titular presenta “Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán, Etapa II”, el que mantiene las faltas anteriores ya mencionadas.
17. En ninguna de las versiones se presentan cartografías indicando la localización de los instrumentos de monitoreo.
18. Tal como se mencionó anteriormente, por medio de gráficas se presenta información que discrepa con resoluciones oficiales.
19. En abril de 2016 la DGA RM mediante ORD N° 459, o también ORD N°1032, realiza observaciones a la “Actualización”.
20. En la observación N°2 de dicho documento, DGA RM, destaca el compromiso en ICE de no utilizar explosivos bajo el glaciar. Sin embargo, en la información del Titular para los programas de vibraciones por tronaduras explicitan que sí se utilizarán explosivos en el trayecto del túnel bajo el monumento, es decir, bajo los glaciares.
21. Es preocupante también, que en el punto N°4 de las observaciones, la DGA RM solicita documentar el estado de los glaciares y otros antecedentes sin acogerse a los distintos cuerpos legales que estipulan claramente los requisitos que se deben incorporar este tipo de requerimiento. Resulta fuera de lugar por lo demás, que esta

información de base para la toma de decisiones, sea solicitada con posterioridad al proceso de evaluación ambiental. Aun así, la empresa no incorpora la información solicitada al Programa y más bien se limita a una descripción metodológica. Tampoco entrega el monitoreo LIDAR.

22. Ningún punto de monitoreo está en una cota cercana al frente de los glaciares; es decir, no se adoptó lo solicitado por la DGA RM en la observación N°5. A continuación una gráfica de elaboración propia que muestra la localización de los puntos de monitoreo a partir de información solicitada por transparencia.



23. Sobre la disconformidad manifestada por la DGA RM en relación al Plan de Acción, en caso de superación de la norma, es preciso señalar que el hecho de paralizar las obras no puede considerarse un plan en sí mismo. La autoridad debió solicitar al titular que presentara un Plan de Acción y que éste se sometiera a evaluación del SEA. Volviendo al punto, sólo plantea la paralización, pero no establece otras medidas a seguir con el propósito de no afectar los glaciares. **No se contempla, por ejemplo, el aviso a la autoridad si la norma es superada.**

24. El 20 abril de 2016, el Titular emite el documento "Nota Técnica Resultados Monitoreo de Vibraciones por Tronaduras Etapa I Túnel El Volcán". En ese texto se indica en sus objetivos: "...evaluar tempranamente dentro del desarrollo del proyecto (específicamente, dentro de sus 2 primeros kilómetros), el nivel de vibraciones que pudieran alcanzar en superficie y validar el supuesto de nulo o imperceptible efecto asociado a las actividades de tronadura en el área del Monumento Natural El

Morado.”. Ante eso, es preciso preguntarse ¿es posible validar un modelo de atenuación de vibraciones bajo la premisa de nulo o imperceptible efecto de las tronaduras construido bajo las críticas ya realizadas, como por ejemplo, la insuficiencia de la extensión en el tiempo de la toma de muestras o registro de tronaduras, impresiones referentes a la norma, discrepancia y falta de información, y de inconsistencia general?, ¿qué sucede con las tronaduras previas al monitoreo que se vienen realizando mucho antes, incluso previo a que esta Superintendencia tomara conocimientos de las mismas?, ¿es posible descartar la afectación temprana a los glaciares? Plantear estas preguntas, resulta imprescindible, puesto que Alto Maipo es un proyecto al que no se le exigió Línea Base sobre Glaciares en su proceso de evaluación ambiental.

25. En las breves conclusiones, además, se contradice a los objetivos que sostienen que el efecto es nulo o imperceptible, pues se confirma que sí hay impactos, de acuerdo a la información entregada por el propio Titular, que indica: *“...cuyo impacto equivaldría a percibir golpes menores en las paredes de una estructura residencial, sin la generación de daño alguno asociado.”*
26. El programa tampoco se hace cargo de los impactos de las ondas aéreas que pueden generar daños en los glaciares que no están siendo estudiados.
27. Finalmente, el 26 abril de 2016, SERNAGEOMIN aprueba el Programa. Según consta en el documento ORD N°0863, en la decisión no estuvo considerado ni fue analizado el último informe con los resultados del monitoreo, que resulta ser la información central y la base para la construcción de un Modelo de Atenuación; por lo que el Servicio aprobó más bien la línea metodológica para llegar al modelo. El Servicio es enfático en manifestar también, que las opiniones emitidas respecto al programa son en base a competencias *“en el ámbito de la construcción de obras mineras no civiles”*.
28. La Ley 19.300 establece en su artículo 2, letra d): *“Contaminante: todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, **vibración, ruido**, o una combinación de ellos, **cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.**”*, y en la letra h bis): *“Efecto Sinérgico: **aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.**”*

Es posible concluir entonces que el Programa propuesto por el Titular, dadas sus numerosas carencias, **no resulta una herramienta confiable que permita tomar acciones a tiempo con el objetivo de resguardar** el principio por el cual fue incorporado como medida, aunque insuficiente, en la RCA que es la protección de los glaciares del Monumento El Morado y alrededores y la no afectación como consecuencia de las **tronaduras, definidas por ley como contaminantes.**

El programa y modelo carecen de validez pues no se evalúan las vibraciones de las tronaduras en los glaciares mismos, las áreas periglaciales y de permafrost que son fundamentales para la conservación de las condiciones propicias en la estabilidad de un glaciar. No se evalúan tampoco los **efectos sinérgicos** de someter una zona de alta fragilidad ambiental no sólo a tronaduras permanentes, sino a la constante transformación en la zona del Volcán Alto como resultado de la construcción del proyecto. Sólo se establecen medidas en relación a la superación de la norma de referencia, no fundamentada, omitiendo posibles impactos por tronaduras que no necesariamente superen la norma. El rango del período del monitoreo no está argumentado porque no cuenta con un calendario detallado y no es representativo de la programación diaria de las tronaduras que se realizan todos los meses del año. Cabe preguntarse entonces ¿es posible descartar que en la elección de los días para comenzar el monitoreo de las tronaduras se haya hecho de forma selectiva a razón de registrar sólo tronaduras de menor intensidad y que sean más convenientes para el Titular?

Observaciones al Plan de Cumplimiento

1. El incumplimiento del considerando 7.3.5 de la RCA de Alto Maipo representa el cargo N° 12 en la sanción y señala: *"Se realizaron tronaduras en la construcción del túnel El Volcán, sin contar con un programa de monitoreo de vibraciones de tronaduras, visado y aprobado, por parte de SERNAGEOMIN y DGA RM."*
2. El 16 de febrero del mismo año el titular presenta el Programa de Cumplimiento (PDC). En respuesta al cargo 12, indica: *"No se verifica la existencia de efectos negativos producidos por la infracción. Conforme da cuenta el Informe Técnico "Resultados Monitoreo de Vibraciones por Tronaduras Etapa I Túnel EL Volcán", acompañado en Anexo 12, los resultados de la primera etapa del monitoreo de vibraciones, referido a tronaduras realizadas entre los Pk0+500 a 0+710, entre el 28 de Diciembre de 2015 y 10 de Febrero de 2016, permitieron calibrar un modelo de atenuación de vibraciones con datos reales. Este modelo permite inferir que no se han generado efectos en estructuras que se encuentran distanciadas a más de 300 m de la frente de avance del túnel. Cabe señalar que el frente de avance está localizado aproximadamente a 3000 m (medios horizontales) de inicio de la sección correspondiente al Monumento Natural El Morado y a más de 4000 m de las estructuras glaciares más cercanas correspondientes al glaciar San Francisco y el glaciar Mirado El Morado."* El PDC da cuenta de la aprobación de SERNAGEOMIN y de ejecución del primer monitoreo sobre el cual se construyó el Modelo de atenuación. El titular plantea como meta en el indicador de cumplimiento N° 12.2 *"Aprobación del Programa de Monitoreo de Vibraciones de tronaduras por parte de la DGA RM."*
3. **Lo planteado por el Titular como meta no se ajusta a lo que establece el Decreto 30 del año 2013 del Ministerio de Medio Ambiente que establece el reglamento para Programas de Cumplimiento, en su artículo 7 letra b): "Plan de acciones y metas que se implementarán para cumplir satisfactoriamente con la normativa**

ambiental que se indique, incluyendo las **medidas adoptadas** para reducir o eliminar los efectos negativos generados por el incumplimiento.”, **pues se entiende que las medidas deben ser adoptadas por el Titular, no por un tercero, en este caso DGA RM.**

4. Para el mismo decreto, transgrede el criterio establecido en su artículo 9 letra 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.**”* En ese sentido, el Modelo de Atenuación de Vibraciones propuesto por el Titular, en razón de no afectar los glaciares, no cumple con este criterio, pues como ya fue expuesto, no reduce ni menos elimina los efectos de la infracción.
5. El 12 de abril de 2017, por medio del ORD N°602, DGA RM entrega pronunciamiento acerca del *“Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprana”*, en donde **condiciona la aprobación** a que el Titular resuelva 3 puntos.
6. En el punto N° 1, DGA RM solicita la presentación de un Informe con los antecedentes de Línea de Base actual, que ya había solicitado (ORD N°459 del 2016). Sin embargo, lo requerido por DGA RM no se ajusta a lo dispuesto en el Decreto 40 del 2013 de Ministerio de Medio Ambiente en el artículo 18 letra e), también transgrede el *“Instructivo Examen de Admisibilidad para Ingreso al SEIA”* del 25 de marzo de 2015 emitido por el SEA en su punto d.7, yendo más allá, se aleja de lo propuesto en el *“Manual de Glaciología Volumen N° 2”* del MOP en su punto 12. Esto será analizado más adelante en el presente documento.
7. DGA RM enfatiza en el punto N° 3 de su comunicación que el Titular explicita en el ICE que el trayecto del túnel El Volcán bajo el Monumento El Morado será mediante la máquina tunelera TBM. Siendo así, resulta contradictorio que se establezca una medida en relación a tronaduras y glaciares en el punto 7.3.5 de la RCA. Esto contradice también, la resolución de la DGA del 20 de septiembre del 2011 N°2860. Además, los impactos de utilizar la TBM bajo los glaciares del monumento no han sido evaluados ambientalmente, por lo que es imposible descartar una eventual y posible afectación.
8. **DGA RM solicita al Titular una Línea Base sobre glaciares 8 años después del proceso de evaluación y con el proyecto aprobado y en construcción. Esta información, fundamental para la toma de decisiones, no fue solicitada durante el proceso de evaluación ambiental de Alto Maipo. Es decir, se aprobó la construcción de una hidroeléctrica que implica construir un túnel bajo glaciares sin evaluar el impacto de dicho acto.**
9. Con fecha 18 de abril de 2017, la SMA realiza diligencia a las obras del proyecto. **pudiendo comprobar lo siguiente: la medida exigida en la RCA en punto 7.3.5 continuaba sin materializarse e incluso el túnel El Volcán se estaba construyendo con tronaduras de forma alternada con la máquina tunelera TBM, fuera de lo aprobado en cuanto a metodología.** Esto es registrado en el acta de la diligencia.

10. El 28 de abril por medio del ORD. N° 654, DGA RM realiza una aclaración indicando que los programas de monitoreo de vibraciones están aprobados y considera necesario que el Titular complemente la información con la Línea Base que le fue solicitada.
11. El 05 de junio de 2017 el titular entrega a DGA RM el documento "*Monitoreo de Glaciares Informe de Línea de Base*" realizado por la consultora GeoTest Chile.
12. Con fecha 13 de junio de 2017 la SMA realiza observaciones al Plan de Cumplimiento de Alto Maipo. Estas observaciones, sólo se limitan a forma y no al fondo. **La SMA no realiza un análisis de la información contenida en el Programa de Monitoreo de Vibraciones** que presenta -como se ha dicho anteriormente- innumerables inconsistencia. **Con este tipo de observaciones, la SMA no cumple con la obligación contenida en la Ley 20.417, artículo segundo, Título I, Párrafo 1º, artículo 3 letra d) "Exigir, examinar y procesar los datos, muestreos, mediciones y análisis que los sujetos fiscalizados deban proporcionar de acuerdo a las normas, medidas y condiciones definidas en sus respectivas Resoluciones de Calificación Ambiental o en los Planes de Prevención y/o de Descontaminación que les sean aplicables."**
13. El 15 de junio de 2017 DGA RM en ORD N° 912 emite observaciones al "*Informe de Línea de Base de Glaciares*".
14. El 06 de julio de 2017 el Titular presenta su "Programa de Cumplimiento Refundido". En la descripción de los efectos de la infracción, señala: "*A la fecha no se han constatado efectos, conforme da cuenta el Informe Técnico Resultados Monitoreo de Vibraciones por Tronaduras Etapa I Túnel El Volcán, acompañado en Anexo 12.*" Es preciso recordar que Alto Maipo fue evaluado sin una Línea de Base de Glaciares en su EIA, por lo que ¿cómo es posible determinar que no existe daño y afectación a los glaciares si no hay información con la que se pueda contrastar la situación actual?
15. Para la implementación del punto 12.6 se indica: "*Mediante Oficio Ordinario DGA RM N° 602 de 2017, se aprobó Programa de Monitoreo de Vibraciones de PHAM, sujeto, entre otras, a la siguiente condición: 3.-Excavación mediante TBM en la sección del túnel El Volcán bajo el Monumento Natural el Morado. En consideración a lo anterior, y en caso que durante la vigencia del PdC, se ejecute la excavación en la sección del túnel El Volcán bajo el Monumento Natural el Morado, específicamente entre los kilómetros 4,150 y 7,861, contados desde el portal V1, esta se efectuará mediante método de excavación con TBM.*" Se reitera que **de forma sistemática el Titular presenta información distinta a lo que oficialmente está aprobado para el proyecto** por la resolución del 20 de septiembre del 2011 N°2860 de la DGA, donde se establece taxativamente que los primeros 7 km son mediante tronaduras. **El Titular realiza aseveraciones que no son cuestionadas por los servicios.** Esto es de vital importancia puesto que, tal como ya fue mencionado, se estableció una medida en la RCA respecto a los glaciares del Monumento precisamente porque el túnel bajo este conglomerado se realizará con tronaduras. Como ha quedado de manifiesto en lo expuesto por la DGA RM en los diversos ordinarios remitidos al

Titular, Alto Maipo adquirió “compromisos” durante el proceso de evaluación ambiental, como no utilizar explosivos bajo los glaciares, que difieren de lo aprobado finalmente. Lo que resulta sorprendente es que el Titular mantiene dichos compromisos y ningún Servicio es capaz de corroborar si se ajustan o no a los documentos oficiales.

16. El 17 de julio de 2017, el titular entrega a DGA RM el documento “*Monitoreo de Glaciares Informe Consolidado de Línea de Base*”.
17. El 05 de enero de 2018, la SMA realiza observaciones al PDC Refundido. Lo único mencionado es que se le solicita al Titular incluir fotografías con registro de la construcción del túnel El Volcán con la máquina TBM.
18. El 06 de febrero de 2018 el Titular entrega respuestas a observaciones en “*Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado*”. En el punto 12.4 se indica “*Por Ejecutar*” la campaña de monitoreo para abril del presente año. Esta misma campaña aparece como “*Pendiente*” en la versión del PDC Refundido. Más, lo estipulado en el punto 12.3 como “*Pendiente*” en la primera versión del PDC es una campaña de monitoreo en junio y diciembre de 2017. **Esta campaña desapareció sin explicación y sin que lo haya advertido la SMA en sus resoluciones.**
19. Así mismo, se determina como “*Acción y Meta*”, “*Excavar mediante método constructivo del tipo TBM en la sección del Túnel El Volcán bajo el Monumento Natural el Morado, con el objetivo de dar cumplimiento a la condición N°3 establecida en el Ordinario DGA N° 602 de 2017*”. Se reitera que no están evaluados los impactos en los glaciares por el uso de la TBM ni por el uso de tronaduras.
20. El 16 de marzo la SMA realiza observaciones al “*Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado*”, pero ninguna está referida al cargo N° 12.
21. El 26 de marzo el titular presenta el “*Programa de Cumplimiento Refundido, Coordinado y Sistematizado, y sus Anexos*”. No hay cambios sobre lo ya observado.

El Titular en el PdC plantea corregir la infracción del cargo 12 en base a la aprobación de un Programa de Monitoreo de Vibraciones basado en registros que no evalúa el comportamiento de los glaciares descubiertos, el permafrost, glaciares de roca, entre otros elementos del glaciosistema y presenta las innumerables inconsistencias ya mencionadas.

Marco legal Línea Base

En términos generales, la Evaluación de Impacto Ambiental en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) se basa en el análisis de las partes, obras y acciones de un proyecto o actividad a ejecutarse y cómo éstas alteran los componentes del medio ambiente involucrados. **Tal ejercicio se realiza previo a la ejecución del proyecto o actividad** y, por tanto, se basa en una predicción de la evolución de los

componentes ambientales en los escenarios con y sin proyecto. **Esto requiere conocer la caracterización de dichos componentes en su estado previo a la ejecución del proyecto.**

En ese marco, los requerimientos de una Línea Base se encuentran claramente definidos. La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente 19.300, en su artículo 2, letra l) indica: *"Línea Base: la descripción detallada del área de influencia de un proyecto o actividad, en forma previa a su ejecución"*.

El Decreto 40 de 2013 del Ministerio de Medio Ambiente que constituye un reglamento para SEIA, establece como elementos mínimos en su artículo 18, letra e): *"La Línea de base, que deberá describir detalladamente el área de influencia del proyecto o actividad, a objeto de evaluar posteriormente los impactos que pudieren generarse o presentarse sobre los elementos del medio ambiente. Deberán describirse aquellos elementos del medio ambiente que se encuentren en el área de influencia del proyecto o actividad y que dan origen a la necesidad de presentar un Estudio de Impacto Ambiental, en consideración a los efectos, características o circunstancias a que se refiere el artículo 11 de la Ley. Asimismo, se deberán considerar los atributos relevantes de la misma, su situación actual y, si es procedente, su posible evolución sin considerar la ejecución o modificación del proyecto o actividad."*

El decreto establece los aspectos del medio físico que deberá contener una caracterización del área, puntualizando para glaciares los siguientes atributos: *"Los glaciares, ubicación geográfica, área superficial, espesor, topografía superficial, características superficiales como reflectancia y cobertura detrítica, caracterización a través de un testigo de hielo, estimación de las variaciones geométricas (área y longitud) a través del tiempo usando imágenes de alta resolución, y cálculo de caudales y de aportes hídricos. Dichos aspectos deberán incorporar las áreas de riesgo con ocasión de la ocurrencia de fenómenos naturales."*

A continuación, se hace una revisión de cada atributo:

Ubicación geográfica. Actualmente, todos los glaciares cuentan con su correcta ubicación geográfica, obtenida de imágenes satelitales y otras, de amplia difusión.

Espesor. El espesor es esencial para calcular el volumen del glaciar. El espesor correcto de los glaciares se estima con información obtenida con sondajes. En glaciares descubiertos, los espesores pueden estimarse con una buena aproximación, solo de datos geofísicos (en especial el empleo de radar para hielo), aunque esto ha llevado también a significativos errores. La experiencia enseña que en los glaciares de rocas la sola exploración geofísica para determinar espesor es insuficiente y conduce a grandes errores, por lo cual al espesor de glaciares de rocas estimado de solo datos geofísicos se los clasifica como de pobre calidad o insuficiente. Buenos resultados se obtienen combinando levantamientos geofísicos para estimar espesores, ajustados con datos de sondajes.

El empleo de una fórmula paramétrica para estimar el espesor medio de un glaciar, es útil solamente como una primera aproximación, no como un dato duro.

Topografía Superficial se obtiene con modelos digitales que emplean imágenes de alta resolución. Suele requerirse las coordenadas de puntos de control en terreno.

Testigo de hielo. El testigo de hielo del glaciar, y su descripción estratigráfica, es esencial para determinar los porcentajes de hielo y detritos que componen el glaciar, y para establecer el equivalente en agua de la masa del glaciar. El Testigo es una muestra cilíndrica de roca o suelo o de hielo en el caso de glaciares, que se obtiene mediante la realización de un sondaje a través del glaciar. El testigo se emplea esencialmente para: describir la estratigrafía (composición interna) del glaciar y la densidad del material (hielo y detritos) que compone el glaciar. El sondaje también se suele ocupar para medir la temperatura del interior del glaciar (información crítica para estimar, entre otros, el aporte hídrico del glaciar a su cuenca), y su deformación (para determinar la velocidad de movimiento en la base del glaciar).

Características superficiales:

- ❖ **Reflectancia** (o albedo) es la proporción de radiación solar (onda corta) recibida por la superficie (de hielo o detritos) de un glaciar que es reflejada hacia el cielo. Se mide con radiómetro, en terreno. En glaciares de la cordillera del centro de Chile la radiación solar es el parámetro meteorológico que más importa en la tasa de fusión de superficies de nieve o hielo.
- ❖ **Cubierta de detritos.** Es la proporción del área del glaciar cubierta con detritos rocosos. Es simple de apreciar en imágenes aéreas o satelitales. Importa, y su espesor, por cuanto más de una decena de centímetros de espesor de material detrítico sobre la superficie de un glaciar reduce drásticamente la tasa de fusión de la nieve o hielo
- ❖ **Otras características superficiales** y formas importantes son, y a modo de ejemplo: grietas del glaciar, anillos de compresión, líneas de flujo, lagunas termokársticas, las velocidades de movimiento, las deformaciones y esfuerzos, bandas de impurezas, ojivas, y diversas otras que puedan ocurrir.

Variaciones geométricas (área y longitud). Los glaciares, especialmente los descubiertos, están sufriendo dramáticas reducciones en superficie y volumen, como resultado del cambio climático. Estas variaciones deben registrarse y extenderse hacia el pasado analizando los depósitos y formas glaciales que restan tras el retroceso de los glaciares. Las **Afectaciones** existentes en los glaciares, fue requerido por la autoridad al Titular del EIA de Andina 244, a ser descrita dentro del atributo Variaciones; al igual que las variaciones **Futuras** según escenarios de cambio climático.

Los **Caudales** y el **Aporte Hídrico** de los glaciares a sus cuencas son, esencialmente, el Balance de Masa menos la pérdida de masa por evaporación o sublimación (dato obtenido de un Balance Calórico). Cabe señalar que un Balance de Masa Geodésico podría elaborarse, para virtualmente todos los glaciares, a partir de imágenes aéreas, o satelitales y de alta resolución. Pero para estimar la pérdida de masa por evaporación/sublimación debe instalarse una estación meteorológica automática en la superficie del glaciar y calcular esta pérdida a partir de relaciones con otros antecedentes meteorológicos.

El Riesgo. Los mayores peligros asociados a la presencia de glaciares es la eventual ocurrencia de un deslizamiento súbito y catastrófico de todo o parte de una masa glaciar, y también el fenómeno denominado GLOF (de descarga súbita de un lago pro-glacial o supra-glacial). La condición de inestabilidad mecánica debe calcularse y debe hacerse para todos los glaciares en el área de influencia.

Los **Impactos.** Los impactos sobre los glaciares pueden ser afectaciones directas (tales como excavaciones o sobrecargas) o indirectas como la depositación de Material Particulado Sedimentable en la superficie del glaciar (esencialmente el hielo expuesto en el verano), o la superficie de nieve (incluyendo aquella en un glaciar de rocas, pues la pronta extinción veraniega de la cubierta de nieve acelera la tasa de fusión del hielo bajo la cubierta de detritos) en verano o invierno. Los impactos ocasionados antes del proyecto, de existir, deben describirse y evaluarse en las Afectaciones, los eventuales impactos actuales y con proyecto, en particular aquel ocasionado por el MPS, deben evaluarse para todos los glaciares, tanto en cuanto a cantidad como en cuanto al efecto sobre los glaciares.

Un resumen de lo estipulado en el mencionado artículo 18, letra e) está en la Tabla 1 de la Guía para la Descripción del Área de Influencia del Servicio de Evaluación Ambiental.

Por otro lado, revisando diversas Líneas de Base de glaciares que la autoridad competente ha solicitado a los titulares de proyectos, podemos encontrar estos aspectos:

Inventario de Glaciares de la cuenca en que se emplaza el proyecto. La Dirección General de Aguas del MOP ha realizado el inventario de los glaciares chilenos, pero éste debe ser actualizado porque los glaciares pueden variar significativamente en pocos años. De manera que el titular de un proyecto debe entregar un inventario actualizado de los glaciares en la, o las, cuenca en que se desarrolla el proyecto.

Plan de Seguimiento. Un plan de seguimiento debe monitorear, a lo menos, los atributos glaciares que se establecen para la caracterización de estos en el Reglamento del SEIA.

Las eventuales medidas de **Mitigación y/o Compensación.** Estas deben ser acordes a los impactos. En el proyecto se proponen medidas de control de polvo (MPS), las cuales deben revisarse tras una nueva evaluación del MPS (depositación seca y húmeda).

Las **Avalanchas** son un peligro y riesgo importante en el proyecto. Adicionalmente, las avalanchas de nieve son una forma de alimentación de los glaciares y su efecto en estos debe evaluarse.

El Permafrost, o Suelo Helado. La autoridad (y la ciudadanía) ha exigido, en estudios ambientales en zonas de alta montaña, analizar la eventual presencia de suelos helados y, de existir, la descripción y caracterización de ellos en el área del proyecto, en especial de aquellos con presencia de hielo (por estimarse estos un recurso hídrico).

Como referencia, el contenido detallado de los estudios de Línea de Base de un glaciar se encuentra descrito en el Manual de Glaciología, Volumen N°2, de Diciembre de 2008, hecho público por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas en su S.I.T. N° 167, como se observa a continuación.

10.2.4	Resultados de los análisis de estabilidad	10-18
10.2.5	Evaluación de incidencia de los parámetros en los resultados de estabilidad	10-21
11	LA INTERVENCIÓN Y MANEJO DE GLACIARES	11-1
11.1	TIPOS DE INTERVENCIÓN	11-1
11.2	EFFECTOS DE CARGAS EMPLAZADAS SOBRE GLACIARES	11-3
12	ANTECEDENTES QUE DESCRIBEN LA LINEA DE BASE DE UN GLACIAR	12-1
12.1.1	Aspectos generales	12-1
12.1.2	Información básica del entorno	12-1
A.	Cartografía e imágenes	12-1
B.	Clima	12-1
C.	Catastro de glaciares del área	12-1
12.1.3	Extensión, espesor y volumen del glaciar	12-2
12.1.4	Definición del tipo de glaciar	12-2
12.1.5	Estratigrafía del glaciar	12-2
12.1.6	Balace de masa	12-3
12.1.6.1	Balace de hielo	12-3
12.1.6.1.1	En la superficie del glaciar	12-3
12.1.6.1.2	En la base del glaciar	12-3
12.1.6.2	Balace calórico	12-4
12.1.6.2.1	En la superficie del glaciar	12-4
12.1.6.2.2	En la base del glaciar	12-5
12.1.6.3	Balace hídrico	12-5

Curso de glaciología	Índice	Página viii
----------------------	--------	-------------



GEOESTUDIOS

12.1.7	Velocidad de movimiento y tensiones en el glaciar	12-5
12.1.7.1	En superficie	12-5
12.1.7.2	En la base del glaciar (velocidad de deslizamiento)	12-6
12.1.7.3	Velocidad de deformación	12-6
12.1.7.4	Tensiones en la superficie del glaciar	12-6
12.1.8	Estabilidad general del glaciar	12-6
12.1.9	Variaciones de los glaciares	12-7
12.1.9.1	Variaciones recientes	12-7
12.1.9.2	Variaciones cuaternarias	12-7
12.1.10	Biodiversidad	12-7
12.1.10.1	Estudio de línea de base y relaciones	12-8
12.1.10.2	Análisis ecosistémico del glaciar	12-8
13	Bibliografía	13-1
13.1	Revistas	13-1
13.2	Informes	13-5
13.3	Libros	13-10

Observaciones al "Informe Línea de Base de Glaciares", de junio de 2017, realizado por Geotest para Alto Maipo

1. El informe devela la carencia de terreno glaciológico. Se asume sólo una densidad de hielo para todo el glaciar, y aparentemente no consideran la nieve que precipita cada año hidrológico (p.9).
2. En el informe expone la evolución del glaciar San Francisco (p 11), pero no se mencionan las variaciones de los espesores del glaciar. Un glaciar perfectamente puede mantener su área, pero disminuir dramáticamente su volumen y eso no se refleja en el estudio con las imágenes satelitales presentadas por el Titular, aun existiendo metodologías como las fotos aéreas capturadas por trimetrogon en el 45 y/o vuelos del SAF del 75, SRTM.
3. El informe no abarca la evolución del volumen del hielo.
4. Con respecto a los modelos que se utilizan para estimar el volumen, las fuentes usadas como referencia son válidas solamente en los lugares donde fueron realizados los estudios (Suiza, Himalaya-Karakoram). Los modelos per sé, tienen que estar validados por datos duros (por ejemplo, mediciones), y lo presentado como fuentes no se condice con los datos del informe.
5. No se mencionan los "peligros glaciares". Las dinámicas de los glaciares, en un contexto de cambio climático, podrían afectar las obras civiles del proyecto. El informe hace referencia a la evolución del glaciar El Morado, señalando que está en retroceso aumentando el tamaño y volumen de la laguna proglaciar. En el caso de un desprendimiento del frente glaciar que ocasione un tsunami y dadas la cercanía, las obras del proyecto y los trabajadores quedarían expuestos a este peligro.
6. En el informe no hay información sobre las precipitaciones solidas que son la "comida" del glaciar.
7. El informe no menciona la depositación de material en suspensión sobre la superficie del glaciar. Lo que es primario a la hora de estudiar el balance energético. Un monitoreo glaciológico debe contemplar el estudio del balance de masa y balance energético.
8. Las dinámicas de los glaciares son particulares para cada glaciar. No hay una regla general de cuanto tenga que retroceder o avanzar un glaciar. Lo que se hace es estudiar lo que estaba antes de algún evento y compararlo con post evento. Si la dinámica de un glaciar particular es baja, entonces es necesario un monitoreo temporal más extenso para establecer conclusiones.
9. Sobre las conclusiones. El informe indica: "...se concluye que el comportamiento de estos glaciares es parte de un proceso natural y explicable por cambios en los

factores ambientales de orden global.” El informe no consideró la variable humana materializada en la intervención del mismo proyecto en construcción. Y si no fue estudiada ¿es posible descartarla? Es claro que casi la totalidad de los glaciares del país presentan un balance de masa negativo y ello es desde que comenzó el retroceso de los glaciares unos 40.000 años BP. Sin embargo, dentro de ese escenario de retroceso natural y en parte por influencia humana (rol humano en el CCG), los glaciares están más sensibles a perder masa. Dado esto, cualquier intervención como las tronaduras o el uso de explosivos, provoca un mayor desequilibrio, aceleración del movimiento y desprendimientos. Es por eso que no es posible afirmar que el retroceso de los glaciares que son parte del informe se debe únicamente a variables naturales, pues la variable antrópica (y el proyecto en sí mismo) ni siquiera fue considerada ni ponderada.

10. Se presenta como Anexo un informe realizado por GEOESTUDIOS en 2011, cuando esto no fue lo solicitado. El anexo no corresponde a lo solicitado por la DGA RM. Es preciso señalar que si el Titular ya contaba con esta información desde 2011 podría haber realizado desde entonces un plan de monitoreo de tronaduras para evitar afectaciones a los glaciares. Sobre la información presentada los volúmenes están interpolados, pudiendo generar una sobre/sub-estimación del hielo.
11. En el Anexo se reconoce la existencia potencial de riesgo de deslizamiento de los glaciares, algo omitido en el informe de GEOTEST.
12. Las mediciones presentadas en el Anexo indican la gran cantidad de agua que los glaciares están presentando producto del alzamiento de las temperaturas en general y en la alta montaña en particular (En Est. El Yeso es de 0,25° C por década), el efecto aunado a la presencia de agua en el cuerpo de los glaciares, es cada vez mayor por el calentamiento global, lo que aumenta su inestabilidad. Ello sumado a uso de explosivos, que producen ondas sísmicas en el subsuelo, plantea el alto riesgo a que se están sometiendo estas masas de hielo por las obras en cuestión.
13. No queda claro cuan mínimas son las influencias sísmicas en relación con la actual condición de inestabilidad de los glaciares.
14. Se excluye la existencia de morrena de fondo, cuando es lo más frecuente y viene a representar una suerte de "rodamientos" que con mayor cantidad de agua incrementan la posibilidad de aceleraciones del movimiento de la masa de hielo. Y los contenidos de agua están claramente aumentando por el alzamiento de las temperaturas. Si a ello se suman aceleraciones sísmicas, es claro que aumenta la posibilidad de manifestaciones de inestabilidad del glaciar.
15. El 15 de junio de 2017 DGA RM emite observaciones al Informe Línea Base Glaciares, las que dan cuenta de falta de información básica de lo presentado por el titular.

Observaciones al “Informe Consolidado de Línea de Base”, julio 2017, realizado por Geotest para Alto Maipo.

1. Como lo dice el propio informe de Alto Maipo, *“Acerca de la metodología para la estimación de volúmenes de los glaciares, hay que tener presente que para este estudio no se han usado datos reales de terreno. Por ende la calidad de los resultados obtenidos depende de la similitud de las propiedades físicas (altura, pendiente, etc.) que existan entre los glaciares incluidos en los estudios de Bahr et al (1997) y Chen y Ohmura (1990) y los glaciares analizados en este informe.”* Los estudios de Bahr y de Chen y Omura no hacen referencia a glaciares en la cordillera del centro de Chile, de manera que las propiedades de los glaciares citados por esos autores pueden no ser similares a aquellas de los glaciares en Chile.
2. Como ya se dijo, el no utilizar para nada datos reales de terreno, solo similitudes con glaciares de otras cordilleras y continentes, **resta toda seriedad a un informe sobre los glaciares** en una cuenca específica de la cordillera del centro de Chile.
3. Una primera observación al cumplimiento de los requisitos de contenidos mínimos que debe aportar una Línea de Base de los glaciares se revisa a continuación.
 - Ubicación geográfica.** Todos los glaciares cuentan con su correcta ubicación geográfica, obtenida de imágenes satelitales georeferenciadas, aunque en el informe no se detalla el proceso de georeferenciación.
 - Espesor. No existe información de sondajes y/o de geofísica para calcular espesor.** Tan solo el empleo de fórmulas paramétrica (derivadas de estadística de otros glaciares, de otros países – no de Chile) para aproximarse a la estimación del espesor medio de un glaciar, es útil solamente como una primera aproximación, no como un dato duro a partir del cual calcular volúmenes. Los datos de espesor calculados con fórmula paramétrica no cumplen los requisitos mínimos de calidad de la información necesaria para calcular espesores.
 - La **Topografía Superficial** se obtiene con modelos digitales de elevación (DEM) que emplean imágenes de alta resolución para su confección. Suele requerirse las coordenadas de puntos de control en terreno. Lo presentado en los Anexos resulta incomprensible pues no va acompañado de un análisis.
 - Testigo de hielo,** no existe información alguna respecto a testigos de hielo. Suponemos que no se han realizado.

El volumen y el equivalente en agua de los glaciares descubiertos fue estimado a partir, a su vez, de estimaciones de espesor de los glaciares, a su vez calculados con fórmula paramétrica. No existe dato que soporte estas estimaciones, excepto el antecedente de estudios de años atrás, por otros especialistas, en los glaciares San Francisco y Mirador del Morado. Sólo se indica en el estudio que el equivalente en agua del porcentaje de hielo en los glaciares rocosos se calculó a partir de su volumen, el cual a su vez fue estimado en base a su espesor promedio, mientras que el porcentaje de detritos se estima según una clasificación que el autor del informe propone y que **no cuenta con soporte alguno de información de terreno.**

-Características superficiales:

- ❖ La **Reflectancia** (o albedo). No existe información alguna sobre reflectancia en los glaciares estudiados.
 - ❖ **Cubierta de detritos**. Es la proporción del área del glaciar cubierta con detritos rocosos. Es simple de apreciar en imágenes aéreas o satelitales. No existe información en el estudio. En los Anexos se encuentra una tabla sin ningún tipo de análisis.
 - ❖ **Otras características superficiales**. No existe información de otras características en la superficie de los glaciares (a modo de ejemplo: grietas, arcos de compresión, líneas de flujo, lagunas termokársticas, todas éstas incluso visibles en las figuras del informe), ni de las velocidades de movimiento, las deformaciones y esfuerzos, ni de otras características importantes que se observan en la superficie de los glaciares.
 - ❖ Las **Variaciones geométricas** (área y longitud). Solo se analizan variaciones recientes de 3 glaciares (Morado, San Francisco y Loma Larga), de 21 glaciares descubiertos y cubiertos informados por el autor del estudio. No se analiza variaciones de ningún glaciar de rocas. Aparte de los tres glaciares considerados, el estudio desconoce las variaciones que ha experimentado el resto de los glaciares.
 - ❖ Las **Afectaciones** existentes en los glaciares no se mencionan. No existe en el informe un análisis de eventuales afectaciones antrópicas; tampoco se analizan las variaciones **Futuras**, según escenarios de cambio climático.
 - ❖ Los **Caudales** y el **Aporte Hídrico** de los glaciares a sus cuencas son, esencialmente, el Balance de Masa menos la pérdida de masa por evaporación o sublimación (dato este último que es obtenido de un Balance Calórico).
 - ❖ El estudio, mediante la comparación de cotas de superficies del año 2011 y del año 2017, calcula el Balance de Masa geodésico de los 21 glaciares (blancos y cubiertos) identificados en el área de estudio, estimándose una pérdida de volumen de 30.000.000 m³ anual entre 2011 y 2017. Pero estos resultados adolecen de grandes incertidumbres, que se indican a continuación:
 - ❖ Como el propio informe lo señala, *“para el caso de los glaciares más pequeños (100.000 a 250.000 m²), los resultados no permiten evaluaciones o interpretaciones confiables debido al aumento de la incertidumbre producto de los errores de los datos de base.”*
 - ❖ **El Balance de Masa de los glaciares de rocas, simplemente, no se ha calculado.** En estos glaciares ocurre que suelen no presentar variaciones en la extensión de su superficie, pero desciende su cota, resultando una disminución del volumen. Como el propio autor del estudio comentado lo indica *“Este proceso no se puede abordar con el enfoque de V-A-Scaling empleado en el presente estudio.”*
4. El autor del informe de Alto Maipo señala que *“El equivalente de agua de las masas de hielo se puede calcular ocupando el volumen y la densidad del hielo. La densidad de hielo de glaciares corresponde a 916.7kg/m³.”* Este es **un error de concepto, la densidad del hielo en los glaciares de montaña suele estar en 820 y 900 kg/m³**. Densidades mayores solo se producen con muy altas cargas de hielo, vale decir cuando el espesor de los glaciares excede de 1.000 metros.

5. El informe calcula la pérdida de masa de los glaciares desde el año 2011 al 2017, y supone que esta variación ha ocurrido a una tasa anual de ablación uniforme. Toda la información existente respecto al clima en la Región Metropolitana señala que **esto no ha sido así**, pero no existe en el informe una indicación de la pérdida de masa en los últimos años.
6. El informe de Alto Maipo menciona exclusivamente la variación de masa de los algunos glaciares, pero **no calcula caudales ni aportes hídricos de los glaciares a sus cuencas**. Tampoco aporta mediciones de parámetros meteorológicos en los glaciares como para estimar estos valores.
7. El **Riesgo**. **No existe en el informe comentado un análisis de los eventuales riesgos** por la presencia de glaciares, aun cuando han ocurrido en áreas cercanas y se ha informado. En el pasado se han registrado deslizamientos catastróficos de masa glaciares, como el caso del glaciar del Aparejo y del deslizamiento de rocas y nieve que ocasionó numerosas víctimas en el entonces **proyecto hidroeléctrico en Alfalfal I**.
8. El informe, no menciona otros aspectos importantes de la evaluación de glaciares, como eventuales Impactos, un Plan de Seguimiento, eventuales medidas de Mitigación y Compensación y otros.
9. El informe presenta, incluso, errores como éste en la redacción (texto en otro idioma, punto 3.4 página 21): **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden**. Algo que claramente indica que el informe no fue leído detalladamente por el servicio revisor.
10. El informe concluye: *"Las investigaciones demostraron un retroceso general de los glaciares en el área de estudio para el período del estudio. ...se concluye que el comportamiento de retroceso de estos glaciares es parte de un proceso progresivo observado desde varias décadas anteriores al inicio del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo"*. Nuevamente se plantea ¿es posible descartar la influencia como variable del proyecto en el aumento de la velocidad de derretimiento que se reconoce en los glaciares del estudio?
11. Se agrega además en la conclusiones: *"Acerca de la metodología para la estimación de volúmenes de los glaciares, hay que tener presente que para este estudio no se han usado datos reales de terreno."* Como ya se mencionó, obtener datos confiables a partir del trabajo de campo o terreno es la base para un informe con buenos resultados.

El informe analiza distintos glaciares y se desprende que los que se encuentran más lejanos de la zona de intervención del proyecto son los que presentan menos retroceso. Es preocupante la situación del glaciar El Morado, pues a partir de 2013 se detona un aumento en la velocidad de retroceso. El informe presenta grandes debilidades y omite el ecosistema glaciar ni hace mediciones respecto al permafrost. No se incluye un análisis multivariado con un escenario representativo de las variables que inciden en el

territorio, como por ejemplo la variable antrópica y puntualmente no se evalúa de qué manera la intervención de la zona del Volcán Alto por parte del proyecto Alto Maipo ha influido en este aumento en la velocidad del retroceso de los glaciares.

Contar con una Línea de Base en el momento que corresponde para la toma de decisiones y que ésta contenga un buen sustento informativo y acorde a las exigencias de la ley es fundamental. En ese sentido, cobra relevancia lo señalado por la DGA Región de Atacama en el ORD N° 434, de agosto de 2017 en el punto 16: *“..justamente la discriminación de la fuente del material particulado es uno de los aspectos que más debe interesar de este Plan, constituyéndose éste en un aspecto central, más aún cuando se tiene una línea base glaciológica del área de influencia del proyecto minero carente de rigurosa caracterización, cuyo hecho finalmente redundará en la aparición de un nivel de incertidumbre significativo sobre los posibles efectos que pudieran recaer en los cuerpos glaciares presentes en el entorno directo del complejo minero.”*

Impacto de Actividades Antrópicas y Peligros Asociados a glaciares: aspectos no considerados.

La emisión, dispersión y deposición de polvo es una consecuencia directa en el desarrollo del proyecto. En el caso de la deposición de polvo sobre glaciares y nieve, muy pequeñas cantidades de polvo podrían reducir fuertemente la reflectividad de la nieve, disminuyendo el albedo de la nieve y aumentando por lo tanto la tasa de fusión.

La Estrategia Nacional de Glaciares describe los efectos de las actividades humanas en los glaciares. En el punto 5.3.1 indica: *“Aparte de los efectos generados en glaciares por el proceso de cambio climático, o la actividad volcánica, **existen actividades antrópicas que los afectan directamente. Generalmente ligadas a actividades productivas**, los glaciares se ven afectados por procesos invasivos en su superficie, que incluyen su destrucción y/o remoción como también por la deposición de material particulado, entre otras consecuencias.”*

Para el caso de la minería señala estos impactos en el punto 5.3.1.1: *“...asociados a la construcción de caminos sobre ellos, el consiguiente **flujo vehicular**, incluyendo **maquinaria y camiones...**”, **“El tránsito de vehículos motorizados genera el levantamiento de polvo el cual posteriormente se deposita sobre la superficie de glaciares descubiertos aumentando el derretimiento por la absorción de calor de las partículas.”**, **“...el aumento de la deposición de polvo sobre las superficies glaciares debido a las excavaciones, circulación de vehículos motorizados, chancado de material extraído...”**.*

La deposición de polvo en la superficie de los glaciares es uno de los impactos que les genera más daño, contribuyendo de al retroceso. La misma Estrategia reconoce este impacto en el proyecto Pascua Lama: *“...la deposición de polvo sobre glaciares descubiertos **debido al flujo de camiones y maquinaria pesada** en estos caminos, corresponden a los mayores impactos asociados a este proyecto.”*

Sobre estas acciones y la relación con el polvo en suspensión se menciona en el ORD N° 434 DGA Región de Atacama, del 21 de agosto de 2017 en el contexto del proyecto Pascua Lama: *“...la depositación de material particulado sobre los cuerpos de hielo significa un acción física de intervención de carácter indirecto, toda vez que, eventualmente, dicho material puede tener como fuente emisora directa las múltiples labores mineras vinculadas intrínsecamente al proyecto (tronaduras, carga y descarga de material, así como tránsito permanente de vehículos menores y de alto tonelaje).”, “...un chequeo oportuno de los efectos que pudiesen afectar a los cuerpos de hielo presentes en el área de influencia del proyecto permitiría minimizar la ocurrencia de eventos de disminución del albedo por causas antrópicas...”*

Si bien este tipo de actividades se mencionan para la minería, estas mismas acciones las podemos observar en la construcción del proyecto Alto Maipo.

La Estrategia detalla en el punto 5.3.1.2 los impactos en los glaciares asociados a las obras hidráulicas como hidroeléctricas: *“...también pueden generar una serie de impactos directos e indirectos sobre los glaciares. Desde la fase de estudios para centrales hidroeléctricas, centrales de paso y bocatomas hasta la implementación, construcción y funcionamiento de las mismas.”*, ***“...emisiones de ruido asociados principalmente a maquinaria pesada y tronaduras; emisiones atmosféricas de material particulado; efluentes líquidos (aguas servidas y residuos líquidos industriales); residuos sólidos (domésticos, industriales peligrosos y no peligrosos).”***, *“En la etapa de implementación, existe la posibilidad de cambios asociados a la construcción de represas para generación de energía hidroeléctrica, que pueden afectar a los glaciares directa y/o indirectamente (Bogen, 1989). En el primer caso existen ejemplos en Noruega donde se han construido túneles bajo glaciares (Clarke, 2005) y represas cerca de frentes glaciares, generándose un cambio de glaciar con frente sobre tierra a ser un glaciar con el frente en laguna proglaciar. Ello evidentemente aumentó la tasa de pérdida de masa debido a que comenzaron procesos de desprendimiento de hielo (calving). La presencia de lagos proglaciales puede ser un factor del aumento de la ablación en los glaciares (Raymond et al., 2005). **Por otro lado, se pueden esperar cambios en los glaciares, si se construyen represas, aguas abajo de los glaciares. Estos nuevos cuerpos de agua podrían modificar la topoclimatología del valle, con lo que en definitiva se producirían cambios en el balance energético y de masa de los glaciares, por ejemplo debido al aumento de la humedad.**”*

La construcción de un túnel de profundidad variable podría potencialmente producir dos impactos: a) perturbación del régimen térmico del suelo o lecho rocoso asociada a la construcción del ducto y sus respectivas faenas (e.g. remoción de roca) y b) modificaciones al régimen térmico asociada a la operación del ducto. El grado en que el ducto o túnel afectará el régimen térmico del permafrost dependerá de la temperatura del material conducido, es decir, agua. Un caudal de agua con temperatura cercana a 0°C podría tener efectos en el descongelamiento del permafrost. Alteraciones en el régimen térmico del permafrost en profundidad podrían potencialmente tener consecuencias en la estabilidad de glaciares y laderas.

En cuanto a los peligros asociados al derretimiento de los glaciares, la Estrategia describe en el punto 2.4.2: *“Por otro lado, el derretimiento de los glaciares está causando el **aumento de tamaño de lagos periglaciales** en Chile, al igual como sucede en otras cordilleras del mundo, lo que podría **gatillar a futuro una mayor frecuencia de***

crecidas glaciales. Y, también pueden darse otros tipos de fenómenos asociados a glaciares que pueden afectar a la comunidad como las avalanchas de hielo, inundaciones, lahares, entre otros.”

Se agrega en el punto 5.2: **“En la actualidad, el retroceso de los glaciares proporciona una serie de procesos que genera potenciales peligros, donde cualquier característica o fenómeno de carácter glacial que afecte de forma negativa las actividades humanas, directa o indirectamente, puede ser considerado como un “riesgo glacial”.** Además, dentro del actual y previsto escenario de cambio climático, se espera que la frecuencia, y en algunos casos la magnitud de los riesgos de origen glacial, aumenten (Reynolds Geo-Sciences Ltd, 2003). Así, los peligros asociados a glaciares y a lagos glaciales amenazan comunidades y actividades comerciales en muchas cordilleras del mundo (Quincey et al., 2005), incluyendo a los Himalayas (Richardson & Reynolds, 2000), los Andes (Carey, 2005), los Alpes Europeos (Huggel et al., 2004b & 2005), las North American Rockies (Clague & Evans, 2000) y las montañas del Cáucaso (Kääb et al., 2003). Estos peligros están asociados a avalanchas de hielo, variaciones en la longitud de un glaciar, la desestabilización de paredes rocosas, repentinas descargas desde lagos glaciales, la combinación o reacción en cadena de varios de estos fenómenos (Kääb et al., 2005b), entre otros.”

Sobre el peligro asociado al permafrost se señala en el punto 5.2.2, letra b): **“Un aluvión de aproximadamente $5,5 \times 10^6$ m³ ocurrió el 29 de noviembre de 1987 en el río Colorado, Andes centrales, 100 km al este de Santiago, el cual fue gatillado por una gran caída de rocas en el estero Parraguirre, durante un año cálido y de alta precipitación que coincidió con un evento el Niño. El aluvión dejó 29 muertos y graves daños en parte de las instalaciones y equipamiento de las centrales hidroeléctricas El Alfalfal y Los Maitenes (Casassa & Marangunic, 1993).”**

En el mismo punto, letra i) Combinación de procesos: **“Existe un importante número de casos registrados en Chile, donde varios fenómenos explicados anteriormente de forma separada se combinan, generando alguna catástrofe. Por ejemplo, ríos o fiordos pueden ser temporalmente represados por el avance de la lengua de un glaciar, como lo sucedido en el valle del río Olivares en 1954, donde el avance del glaciar Juncal Sur obstruyó el drenaje normal de los glaciares Olivares Alfa, Olivares Beta y Olivares Gamma (Figura 5.9), Andes Centrales, generando una pequeña laguna en la cabecera del valle del río Olivares, que posteriormente se vació, interrumpiendo la operación de la central hidroeléctrica El Alfalfal (Lliboutry, 1956; Peña & Klohn, 1990; Carrión, 2007).”**

La emisión de polvo por las actividades asociadas a la construcción del proyecto Alto Maipo y su posterior y eventual depositación en los glaciares del área de influencia del proyecto son elementos esenciales en el monitoreo de los cuerpos de hielo para determinar si existe o no este impacto. Asimismo, el peligro asociado a los efectos del retroceso de los glaciares debiera ser analizado, pues deja expuestos a los trabajadores del proyecto, turistas, habitantes, arrieros y animales.

PRINCIPALES CONCLUSIONES

- Los glaciares juegan un rol fundamental en el abastecimiento de agua en condiciones desfavorables. De ahí que su protección debiese ser el eje central de la toma de cualquier decisión por parte de los servicios.
- La construcción del Túnel El Volcán, en la zona del Alto Volcán contempla el uso de tronaduras de forma permanente, incluso las 24 horas del día, todos los meses del año.
- Alto Maipo realizó tronaduras para el Túnel El Volcán sin contar con el requisito establecido en el punto 7.3.5 de la RCA y no notificó a la autoridad.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones presenta incongruencias con resoluciones de servicios.
- En resolución de DGA RM se indica que los primeros 7,1 km del túnel El Volcán se construirían con el método Drill and Blast. El trazado del túnel pasa por debajo del Monumento el Morado a partir del kilómetro 4. Es decir, hay por lo menos 3 km bajo El Morado proyectados con tronaduras.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones no se plantea como una herramienta permanente, lo que lo hace poco efectivo y sin visión preventiva.
- Programa de Monitoreo de Vibraciones no propone una red de puntos de medición y la ubicación de los geófonos responde a aspectos de facilidad de acceso y no fueron definidos bajo criterios técnicos que permitan obtener una mejor información, por lo tanto no es representativo.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones está basado en una norma de referencia que no aplicable en glaciares.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones transgrede Decreto 40 del 2013 sobre Reglamento del SEA en el artículo 11.
- En el proceso de evaluación nunca fue medido el impacto de estas tronaduras bajo los glaciares y otros elementos del glaciostema del Monumento y alrededores ni tampoco los impactos de la TBM; por lo tanto no es posible garantizar que NO se registrarán impactos o efectos negativos sobre éstos por las tronaduras y la TBM, tal como lo afirma el Titular.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones solo menciona glaciares dentro del Monumento El Morado excluyendo los glaciares fuera de éste y también, a otras formas del glaciostema que pueden verse afectadas por las tronaduras y a su vez tener impacto sinérgico en los glaciares.
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones no presenta algo tan básico como cartografías de apoyo
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones no contempló monitoreo cerca a cota del frente glaciar, por lo tanto transgrede lo solicitado por DGA RM
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones no evalúa ondas aéreas ni Efectos Sinérgicos.
- Las vibraciones son consideradas contaminantes por la Ley 19.300
- El Programa de Monitoreo de Vibraciones No contempla, el aviso a la autoridad si la norma es superada.
- SERNAGEOMIN hace la precisión de que aprueba el programa de monitoreo respondiendo más bien a la forma que al fondo, pues dice que como es obra civil y no minera no tendría la competencia. Por lo tanto, DGA RM aprueba Programa de Monitoreo de Tronaduras ¿bajo qué especialidad técnica?

- El PdC transgrede Decreto 30 de 2013 del sobre Programas de Cumplimiento en el artículo 7 letra b), y artículo 9 letra b).
- La SMA trasgrede Lley 20417, artículo segundo, Título 1, Párrafo 1, artículo 3 letra d).
- El PdC presentado por el Titular afirma que no existe daño a los glaciares, pero ¿cómo es posible determinar que no existe daño y afectación a los glaciares si no hay información con la que se pueda contrastar la situación actual?
- El PdC para el cargo 12, está basado en el Programa de Monitoreo de Vibraciones, el que presenta serias deficiencias.
- DGA RM solicita a Alto Maipo una Línea Base de glaciares. Esto ocurre 8 años después de aprobado el proyecto. Es decir, el proyecto en su EIA nunca presentó esta información, pues tampoco fue solicitada por ningún Servicio. Se aprobó un túnel para conducir agua cuyo trazado cruza por debajo de glaciares sin conocer la Línea base con información fundamental para la toma de decisiones.
- Por otro lado, DGA RM condiciona la aprobación de Programa de Monitoreo sujeto a entrega de información de Línea Base. Esta Línea Base no cumple, si quiera, con los requerimientos establecidos en el reglamento del SEA. Aun así DGA RM, lo aprueba. Se obvia también lo relativo a los riesgos asociados a un glaciar, tal como el peligro de tsunami por laguna glaciar en crecimiento dada la aceleración en retroceso, es decir, aumento del derretimiento.
- Línea base transgrede Decreto 40 del 2013 sobre Reglamento del SEA en artículo 18, letra e).
- Línea Base se encuentra desprovista de antecedentes que permitan definir con suficiente certeza el estado de conservación de los glaciares sin intervención antrópica asociada al proyecto. Las dos versiones de los informes de Línea Base de glaciares realizadas por Geotest para Alto Maipo presentan serias inconsistencias y carencias de contenido, metodologías y análisis.
- De forma unilateral, el titular indica que construirá el túnel con una metodología distinta a lo aprobado por DGA RM. Alto Maipo plantea cambiar la metodología de construcción del túnel El Volcán. Indica que hará el tramo bajo el Monumento El Morado con tunelera, TBM. El impacto de esta máquina no fue medido en el proceso de evaluación del proyecto ni fue presentado en el EIA.
- Tanto el Programa de monitoreo y a su vez la aprobación de DGA RM, no contemplan el contexto geológico adverso para la construcción del túnel. Esto queda de manifiesto en los informes realizados por la ex contratista CNM en donde argumenta las complicaciones en las obras debido a la complejidad del material rocoso, lo que induce a la inviabilidad del túnel.
- No existe ninguna relación entre la información solicitada como Línea Base y el Programa de Vibraciones.
- La emisión de polvo como consecuencia del proyecto y su eventual depositación sobre los glaciares no está evaluada. Tampoco los peligros asociados al derretimiento de los glaciares.

Como quedó expuesto, el Programa de Monitoreo de Vibraciones, su Actualización y su Informe de Resultados, dadas sus carencias e incongruencias y trasgresión al marco legal, no debió ser aprobado ni por SERNAGEOMIN ni por DGA.

La Línea Base solicitada por la DGA RM no cuenta con los requerimientos establecidos por ley. Por lo tanto, el PdC de Alto Maipo para el cargo 12, basado en dicho Programa y en la Línea de Base, debe ser rechazado.

Por todos los antecedentes expuestos que demuestran la situación de desprotección del Monumento El Morado y sus glaciares, así como de los glaciares circundantes y de otras formas del glaciostema, producto de la carencia de estudios en profundidad; también, por los eventuales daños ya causados por las obras constructivas del proyecto hidroeléctrico y los que pueden provocar las próximas actividades de esta empresa, es que solicito el total rechazo del Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo Spa y la continuación de Procedimiento con el propósito de aplicar el máximo de sanciones al proyecto hidroeléctrico Alto Maipo, RCA N° 256/09


 

María Jesús De Los Ángeles Martínez L.

Dirección:

Teléfono:

Correo: