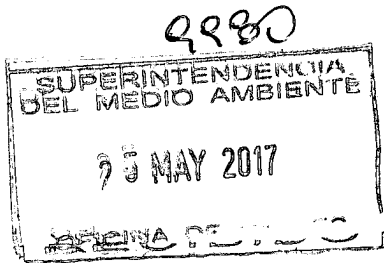


ANT.: Res. Ex. N° 9/ROL D-001-2017 y Res. Ex. N° 8/ROL D-001-2017.

REF.: Expediente Sancionatorio ROL D-001-2017.

MAT.: 1. Evacua traslado y presenta observaciones a las actas de inspección que indica; 2. Acompaña informes periciales que indica; 3. Entrega información requerida.



Santiago, 25 de mayo de 2017

Claudio Tapia

Fiscal Instructor

División de Sanción y Cumplimiento

Superintendencia del Medio Ambiente

Presente

ANDRES CABELLO BLANCO, en representación de **ALTO MAIPO SpA.** (en adelante e indistintamente, "**Alto Maipo**"), titular del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (en adelante e indistintamente, "**PHAM**"), en procedimiento de sanción D-001-2017, vengo en evacuar el traslado conferido en el Resuelto II del acto administrativo del ANT., en relación a la diligencia de inspección personal efectuada los días 18 y 20 de abril de 2017 en dependencias del PHAM, respecto de la cual se ha incorporado al expediente dos acta de inspección y sus anexos.

En razón de ello, y considerando que los plazos conferidos por la Res. Ex. N° 8 han sido ampliados en dos días hábiles, de acuerdo a la Res. Ex. N° 9/Rol D-001-2017, este traslado se evacúa dentro del plazo conferido.

Se efectúan a continuación las observaciones y consideraciones que nos merece las actas de inspección de la diligencia, que solicitamos tener especialmente a la vista al momento de emitir su pronunciamiento sobre el programa de cumplimiento presentado por Alto Maipo en el marco del procedimiento de sanción antes referido. Asimismo, se acompañan los informes periciales que indican en la forma y plazo conferido, y por último, se da respuesta al requerimiento de información de la resolución de ANT, acompañando los antecedentes requeridos.

**I. OBSERVACIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS RESPECTO DE LAS ACTAS DE LA
DILIGENCIA DE INSPECCIÓN PERSONAL DECRETADA POR LA RES. EX N°5/ROL D-
001-2017.**

Con el objeto que contribuir a una contextualización y apreciación más precisa de los antecedentes que constan en el expediente sancionatorio y en particular el programa de cumplimiento presentado por Alto Maipo el pasado 16 de febrero, así como representar en forma más ajustada a la realidad el desarrollo de la diligencia, efectuamos las siguientes solicitudes de modificación o rectificación del contenido de las actas de la diligencia de inspección personal.

1. Acta de Inspección de fecha 18 de abril de 2017.

a) Punto 12

Reemplazar la frase *“A las 12:10 se arriba al camino VA4 en sector puente El Yeso, el cual es paralelo en el tramo al camino al embalse El Yeso, encontrándose este último más*

arriba” por “A las 12:10 se arriba al camino de acceso al puente El Yeso, el cual es paralelo en el tramo al camino público Ruta G-455 camino al embalse El Yeso, encontrándose este último más arriba”.

b) Punto 29

Reemplazar el punto 29 por el siguiente: “La afectación de la zona aguas arriba del camino VA4 se produjo, en primer lugar, con la construcción del camino público ruta G455. Posteriormente, aguas abajo del camino público se realizaron las intervenciones de PHAM y de Aguas Andinas. La intervención de PHAM produjo la pérdida de vega en la porción donde se construyó el camino de acceso al Puente El Yeso, denominado camino VA4, y el deterioro de la porción aguas abajo del mismo, pero no ha tenido efectos sobre el sector que se encuentra entre la ruta G455 y el camino construido por PHAM. La construcción del ducto CAYA de Aguas Andinas intervino el sector ubicado entre la ruta G455 y el camino hacia VA4, profundizando la afectación en esa porción.”

c) Punto 31

En donde indica que “las obras de Aguas Andinas se habrían construido primero” debe decir “la intervención de Aguas Andinas fue posterior a la intervención del PHAM por el camino a VA4 y coetánea a la implementación de la pista de rodado del referido camino”.

d) Punto 64

En donde indica “(...) los primeros 48 metros de construcción del túnel se realizaron con TBM”, debe decir “los primeros 48 metros de construcción del túnel se realizaron con excavadora”.

e) Punto 68

Luego de indicar “para ser utilizada en VA4”, agregar al párrafo lo siguiente “debido a condiciones geológicas distintas a las esperadas”.

f) Punto 73

Donde dice *“MC indica que se hace en base a sondajes progresivos durante la construcción de los túneles”*, debe decir *“MC indica que se hace en base a sondajes progresivos de 30 metros, durante la construcción de los túneles”*

g) Punto 75

Luego de indicar *“(correspondiente a los primeros 120 metros)”*, agregar *“posteriores a la excavación con excavadora”*.

h) Punto 79

Reemplazar *“AO”* por *“MC”*.

i) Punto 86

Agregar al final del párrafo, luego de indicar *“cota 14+060 m”* lo siguiente: *“que corresponde a la distancia medida desde V1 hacia V5”*.

j) Punto 94

Reemplazar la palabra *“inyectada”* por *“recirculada”*.

k) Punto 102

Reemplazar *“SF”* por *“MC”*.

l) Punto 120

Reemplazar el párrafo 120 por el siguiente: *“AC señala que las obras aguas arriba del camino VA4 corresponden al proyecto CAYA de Aguas Andinas, acueducto que lleva agua desde el embalse El Yeso hacia Laguna Negra, aprobado el año 2010, y cuya construcción se habría realizado entre los años 2012 a 2013.”*

m) Punto 123

Reemplazar *“(2 de 88 m³ cada uno)”* por el *“(2 de 50 m³ cada uno)”*.

n) Punto 127

Reemplazar el párrafo 127 por el siguiente: *“NS indica que en planta se mide pH y T°, y que la verificación de la calidad del efluente para humectación de caminos se realiza mensualmente por un laboratorio externo acreditado en base a la NCh 1333.”*

o) Punto 134

Reemplazar el párrafo 134 por el siguiente: *“A las 16:50 se sale hacia V5”*.

2. Acta de Inspección de fecha 20 de abril de 2017.

a) Punto 54

Reemplazar *“ILL”* por *“HLL”*.

b) Punto 65

Reemplazar el párrafo 65 por el siguiente: *“NS indica que la planta correspondiente al frente VA1 no está descargando, pero que ésta si lo ha hecho durante algunos meses de invierno (Anexo 2, imagen DSC 1826. JPG).”*

II. ACOMPAÑA INFORMES PERICIALES QUE INDICA

Asimismo, en este mismo acto, encontrándome dentro de plazo y en conformidad al Resuelvo III de la Res. Ex. N° 8/Rol D-001-2017, vengo en presentar los siguientes informes periciales:

- **Informe pericial “Actividad de Inspección Personal de la Superintendencia del Medio Ambiente del PHAM”, elaborado por el señor Aramando Olavarría Couchot.**

El señor Armando Olavarría Couchot es Ingeniero Civil Minas de la Universidad Técnica del Estado, Diplomado en Desarrollo Organizacional y Gestión Estratégica de Empresas Universidad de Chile. Programa Formación Gerencial Universidad Adolfo Ibáñez. CEO Executive Program Kellog Graduate School of Management 2001 California USA.

El Informe Pericial del señor Olavarría presenta su apreciación especializada de los hechos observados en la inspección personal, asociada directamente con la construcción de los túneles del PHAM, instalaciones visitadas en la diligencia de inspección.

En sus conclusiones respecto de las acciones propuestas por Alto Maipo en el Programa de Cumplimiento, el perito adjunto expresa lo siguiente:

El Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano representa es la técnica más utilizada y reconocida para el control de la tronaduras, porque permite examinar en detalle el proceso de la tronadura, en particular, los niveles de velocidad de partículas que genera la tronadura de cada una de las cargas explosivas introducidas en los tiros.

El procedimiento de pregrouting implementado por Alto Maipo es habitual en la construcción de túneles porque permite generar una cortina mediante paraguas troncocónicos solapados. Reduciendo la permeabilidad del macizo rocoso y con ello mitigando el ingreso de agua al túnel. Se trata de una de las medidas más eficaces para este propósito. El uso de sondajes de exploración, no habitual en la construcción de túneles, potencia la eficacia del pregrouting, al permitir detectar oportunamente las zonas con mayor permeabilidad.

En relación al grouting post-excavación, es una efectiva práctica, que generalmente es aplicado en posteriores reducciones de infiltraciones de agua al término de la construcción de los túneles para así no interferir con la productividad y el avance del túnel. Anticipar el post grouting o impermeabilización final en paralelo con la construcción el túnel, es una medida eficiente para disminuir las infiltraciones de agua.

La efectividad del pre y post grouting, se evidencia en visita a terreno en el sector de VL4 acceso a caverna Las Lajas y VL5. Con post grouting, sólo se ven manchas con humedad.

En suma, el informe del señor Olavarría da cuenta que el PHAM ha propuesto acciones eficaces a efectos de contener, reducir o eliminar los efectos de los hechos que constituyen la infracción imputada.

- **Informe pericial “ Actividad Inspección Personal del Camino VA4, y Vega EY-1, de la Superintendencia del Medio Ambiente en procedimiento de sanción ROL D-001-2017”, de 22 de mayo de 2017, elaborado por el señor Mauricio Lemus Vera.**

El señor Mauricio Lemus Vera es Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, especialista en rehabilitación de ambientes degradados.

El Informe Pericial del señor Lemus presenta su apreciación especializada de los hechos observados en la inspección personal, en particular en el sector donde se emplaza el camino de acceso al puente El Yeso, denominado Camino VA4 y sus zonas aledañas. En sus conclusiones, el perito expresa lo siguiente:

Las vegas presentes en la zona presentan una degradación basal debido a intervenciones producidas por la implementación de obras de infraestructura, como el camino público G455, junto con otros proyectos y el pastoreo tradicional al que están expuestas las vegas, a los que se suma la intervención del camino de acceso al puente El Yeso realizado por PHAM.

La ejecución del camino de acceso al puente El Yeso generó una afectación de la vega por pérdida (carpeta de rodado sobre vega), y alteración de la vegetación por interrupción de la irrigación que escurre hacia aguas abajo del camino.

De la observación de la flora presente y la topografía del lugar, se deduce que la formación de vega no es continua en el área de implementación del camino de acceso al puente. La implantación del camino habría afectado manchones de vega y matorral. La formación vega está acotada por la topografía a las áreas que históricamente han recibido

aportes de agua y esta superficie inclusive en los años más favorables no ocupa toda la superficie del camino.

Existen singularidades topográficas dadas por el relieve que guían el paso de agua y por lo tanto determinan el desarrollo de vegetación azonal en aquellas áreas que reciben el aporte hídrico, por lo cual se estima necesario precisar la superficie de vega afectada por construcción del camino.

En relación a las acciones propuestas en el Programa de Cumplimiento comprometido por PHAM, se estima que las acciones comprometidas son las apropiadas, ya que el proceso fundamental para recuperar el área perturbada aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso consiste en elaborar un diagnóstico de la vega afectada para diseñar acciones de mejora y enriquecimiento del paño de vega alledaño al camino de acceso al puente El Yeso que considera restituir el aporte hídrico en las zonas afectadas aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso. Mientras que para el área donde se produjo la pérdida de superficie de vega por el emplazamiento del camino de acceso, el suscrito sugiere implementar una medida de compensación que resulte equivalente a la afectación

En conclusión, el informe del señor Lemus confirma que el Programa de Cumplimiento presentado por PHAM es eficaz en cuanto permite contener, reducir o eliminar los efectos de los hechos que constituyen la infracción imputada, sin perjuicio que es posible reforzar la acción asociada a la pérdida de vega en el área de emplazamiento del camino.

III. ENTREGA INFORMACIÓN REQUERIDA EN EL RESUELVO IV DE LA RES. EX. Nº8/ROL D-001-2017

En cumplimiento de lo requerido mediante Resuelvo IV de la Res. Ex. Nº 8/ROL D-001-2017, nos referimos a continuación a la información solicitada a partir de lo observado durante el curso de la diligencia.

Los documentos solicitados se acompañan en soporte papel y digital (CD).

i. “Acto de constitución de servidumbre asociada al Camino VA4”

Se adjunta en Anexo 1 a esta presentación las secciones pertinentes de **la escritura pública de constitución de la servidumbre de tránsito asociada al camino VA4, de fecha 15 de septiembre del año 2010**, Repertorio N° 6951/2010 otorgada ante el señor Gonzalo Mendoza Guiñez, Notario Público suplente de la Notaria Antonieta Mendoza, titular de la Décimo Sexta Notaría y Conservador de Minas de Santiago.

Conforme da cuenta la citada escritura, en particular en la cláusula cuarta, literal d) del citado instrumento, la servidumbre abarca en el predio serviente una franja de terreno de una longitud de 338 metros, un ancho de 10 metros y una superficie total de 3380 metros cuadrados, según se diagrama en el plano **PL-AM-DGP, 24, Láminas 1 y 2, Revisión B**, protocolizado con fecha 20 de junio de 2013, y agregado al registro del mismo mes de bajo el N° 1.398, que también se acompañan a esta presentación.

ii. “Levantamiento topográfico realizado durante la construcción del camino VA-4, con las dimensiones del mismo”

Se acompaña en Anexo 2 a esta presentación levantamiento topográfico solicitado en formato PDF. El levantamiento topográfico que da cuenta el **plano N° 6172-TO-SKT-0201** acompañado, se realizó con la topografía Lidar del año 2006, que corresponde a la utilizada para la construcción del camino VA4 del PHAM.

Al analizar el emplazamiento del camino de acceso al Puente El Yeso con relación a la distribución de las curvas de nivel presentes en el plano, se desprende que este presenta pendientes que varían entre 7,2 y 14,5% con un promedio de 9,8 %, lo que es consistente con el estándar de pendiente máxima que puede tener un camino de este tipo para asegurar el tránsito y desplazamiento seguro de vehículos, camiones y maquinaria.

De este modo, se comprueba que la intervención para la construcción del camino se encuentra acotada a la pendiente máxima (11 %) requerida para este tipo de caminos de conformidad con lo establecido en el Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad.

iii. *“Imagen en formato shape y KMZ de la línea de base que identifica la vega EY-1 en su totalidad , complementaria a la figura 5.4.1.3.28 del Capítulo 5 del Capítulo 5 del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto.”*

Se acompaña en Anexo 3 imagen solicitada tanto en formato Shape como en KMZ.

iv. *“Informe de resultados obtenidos del período de diagnóstico asociado a la acción 1.1. de la propuesta del Programa de Cumplimiento de fecha 16 de febrero de 2017, relativa a la vega EY-1, junto con los principales materiales e información geográfica utilizados para la elaboración de dicho diagnóstico, tales como imágenes satelitales, polígonos y coberturas en formato shape y KMZ”*

Conforme a lo comprometido en el Programa de Cumplimiento presentado con fecha 16 de febrero de 2017, se acompaña ***“Diagnóstico de la vega EY-1 en el sector de acceso al Puente El Yeso”***, del señor Santiago Ríos, Ingeniero Forestal, experto en rehabilitación ambiental. Este diagnóstico da cuenta de lo siguiente:

- Se identificó una formación vegetal azonal de vega ubicada al lado oriente del camino público ruta G-455 (aguas abajo de la ruta G-455) en el sector de acceso al puente El Yeso. Dicha formación vegetal se considera un fragmento de la denominada vega EY-1 del estudio de impacto ambiental, dado que depende del mismo sistema hídrico. Dicha fragmentación se debe al emplazamiento de la citada ruta G-455.
- Se determinó que el fragmento de la vega EY-1 ubicada aguas abajo de la ruta G-455 tenía una superficie potencial de 2.208 m² previo a la intervención del camino

de acceso al puente El Yeso. Dicha determinación de superficie se hizo considerando la máxima expresión de desarrollo de la vega observada en imágenes aéreas y satelitales históricas. Este fragmento de vega fue intervenido el año 2012 por la construcción del acceso al puente EL Yeso, y luego por otras obras civiles ajenas a Alto Maipo.

- La construcción del camino de acceso al puente El Yeso produjo la intervención y eliminación de vegetación de vega, en un área de 446 m², debido a la habilitación de la faja para la calzada del camino y para las áreas de terraplén y obras de seguridad. Además, la compactación del suelo y la adición de la carpeta de áridos de esta obra produjeron la obstrucción del flujo de agua proveniente de las cotas superiores, generando la degradación del fragmento de vega que quedó aguas abajo del camino de acceso. Se determinó que la superficie de este fragmento de vega degradada es de 789 m². La degradación de la vega se manifiesta por la presentación de un hábitat menos húmedo, menor riqueza de especies, cambio en la composición, disminución de la cobertura vegetal, así como cambios en el suelo.
- A partir de lo observado en terreno y los resultados del presente diagnóstico, se plantea, que existen las condiciones para abordar, en una segunda etapa, la preparación de un Plan de rehabilitación del parche de la vega EY-1 que fue afectado por la construcción del camino de acceso al puente El Yeso del PHAM, que considere la compensación del fragmento de vega que fue eliminado y la recuperación del fragmento que se encuentra degradado.

v. ***“Procedimiento vigente y actualmente en modificación de aplicación de impermeabilizaciones en túneles del Proyecto, con documento que indique las secciones que están siendo objeto de modificación”***

En Anexo 5 se acompaña procedimiento vigente de aplicación de impermeabilizaciones en los túneles del Proyecto correspondiente al denominado ***“Procedimiento de cementación de pre y post excavación SAM-PR-21”***, de agosto de 2015.

Asimismo, considerando que el procedimiento citado se encuentra actualmente en revisión para su actualización de conformidad con lo comprometido en el Programa de Cumplimiento presentado en febrero pasado, las principales modificaciones de que será objeto se resumen a continuación:

1. Incorporación de los criterios de construcción, escenarios y tasas de afloramiento del Anexo 45 del EIA.
2. Definición de los eventos de alta filtración conforme a lo descrito en el Anexo 45 del EIA que gatillan exigencia de aviso a esta Superintendencia, forma y aviso de dicho plazo.
3. Se incorporará una sección que describa en términos generales en procedimiento para evaluar las filtraciones en secciones excavadas de los túneles y la elaboración de un cronograma de aplicación de post-grouting.

vi. “Procedimiento ante contingencias relativas a exceso de agua en túneles y plantas de tratamiento”

En Anexo 6 se acompaña procedimiento ***“Manejo de contingencia por superación de capacidad del sistema de tratamiento de aguas de infiltración”***, ENV-PCD-013, de mayo de 2017.

:

Por tanto, y con el mérito de esta presentación,

Solicito a Ud. se sirva,

- a) Tener por evacuado el traslado conferido respecto de las actas de la diligencia de inspección personal y proceder a efectuar las modificaciones o rectificaciones que procedan, o en su defecto, tomar nota de las observaciones efectuadas para efectos de la valoración de los hechos observados.
- b) Tener por acompañados los informes periciales que indica.
- c) Tener por cumplido el requerimiento de información formulado.



ANDRES CABELLO BLANCO

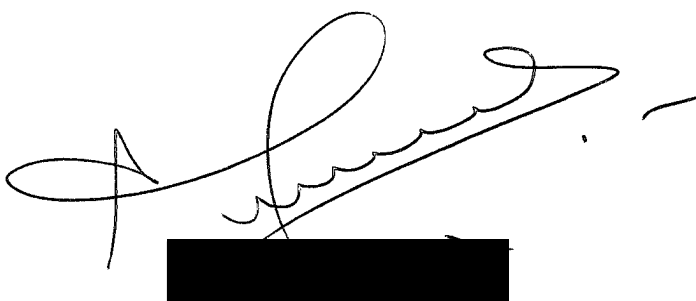
p.p. ALTO MAIPO SPA.

INFORME PERICIAL

**VISITA DE LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE A LAS
INSTALACIONES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO,
18 Y 20 DE ABRIL DE 2017 ORDENADA POR LA RES. EX. N° 4/Rol D-
001-2017**

PROCEDIMIENTO DE SANCIÓN

ROL D-001-2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Armando Olavarría Couchot', is written over a solid black rectangular redaction box.

Perito: Armando Olavarría Couchot

Ingeniero Civil Minas, Universidad Técnica del Estado

Tabla de Contenidos

I. INTRODUCCIÓN	3
II. ANTECEDENTES GENERALES DE LA DILIGENCIA DECRETADA POR LA RES. EX. N° 4/ROL D-001-2017 DE LA SMA	3
III. OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME	7
IV. APRECIACIÓN EXPERTA DE LOS HECHOS OBSERVADOS EN LA VISITA RESPECTO DE LOS CARGO N° 12 Y 14 Y SU RELACIÓN CON LA EFICACIA DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS PRESENTADO POR ALTO MAIPO	7
VI. CONCLUSIONES	26
ANEXOS.....	29

I. INTRODUCCIÓN

Armando Olavarría Couchot, Ingeniero Civil en Minas por la Universidad Técnica del Estado, experto en construcción y operación de faenas mineras subterráneas, Director del Comité de Túneles y Espacios Subterráneos de Chile, presenta el siguiente Informe Técnico Pericial asociado a la visita de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) a las instalaciones del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, diligencia decretada por Res. Ex. N° 4/Rol D-001-2017, en el marco del procedimiento sancionatorio Rol D-001-2017 seguido por dicha entidad contra Alto Maipo SpA, “con el fin de observar, geo referenciar y fotografiar en terreno, las áreas y estructuras” relacionadas con las acciones que indica, que forman parte de la propuesta de programa de cumplimiento presentada por el titular.

Fue designado como perito por Alto Maipo SpA según consta en escrito de fecha 05 de abril de 2017 (documento N° 40 del expediente electrónico), calidad que fue reconocida por la SMA mediante Res. Ex. N° 5/Rol D-001-2017.

Este informe presenta los antecedentes generales del procedimiento de sanción y de la inspección referida;; luego se detalla la inspección realizada, se entrega apreciación experta de los hechos observados en la visita relacionados con los Cargos n° 12 y 14 y su relación con la eficacia del plan de acciones y metas presentado por Alto Maipo SpA y finalmente, se entregan sus resultados y conclusiones.

II. ANTECEDENTES GENERALES DE LA DILIGENCIA DECRETADA POR LA RES. EX. N° 4/ROL D-001-2017 DE LA SMA

Mediante Res. Ex. N° 1/Rol D-001/2017, la SMA formuló cargos en contra de Alto Maipo SpA por catorce hechos, actos u omisiones que estima constituyen una infracción tipificada en el artículo 35 letra a) de la Ley Orgánica de la SMA.

Conforme a lo que establece en el Considerando N° 17 de la Res. Ex. N° 4/Rol D-001/2017, la diligencia se decreta *“con el fin de observar, geo referenciar y fotografiar en terreno, las áreas y estructuras relacionadas con las acciones 1.1, 1.2 (cargo N°1), 12.3 (cargo N° 12), 14.1 y 14.2 (cargo N° 14) de la propuesta de Programa de Cumplimiento presentada por el titular. En particular, los frentes de trabajo asociados a los portales VL4, VL5, VA1, VA4, V5 y el camino VA4 en la sección que intersecta la vega EY-1.”*

Los cargos y las acciones asociadas objeto de la diligencia de la SMA se detallan en la siguiente tabla. Se hace presente que el presente informe se refiere exclusivamente a los cargos N° 12 y 14.

Tabla 1 Alcance de la diligencia decretada por Res. Ex. N° 4/Rol D-001-2017

N° Cargo	Hechos que se estiman constitutivos de infracción	Condiciones, normas y/o medidas eventualmente infringidas según la DSC	Calificación de gravedad según la DSC	Acción asociada en el Programa de Cumplimiento, a efectos de esta diligencia
1	Se afectó sin autorización una superficie aproximada de 850m ² de la vega EY-1.	<p>RCA N° 256/2009 Considerando 6.1.1 Durante la fase de construcción, el proyecto afectará una fracción de las vegas ubicadas en el sector de la Engorda. Las unidades de vegetación con presencia de vegas corresponden a las unidades LE-3 (matorral andino con vegas estacionales) y LEA (vegas de borde de estero). La superficie a afectar se estima en 3,64 y 2,64 há para LE-3 y LEA respectivamente, las cuales serían afectadas directamente por las obras de captación y canal de conducción.</p> <p>ICE punto IV, 4.5 Durante la fase de construcción, el proyecto afectará una fracción menor de las vegas ubicadas en el sector de la Engorda. Las unidades de vegetación con presencia de vegas corresponden a las unidades LE-3 (matorral andino con vegas estacionales) y LE-4</p>	Grave art. 36 N° 2 letra e)	<p>Acción 1.1 Elaborar e implementar un plan de acciones, por parte de un tercero especialista, enfocado en el enriquecimiento de un área de vega contigua al camino de acceso al puente El Yeso.</p> <p>Acción 1.2 Construir un cerco en los límites del área mejorar y enriquecer de la vega EY-1.</p>

		<p>(vegas de borde de estero). La superficie a afectar se estima en 3,64 y 2,64 há para LE-3 y LE-4 respectivamente, las cuales serían afectadas directamente por las obras de captación y canal de conducción. Este cálculo de superficie, considera el peor escenario posible en que incluyen las vegas estacionales, cuya presencia se ha corroborado en las últimas campañas de terreno efectuadas en primavera 2007.[...] Finalmente, la superficie de vegas afectadas por las obras será de 7,28 ha, de las cuales 6,28 se encuentran en el sector de veranadas La Engorda (sector alto Volcán), y la hectárea restante en el valle del río Yeso.</p> <p>EIA Cap. 6 Tabla 6.4.1.5.5 Superficie de Vegas Afectadas por el Proyecto (Cap.5)</p>		
12	<p>Se realizaron tronaduras en la construcción del túnel El Volcán sin contar con un programa de monitoreo de vibraciones y tronaduras visado y aprobado por parte de Sernageomin y DGA RM.</p>	<p>RCA 256/2009 Considerando 7.3.5 El titular deberá implementar un programa de monitoreo de vibraciones de tronaduras, correspondientes al plan de seguimiento ambiental del proyecto, previo al inicio de la construcción del túnel bajo el Monumento Natural El Morado, para su visación y aprobación por parte de los servicios con competencia ambiental en recursos geológicos, hidrogeológicos y glaciar, esto es Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomín) y Dirección Regional de Aguas RM (DGA RM), para que informen respecto del cumplimiento del programa de monitoreo a la Corporación Nacional Forestal</p>	<p>Grave art. 36 N° 2 letra e)</p>	<p>Acción 12.2 Presentar un programa monitoreo de vibraciones de tronaduras para aprobación por parte de la DGA.</p> <p>Acción 12.3 Implementar “Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán”.</p>

		RM, como administradora del monumento y a Conama RM.		
14	No se informó inmediatamente a la autoridad ni se adoptó acto seguido las acciones necesarias para controlar y mitigar los impactos ambientales no previstos asociados a los volúmenes de agua generados durante la construcción de los túneles. En particular, en los sectores VA4, V1, V5, VA1, VL4, VL5, VL7-VL8 y L1.	<p>RCA 256/2009</p> <p>Considerando 12</p> <p>Que, el titular del proyecto deberá informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos.</p> <p>En formulación adicionalmente se cita el Anexo 45:</p> <p>"La posibilidad de que existan acuíferos en el área del eje de los túneles del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo es mínima.</p> <p>Se debe considerar que alrededor del 95% del trazado de los túneles tiene una sobrecarga de roca superior a 250 m y, como se sostiene en este documento, la carga de la columna de roca en profundidades mayores a 300 m cierra las fracturas existentes en el macizo rocoso, disminuyendo la permeabilidad de las rocas.</p> <p>Solamente se podría esperar la presencia de acuíferos en sectores donde la sobrecarga de roca es menor de 250 m y en la parte baja de los valles principales..."Se espera que las condiciones de permeabilidad y filtraciones en los macizos rocosos en el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo sean similares a las que se presentaron en la construcción de la Central Hidroeléctrica Alfalfal, actualmente</p>	Grave art. 36 N° 2 letra e)	<p>Acción 14.1</p> <p>Actualización, formalización e implementación de procedimiento de impermeabilización del frente de excavación mediante inyecciones de grouting.</p> <p>Acción 14.2</p> <p>Adelantar el proceso de impermeabilización final en las secciones de los túneles ya excavados.</p>

		operación."		
--	--	-------------	--	--

La diligencia se llevó a cabo los días 18 y 20 de abril de 2017. Estuvo dirigida por el fiscal instructor del caso, Claudio Tapia Alvial (CTA), en compañía de los profesionales de la SMA Alberto Rojas Segovia (ARS), y José Bastías Gajardo (JBG), de los funcionarios de Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) Ximena Contreras Fernández (XCF) y Víctor Candia Caro (VCC), funcionarios de la Dirección General de Aguas (DGA) Soledad Pérez Loyola (SPL), y el tercero interesado Anthony Prior Carvajal (APC). Por parte de Alto Maipo SpA participaron Luis Knaak (LK), Maximiliano Schurman (MS), Mario Cortes (MC), Cristián Alarcón (CA), Andrés Cabello (AC), Nelson Saieg (NS), Sergio Flores (SF), Gonzalo Aylwin (GA), Hugo Moffet (HM), Elías Cabezas (EC), Pablo Ortiz (PO), e Ignacio Mujica (IM), los dos últimos en calidad de apoderados del titular ante la SMA para esta diligencia, y el suscrito, Armando Olavarría Couchot (AO), en calidad de perito designado por Alto Maipo SpA.

Las actas de inicio y de término de la diligencia se adjuntan en Anexo 1.

III. OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME

El objetivo de este informe es presentar una opinión experta asociada a los hechos observados durante la diligencia de la SMA, respecto de los procesos e instalaciones visitados en la diligencia de inspección realizada los días 18 y 20 de abril pasado, en lo que se refiere a los cargos N° 12 y 14 en relación al plan de acciones y metas presentado por Alto Maipo para hacerse cargo de las infracciones imputadas.

IV. APRECIACIÓN EXPERTA DE LOS HECHOS OBSERVADOS EN LA VISITA RESPECTO DE LOS CARGO N° 12 Y 14 Y SU RELACIÓN CON LA EFICACIA DEL PLAN DE ACCIONES Y METAS PRESENTADO POR ALTO MAIPO

En esta sección se entrega la apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA, en lo que se refiere a los cargos N° 12 y 14 formulados contra el Proyecto Hidroeléctrico Alto

Maipo, y a su relación con la eficacia del plan de acciones y metas presentado por Alto Maipo a la SMA.

1. Apreciación experta de los hechos observados en la visita respecto del Cargo N° 12 y su relación con la eficacia del plan de acciones y metas presentado por Alto Maipo.

A continuación se presenta la apreciación experta de los hechos observados en la visita respecto del cargo N° 12 y su relación con la eficacia del plan de acciones y metas del Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo el 16 de febrero de 2017 en el procedimiento de sanción Rol D-001-2017. Para un mejor entendimiento, a continuación se reproduce el cargo N° 12, la exigencia que la SMA estima infringida, la gravedad asignada al cargo, y la acción correspondiente del Programa de Cumplimiento.

N°	Cargo	Exigencia que estima infringida	Gravedad	Acción
12	Se realizaron tronaduras en la construcción del túnel El Volcán sin contar con un programa de monitoreo de vibraciones y tronaduras visado y aprobado por parte de Sernageomin y DGA RM.	RCA 256/2009 Considerando 7.3.5 El titular deberá implementar un programa de monitoreo de vibraciones de tronaduras, correspondientes al plan de seguimiento ambiental del proyecto, previo al inicio de la construcción del túnel bajo el Monumento Natural El Morado, para su visación y aprobación por parte de los servicios con competencia ambiental en recursos geológicos, hidrogeológicos y glaciar, esto es Servicio Nacional de Geología y Minería (Sernageomín) y Dirección Regional de Aguas RM (DGA RM), para que informen respecto del cumplimiento del programa de monitoreo a la Corporación Nacional Forestal RM, como administradora del monumento y a Conama RM.	Grave art. 36 N° 2 letra e)	Acción 12.3 Implementar “Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano Túnel El Volcán”.

a) Método constructivo de los túneles del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo: uso de TBM/tronadura.

Hechos observados en la visita de la SMA

En el Acta de 18 de abril de 2017, se consignan los siguientes hechos asociados al método constructivo de los túneles del Proyecto (Estación 2, Frente de Trabajo V5, túnel). MC explica que el túnel desde V5 ha sido construido utilizando alternadamente tronaduras y TBM. Indica que actualmente se encuentran avanzados aproximadamente 1070 metros desde el portal V5. Aproximadamente los primeros 48 metros de construcción de túnel se realizaron con excavadora, los 120 metros siguientes se excavaron con tronaduras, los siguientes 800 metros con TBM y los últimos 100 metros con tronaduras.

CTA consulta si a la fecha se han utilizado tronaduras durante la construcción del túnel desde el frente V.1 a lo que MC señala que sí.

APC consulta en base a qué se define el uso de TBM o tronadura para la construcción del túnel, si obedece al tipo de roca que se va encontrando. MC señala que el uso de TBM también obedece a otros factores, por ejemplo la TBM fue desarmada y transportada para ser utilizada en el túnel VA4, por lo que también existe un factor de coordinación entre la construcción de los distintos túneles. Precisa además que el mero proceso de desarmar y armar la TBM tarda entre 2 meses y medio a 3 meses.

Quien suscribe agrega sobre el sistema constructivo, que el utilizado en la construcción de túneles como lo es en Alto Maipo, es distinto a la minería tradicional. En este tipo de construcción se interviene una sección considerablemente menor a la intervenida en la minería tradicional, además de que se realiza utilizándose sondajes progresivos. Señala también que hay secciones de túnel denominadas 'starting block'¹ que corresponde al área en que se monta la TBM, que debe ser realizada con tronaduras.

¹ EL "starting block" corresponde a una sección excavada en roca donde es posible que los brazos de la TBM se apoyen firmemente para permitir el primer avance de corte de la TBM.

SPL pregunta cuál es el estado de avance actual en los frentes de V5 y V1. AC responde que aproximadamente el frente V5 se encontraría en los 1050 metros y V1 en los 1785 metros.

SPL consulta sobre cómo se define el tipo de roca dentro de los túneles. MC indica que se hace en base a sondajes progresivos durante la construcción de los túneles.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

En general, la elección entre implementar TBM o D&B en obras subterráneas responde a criterios que conjugan condicionantes geotécnicas (tipo y calidad de roca, formaciones geológicas), condicionantes de túnel (longitud, diámetro, curvas), requerimientos logísticos y consideraciones ambientales. Es pertinente señalar que la utilización de TBM es exclusivamente para la construcción de túneles, mientras que la opción de D&B es aplicable a la construcción de galerías, cavernas y otras estructuras logísticas subterráneas en roca.

Para túneles largos y relativamente rectos (del orden de 10 o más kilómetros) la utilización de TBM es atractiva dado el mayor rendimiento de excavaciones, además no requiere de accesos intermedios, sin embargo, su respuesta es menos flexible que el D&B ante obras que requieren mayor complejidad geométrica. Por otra parte, en túneles más cortos, es más adecuada la implementación de D&B, que resulta más rápida de implementar y requiere de una menor cantidad de recursos que una TBM (energía eléctrica, caminos aptos para grandes camiones con sobrecarga, etc).

Desde la perspectiva geológica, el método D&B tiene mayor flexibilidad y mejor respuesta ante variabilidad geológica y roca menos competente. Un ejemplo concreto es lo observado en el túnel V5, donde la empresa optó por desmontar la TBM luego de avanzar cerca de 800 m y construir un tramo de aproximadamente 100 metros con D&B donde la roca no era apropiada para la TBM. De acuerdo a lo informado el plan de la empresa es continuar posteriormente con TBM, para ello está implementando con D&B una caverna, que permita montar nuevamente una TBM, y el starting block para reiniciar el avance del túnel.

Esta situación implica tiempos y esfuerzos considerables, pero son parte de la incertidumbre propia a la que están sometidas este tipo de obras subterráneas. Y en opinión de quien suscribe este reporte, tanto la selección de los métodos constructivos que ha implementado AM como la

respuesta a la situación con la calidad de la roca en una sección del túnel V5, son apropiadas y se encuentran dentro de las opciones que se recomiendan para estas situaciones.

b) Método constructivo e impacto tronaduras

Hechos observados en la visita de la SMA

El Acta de 18 de abril de 2017 consigna los siguientes hechos asociados al impacto de las tronaduras empleadas para la construcción de los túneles del Proyecto (Estación 2, Frente de Trabajo V5, túnel). SPL consulta sobre la fecha de inicio de las tronaduras. MC indica que las tronaduras iniciaron en octubre de 2016 (correspondientes a los primeros 120 metros) y el 1 de abril de 2016 (las correspondientes a los últimos 100 metros). Además señala que se han hecho tronaduras con un avance promedio de 3m/día, con un total aproximado de 30 tronaduras.

APC consulta si alguno de estos frentes de trabajo se encuentra actualmente bajo el monumento natural El Morado. AC señala que no, que se prevé encontrarse bajo el monumento natural El Morado aproximadamente entre los kilómetros 4,5 y 8, contados desde el frente V5. A su vez, a la fecha habría un avance aproximado desde V1 de 1785 m y desde V5 de 1059 m.

SPL pregunta si se prevé el uso de tronaduras en el tramo del túnel que pasa bajo el Monumento Natural El Morado. MC señala que no, que se prevé el uso de TBM en dicho sector. SPL pregunta si se tiene un plan de acción pensado en caso de que no sea posible usar la TBM en la sección que pasa bajo el monumento natural El Morado. NS señala que a la fecha la compañía no cuenta con un plan concreto para tal situación, simplemente no se prevé el usar tronaduras debajo del monumento.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

La perforación y tronadura es el método más usado en todo el mundo para excavar túneles en roca.

En forma simplificada las etapas para excavar un túnel son:

- Marcado de diagrama disparo en la frente.
- Perforación de round de disparo.

- Carguío de detonadores y explosivos en las perforaciones.
- Voladura y ventilación.
- Retiro de marina producto de la voladura.
- Saneamiento o acuñadura.
- Fortificación.

El diagrama de disparo, es la disposición en el frente del túnel de los tiros que se van a perforar, la carga de explosivo que se va a introducir en cada uno y el orden en que se va a hacer detonar cada tiro o perforación. Se diseña al principio de la obra en base a la experiencia y a una serie de reglas empíricas recogidas en los manuales sobre explosivos. Posteriormente, a lo largo de la excavación del túnel, se va ajustando en función de los resultados obtenidos en cada voladura. Cabe destacar que quien realiza el cálculo y diseño de un diagrama de disparo es un profesional especialista denominado “Ingeniero Programador Calculista” autorizado por la autoridad competente, en este caso la Dirección General de Movilización Nacional (DGMN) dependiente del Ministerio de Defensa. En el caso del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo el diseño del diagrama de disparo, ajustado en función de los resultados obtenidos en cada voladura lo realizan calculistas autorizados del contratista. Antecedentes de respaldo se acompañan en anexo a esta presentación.

Para la perforación y voladura, la sección del túnel se divide en zonas, en las que las exigencias, tanto de densidad de perforación, como de carga específica de explosivo y secuencia de encendido son distintas. Estas zonas son:

- Coronas
- Cajas
- Auxiliares
- Rainura
- Zapateras

Específicamente en las tronaduras en túneles, debe reconocerse a la rainura, ubicada aproximadamente en la línea de gradiente o centro de frente de avance, como la parte más importante del diseño, donde se deben concentrar los esfuerzos para tener el mejor diseño tanto teórico como práctico, considerando que el resto de los tiros y en especial los de contorno realizan

una función de desquinche hacia la cara libre dejado por la rainura, lo que minimiza el daño en el perímetro del túnel.

La técnica de efectuar los tiros de contorno, coronas, en un túnel, consiste en perforar un número importante de tiros paralelos al eje del túnel en el contorno, a la distancia conveniente (entre 45 cm y 100 cm) y con una concentración de explosivo muy pequeña. En la secuencia de encendido son los penúltimos tiros en detonar con objeto de proteger a la roca perimetral del túnel de las vibraciones y así evitar la sobrexcautación y un daño en el contorno del túnel.

La onda de choque generada por un tronadura se propaga en forma esférica y transfiere una energía vibracional al macizo rocoso. Estas ondas transmiten a la roca movimientos de partículas en todas las direcciones, con intensidades que dependen de la energía del explosivo, geometría de la tronadura y secuencia de detonación. Para minimizar los efectos en la periferia del túnel se debe usar una carga explosiva menor en las coronas que en el resto de los tiros. Se usa explosivo de bajo poder rompedor, especialmente diseñado para trabajos de voladura controlada en tunelería, donde es necesario obtener un perímetro parejo con un mínimo de sobre-excavación. Ello permite minimizar el fracturamiento de la roca, más allá de la línea de contorno.

Revisados los protocolos de perforación y tronadura en Túnel V1 y Túnel V5 de los días 16 y 18 abril de 2017 se concluye que Alto Maipo usa SOFTRON, explosivo de bajo poder rompedor, que protege y permite minimizar el daño de la roca, más allá de la línea de contorno del túnel. Estos protocolos se acompañan en anexo a este Informe.

Por otro lado hay que destacar que el sostenimiento mediante elementos de fortificación, cuando sea necesario, ya sea shotcrete, perno y/o malla, elementos que se emplean para evitar que las paredes del mismo una vez excavadas se desmoronen, tiene por finalidad asegurar la estabilidad de las excavaciones. Se destaca que para el diseño del largo de los pernos de sostenimiento, universalmente se usa la fórmula $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{3}$ del ancho del túnel, es decir, en túneles con sección 5x5 m se utilizan pernos de 1,7 a 2,5 m de largo, pues ello asegura que el perno quede anclado en roca sana, sosteniendo el espesor que podría haber sido fracturado con la tronadura. Antecedentes de respaldo se acompañan en anexo a este informe.

La experiencia de tronaduras en minería de túneles demuestra que, correctamente implementado, el método de perforación y tronadura tiene un efecto acotado de fractura al área

que se está excavando, y la onda que produce la vibración se limita a unas decenas de metros dependiendo principalmente del tipo y la condición o estado de la roca.

Así, en minería en el caso de grandes minas subterráneas en Chile, específicamente se usa el método de explotación Block Caving o Pannel Caving donde se realiza una gran cantidad de túneles entre ellos y a distancias en la vertical de 18 y 36 metros, también en el nivel de producción donde hay maquinaria e infraestructura operativa, se encuentran túneles a 30 m. de distancia, intersectados por otros túneles a 15 m. de distancia en la horizontal. Todos estos túneles se excavan con método tradicional perforación y tronadura, y en la práctica no hay efectos de las vibraciones sobre las estructuras con tronaduras aun muy cercanas ni tampoco riesgo de dañar las estructuras excavadas.

La experiencia de minería subterránea en la zona central de Chile demuestra que es posible construir grandes cavernas para distintas operaciones, con volúmenes de excavación del orden de 50.000m³ y con una cobertura de entre 50 y 80 m, excavadas con perforación y tronadura, sin afectar otras instalaciones existentes en las inmediaciones subterráneas con equipos en operaciones, ni tampoco efectos en superficie.

En relación a los efectos de las tronaduras en el monumento natural El Morado, resulta pertinente señalar que el Túnel el Volcán tiene una extensión aproximada de 14.000 m. El esquema constructivo contempla excavar desde dos frentes de trabajo: sector el Volcán (V1) desde el sur con método tradicional de perforación y tronadura, y desde el Yeso (V5) con TBM. Se aclara que a la fecha, desde el frente V5, se excava con perforación y tronadura debido a una singularidad de la roca, y según lo informado por Alto Maipo, se contempla montar la TBM nuevamente para continuar el avance con dicho método.

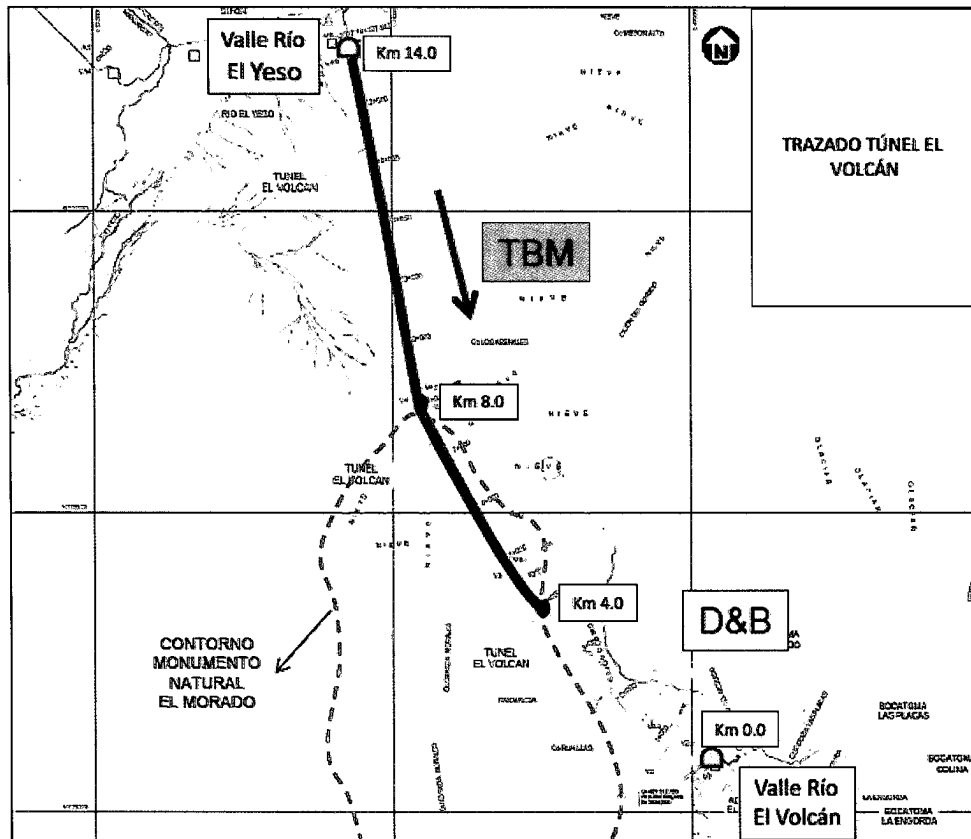


Figure 1 Esquema Túnel El Volcán

La sección del túnel Volcán que pasa bajo el Monumento Natural El Morado se encuentra a 4.000 m contados desde el portal V1 del túnel en El Volcán y a 6 Km contados desde el portal V5 del túnel en el Yeso, con coberturas entre 560 y 1500 metros.

El día de la visita 18 abril, aproximadamente el avance del túnel El Volcán V5 es de 1050 m. y el túnel el Yeso V1 es de 1.785 m. Por tanto, el Monumento Natural El Morado está aproximadamente a 5 km horizontales desde la frente del túnel V5 y a 2.2 km desde la frente de avance del túnel V1. A esas distancias es posible concluir con toda certeza que las tronaduras realizadas hasta la fecha no han tenido efecto alguno en dicho Monumento y tampoco en ningún otro sector de la cordillera, así como tampoco lo tendrán cuando la frente de construcción se aproxime a la frontera de la sección bajo el Monumento considerando que las coberturas son superiores a los 500 m.

2. Apreciación experta de las acciones propuestas para el Cargo N° 12 en el marco del Programa de Cumplimiento

Desde el punto vista del control de tronadura, la técnica usual y reconocida es el monitoreo de vibraciones, técnica que provee múltiples ventajas en términos de poder examinar en detalle el proceso de tronadura. El monitoreo de vibraciones tiene por objetivo obtener la medición de los niveles de velocidad de partículas que genera la tronadura de cada una de las cargas explosivas introducidas en los tiros con el objetivo de conocer la eficiencia de un diagrama de disparo, y evaluar y controlar el efecto que esa vibración puede producir.

Normalmente se usan geófonos en arreglos biaxiales o triaxiales a diferentes distancias y según tipo de tronadura a monitorear. La señal detectada por estos geófonos es transmitida por cable hacia el equipo que recibe, Monitor de Vibraciones Blatronic. La información recolectada es guardada en archivos digitales, los que posteriormente son analizados para identificar los aspectos de la señal que dan cuenta de las características de la tronadura.

Considerando lo anterior, la propuesta de monitoreo de vibraciones por tronaduras contenida en el “Informe de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprana del Túnel El Volcán. Nota Técnica, Resultados de Monitoreo de Vibraciones por Tronaduras Etapa I, Túnel El Volcán, de E-Mining; y el “Programa de monitoreo de vibraciones por tronaduras en túnel El Volcán, Etapa II” de Alto Maipo es idónea para evaluar el nivel de vibraciones que se podría desarrollar en la superficie del terreno y validar el supuesto de nulo o imperceptible efecto sobre el monumento natural El Morado.

3. Apreciación experta de los hechos observados en la visita respecto del Cargo N° 14 y su relación con la eficacia del plan de acciones y metas presentado por Alto Maipo.

A continuación se presenta la apreciación experta de los hechos observados en la visita respecto del cargo N° 14 y su relación con la eficacia del plan de acciones y metas propuesto por Alto Maipo en el marco del Programa de Cumplimiento presentado en el procedimiento sancionatorio Rol D-001-2017.

Para un mejor entendimiento, la tabla siguiente reproduce el cargo N° 14, la exigencia que la SMA estima infringida, la gravedad asignada al cargo, y la acción correspondiente del Plan de Acciones y Metas

N°	Cargo	Exigencia que estima infringida	Gravedad	Acción
14	No se informó inmediatamente a la autoridad ni se adoptó acto seguido las acciones necesarias para controlar y mitigar los impactos ambientales no previstos asociados a los volúmenes de agua generados durante la construcción de los túneles. En particular, en los sectores VA4, V1, V5, VA1, VL4, VL5, VL7-VL8 y L1.	<p>RCA 256/2009 Considerando 12 Que, el titular del proyecto deberá informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y mitigarlos.</p> <p>En formulación adicionalmente se cita el Anexo 45: "La posibilidad de que existan acuíferos en el área del eje de los túneles del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo es mínima. Se debe considerar que alrededor del 95% del trazado de los túneles tiene una sobrecarga de roca superior a 250 m y, como se sostiene en este documento, la carga de la columna de roca en profundidades mayores a 300 m cierra las fracturas existentes en el macizo rocoso, disminuyendo la permeabilidad de las rocas. Solamente se podría esperar la presencia de acuíferos en sectores donde la sobrecarga de roca es menor de 250 m y en la parte baja de los valles principales."..."Se espera que las condiciones de permeabilidad y filtraciones en los macizos</p>	Grave art. 36 N° 2 letra e)	<p>Acción 14.1 Actualización, formalización e implementación de procedimiento de impermeabilización del frente de excavación mediante inyecciones de grouting.</p> <p>Acción 14.2 Adelantar el proceso de impermeabilización final en las secciones de los túneles ya excavados.</p>

		rocosos en el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo sean similares a las que se presentaron en la construcción de la Central Hidroeléctrica Alfafal, actualmente operación."		
--	--	---	--	--

a) Afloramiento de agua desde túneles

Hechos observados en la visita de la SMA

El Acta de 18 de abril de 2017 consigna los siguientes hechos asociados al afloramiento de agua desde los túneles del Proyecto (Estación 2, Frente de Trabajo V5, túnel). CTA consulta si la TBM impermeabiliza en los sectores que perfora. Quien suscribe señala que sí, que se impermeabiliza tanto con shotcrete como con grouting.

HM indica antes de entrar al túnel que se ingresará a un frente activo el cual se encontraba en proceso de grouting, que fue detenido para visualizarlo durante la visita. Se hace énfasis en que lo que se observará es un frente en el cual no se ha terminado la impermeabilización con grouting.

A las 14:32 se ingresa al túnel V5 mediante locomotora. Se desciende de la locomotora en sector cercano a letrero que indica cota 14+060 m. En sector del frente de trabajo se observa agua en sector suelo que no sobrepasa la suela de los zapatos de seguridad, asimismo una red de tuberías a los lados del túnel y una manga. Asimismo en sector de avance de la excavación se observa goteo de agua desde sector techo.

Quien suscribe ahonda en que durante estos procesos constructivos ocurre un proceso natural conforme al cual las filtraciones se van minimizando por las diferencias de presión.

CTA consulta dónde se encuentran instalados piezómetros y flujómetros. NS explica que los piezómetros no se encuentran en los túneles sino que en los SAM. A su vez, respecto de los flujómetros estos se encuentran en las cañerías a la salida del portal y previo a la descarga de la planta de tratamiento de RILES y de afloramiento. [...]

PO y AC solicitan a TA que quede consignado en el acta que en el frente de trabajo V5 no se había terminado el proceso de post grouting y que dicho proceso fue interrumpido para precisamente proceder a la visita.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

La presencia de infiltraciones de agua en un túnel está asociada a la hidrogeología, geología, geotecnia, tipo de rocas y sistemas estructurales del lugar donde se emplaza un túnel. También es importante destacar que la permeabilidad del macizo rocoso decrece con la profundidad, ya que las juntas tienden a estar más cerradas y existe menor fracturación, sobretodo en túneles con coberturas mayores a 250 m.

Por otro lado, se reconoce que el desarrollo de la construcción de un túnel implica incertidumbres en relación a las condiciones de la roca y la existencia de infiltraciones de aguas.

En relación a la permeabilidad de túneles, de acuerdo a mi experiencia en proyectos mineros con obras subterráneas en los distintos túneles se han encontrado tanto sectores secos, como húmedos, goteos, filtraciones menores y mayores, siendo su extensión muy variable.

A modo de ejemplo, esta experiencia incluye casos de túneles mineros en la zona central de Chile, en los que se encontraron sectores con infiltración entre 30 l/seg. y 40 l/seg. y en zonas de contacto entre rocas volcánicas y rocas intrusivas llegaron a 147 l/seg, y casos en que los caudales promedio del agua de infiltración alcanzaron los 200 -300 l/seg.

En consecuencia, sin perjuicio de las incertidumbres propias de la construcción de obras subterráneas, en la zona central de la cordillera de Los Andes existe la probabilidad de infiltración de agua en la construcción de túneles como los de Alto Maipo, conforme a los antecedentes de evaluación ambiental del proyecto, en particular el anexo 45 del EIA sobre Hidrogeología de las Obras Subterráneas.

b) Sistema de detección de aguas afloradas en el método de construcción de túneles (Noruego)

Hechos observados en la visita de la SMA

En Acta de 18 de abril de 2017, se consigan los siguientes hechos asociados al sistema de detección de aguas afloradas. SPL consulta sobre cómo se define el tipo de roca dentro de los túneles. MC indica que se hace en base a sondajes progresivos (de 30 metros) durante la construcción de túneles.

Por su parte en la reunión de inicio de la visita del día 20 de abril de 2017 NS señala que la empresa desea realizar una explicación previa sobre las acciones propuestas asociadas a la impermeabilización de los túneles y cuyos efectos se visualizarían en los túneles a visitar durante el día. Se realiza explicación del proceso de impermeabilización por parte de AO, HLL e IF, señalando que como primera parte del proceso de excavación se realiza un sondaje de 30 metros, conforme al cual se determinan una serie de características del sector a perforar (caudal, tipo de roca, fracturas, etc.). A su vez, en las zonas de los sondajes, se ponen llaves y en función del caudal se establece la necesidad de realizar un pregrouting, en base a curvas que conjugan los valores de presión y caudal. Asimismo, este pregrouting se desarrolla en el arco de la sección a perforar.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

En la experiencia de quien suscribe, la implementación de sondajes exploratorios no es habitual en minería subterránea. Los sondajes son parte del método constructivo de Alto Maipo, basado en los principios del método Noruego, para efectos de establecer anticipadamente tipo y calidad de roca, además de la presencia de agua. Esta información es la base que se utiliza para el diseño del sostenimiento del túnel que garantiza tanto las condiciones de seguridad para los trabajadores, como la estabilidad de la obra civil, además permite definir la logística de materiales y equipos necesarios para el avance de la construcción y el control de la infiltración de agua (materiales para el sostenimiento, bombas para el manejo de agua, equipamiento de grouting).

El sondaje de exploración o perforación exploratoria en túneles excavados con tronaduras utilizan en general equipos de perforación de percusión para detectar zonas con alta permeabilidad. Se realiza un esquema de sondajes especificados en el procedimiento interno de grouting, al que se pueden agregar exploraciones adicionales.

La primera ronda de inyección normalmente consta de 10-18 perforaciones distribuidas uniformemente en techo, paredes, frente y piso, dependiendo del tamaño del túnel. Cada perforación deberá estar en la dirección de avance y con una longitud de 21-27 metros, salvo se

indique otra cosa en la instrucción de la Ingeniería del Mandante. Las perforaciones se realizan en forma de un paragua con una inclinación de unos 14-20° con respecto al eje del túnel, dependiendo de la longitud de las perforaciones. El objetivo de los ángulos es terminar las perforaciones abarquen una zona 6 m fuera del túnel. Las perforaciones deben ser localizadas en el perímetro del túnel tan cerca como sea posible de la frente.

Los requerimientos de perforación exploratoria y la distribución de perforaciones deben ser ajustados para túneles que se excavan con TBM. Las limitaciones en la inclinación de las perforaciones deben ser compensadas con perforaciones más largas, con el objetivo que el paragua de inyección alcance a situarse también en la zona fuera del perímetro del túnel.

En el Congreso “WATERPROOFING” realizado el 16 y 17 de marzo de 2016 en Santiago de Chile, el experto Rolando Justa, de Robbins South America relata en su presentación “*Pre grouting, face and water control in open tunneling*” la importancia de realizar tiros de sondajes como medida de prevención para detectar la presencia de agua. Esta práctica no es habitual en la industria, y refleja un estándar superior en el control o prevención de fugas de agua.

En opinión de quien suscribe, basado en el avance de los túneles del proyecto y la continuidad de las obras, la realización sistemática de sondajes de exploración es una práctica que Alto Maipo ha implementado en forma efectiva para la construcción de los túneles y el control de aguas de infiltración en aquellas zonas que lo requieren.

c) Sistema de manejo diferenciado de riles/aguas afloradas.

Hechos observados en la visita de la SMA

El Acta de 18 de abril de 2017 consigna los siguientes hechos asociados al manejo de las aguas afloradas desde los túneles del Proyecto en la Estación 2, Frente de Trabajo V5.

NS explica que una cañería lleva aguas de infiltración o aguas afloradas desde el frente a la planta, otra lleva RILES desde el frente a la planta de RILES, otra lleva RILES desde la planta hasta el frente de trabajo y otra corresponde a una manga que lleva aire.

Asimismo se observa la existencia de pozos, se logra divisar 3 de estos, en los lados del túnel, hacia los cuales se conduce el agua que va brotando.

CTA consulta por el área aproximada de diámetro del túnel. NS señala que es de aproximadamente 90 metros de diámetro. CTA consulta cuál es el criterio para distinguir entre aguas RILES e infiltración. NS explica que cuando no hay actividad en el frente de trabajo, el agua que brota se conduce hacia los pozos, desde los cuales se bombea con cañería correspondiente a las aguas de infiltración. Por el contrario cuando hay actividad en la frente, esa agua generada en el frente de trabajo se dirige desde los pozos hacia la cañería correspondiente a RILES. Señala también que si bien el criterio varía de túnel en túnel, el agua que brota desde un frente de trabajo activo hasta aproximadamente unos 100 metros es considerada RIL y por el contrario, el resto es considerada aguas afloradas o de infiltración.

Se explica también que es inyectada agua desde las plantas de tratamiento de RILES al frente de trabajo para la realización de la construcción. ARS consulta si el agua de RILES que se inyecta tiene aditivos. NS responde que no.

CTA consulta por los usos que se realizan respecto del agua de infiltración o aflorada. NS indica que esas aguas no tienen ningún uso, simplemente tras tratamiento en la respectiva planta de tratamiento de aguas de infiltración se conducen hasta el cauce más cercano durante todo el año. Por otro lado, los RILES si serían utilizados pues serían tanto reinyectados en la faena de construcción del frente de trabajo una vez que pasan por la planta de tratamiento, así como también se usarían para humectación de caminos.

APC consulta si existe un protocolo o procedimiento de emergencia en caso que el agua de infiltración sea demasiada. NS señala que si se cuenta con procedimientos de emergencias.

CTA consulta si los proyectos de las plantas de tratamiento de aguas de afloramiento o infiltración fueron aprobadas por la SISS. NS señala que no, que dada la naturaleza de las aguas que estas plantas tratan (afloradas no RILES) no corresponde que dicha autoridad las autorice.

La misma Acta de 18 de abril de 2017 consigna los siguientes hechos referidos al mismo tema en el Frente de Trabajo VA4, sector Planta de Tratamiento de RILES y aguas afloradas. NS indica que la planta de tratamiento de RILES y de infiltración son idénticas en características a aquellas localizadas en el frente V5. Se precisa que la capacidad de tratamiento de cada una de estas es de 25l/s.

EC supervisor de las plantas explica e indica las distintas partes que componen la planta de tratamiento de RILES entre ellas; zona de inyección de coagulante, canaleta Parshall zona en que

se mide mediante regleta cada 1 hora, estanques de sedimentación, 2 de 88m³ cada uno (se aclara que se trata de 2 de 50 m³ cada uno), 3 cámaras desengrasadoras, donde se separa aceite y grasa, zona de inyección de ácido clorhídrico y soda cáustica y estanque de lodos que es donde se inyecta coagulante.

CTA consulta sobre los usos que ha tenido el agua de esta planta. NS indica que esta planta particular no ha descargado a curso de agua, sino que sólo se ha usado para humectación de caminos y para la construcción del frente de trabajo. Para humectación de caminos se usan camiones aljibes de 20 a 22 toneladas las cuales se cargan en sector cachimba de la panta. Se agrega que la planta de aguas afloradas no tiene sector de cachimba para carga de camiones.

SPL consulta qué mediciones se hacen al agua antes de cargar los aljibes. NS indica que en planta se mide pH y T°, y que la verificación de la calidad del efluente para humectación de caminos se realiza mensualmente por un laboratorio externo acreditado en base a la NCh 1333).

CTA consulta dónde descarga la planta de tratamiento de aguas afloradas. NS señala que descarga en el cauce más cercano, que en este caso corresponde a una quebrada sin nombre la que a su vez termina por descargar en el río Yeso.

A las 16:38 se comienza a observar las instalaciones de la planta de aguas de infiltración. EC explica los componentes que conforman la planta de aguas afloradas o de infiltración. Se observa un estanque de acumulación de agua, 3 estanques clarificadores-decantadores, que el registro de PH se hace en línea, se fotografía el valor actual el cual señala 6,5 y se fotografía flujómetro.

Se señala que no se mide caudal de aguas afloradas a la salida del túnel, sino que dicho flujo se mide a través de flujómetro a la salida de la planta de tratamiento.

Por su parte, el Acta de 20 de abril de 2017 consigna los siguientes hechos, referidos asimismo al tratamiento diferenciado entre las aguas de afloramiento y los RILES. En la Estación 1, Frente VL4, se observa agua escurriendo por el piso, la que es identificada por la empresa como RILES al tratarse de un frente activo en construcción. Asimismo se observa que el agua que escurre es canalizada hacia los pozos de bombeo.

Se observa equipo Jumbo realizando perforación con inyección de agua. CTA consulta sobre el origen de esta agua. NS indica que corresponde a agua tratada originada en la planta de

tratamiento de RILES. Asimismo, señala que las aguas que se observan en el suelo corresponden al agua inyectada durante la perforación.

En la Estación 2, Frente VL5, se realizó recorrido por la Planta de Tratamiento de aguas infiltradas o afloradas, constatándose que se componía de dos sistemas en paralelo [...]. Se señaló por parte de la empresa que se agrega anhídrido carbónico para el control de pH y que las aguas tratadas se descargan al río Colorado.

En la Estación 3, Frente VA1 CTA consulta si existen diferencias entre esta planta de tratamiento y aquella presente en el frente VL5. NS señala que son iguales.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

En relación al manejo de aguas, RILES e infiltraciones, se pudo observar que existe un manejo y tratamiento independiente de estas aguas. Este manejo diferenciado no es común en minería y construcción de túneles en nuestro país, ya que normalmente ambas se consideran y se tratan como aguas de contacto.

En los frentes activos de construcción se observaron dispositivos para la recolección y sistemas de bombeo de RILES, para conducirlos a la plantas de tratamiento de RILES. En el caso de las aguas de afloramiento, estas se colectan mediante canaletas ubicadas en la base de la caja del túnel, mediante las cuales son conducidas a la plantas de tratamiento de aguas afloradas.

De acuerdo a lo informado, este manejo permite restituir las aguas afloradas a los cauces superficiales más cercanos.

4.preciación experta de las acciones propuestas para el Cargo N° 14 en el marco del Programa de Cumplimiento

Hechos observados en la visita de la SMA

Por su parte, el Acta de 20 de abril de 2017, en la Estación 1, Frente VL4, indica que no se observan afloramientos desde techo y paredes del sector. Quien suscribe señala que las condiciones que se ven en este frente son un ejemplo de la aplicación de grouting.

En la Estación 2, Frente VL5 se señala que se ingresa al túnel VL5 y se ingresa a sector denominado cámara de desaireación. IF indica que este sector corresponde a una de las dos áreas con frentes activos. No se observan escurrimientos de aguas en el sector. NS indica que el mejor verificador de las condiciones pre y post grouting corresponderían a las condiciones que se pueden observar actualmente en el túnel, sector donde ya se ejecutó el post grouting.

Apreciación experta de los hechos observados en la visita de la SMA

El diseño de excavación de un túnel, en relación a las filtraciones de agua, debe estar orientado a limitar o reducir la permeabilidad sellando juntas, rellenado pequeños conductos o incluso fisuras que se encontraran durante la etapa de excavación para seguir con su normal avance.

La práctica habitual utilizada en construcción de túneles, para reducir la permeabilidad del macizo rocoso y con ello mitigar el ingreso de agua al túnel se realiza con grouting, lechada de cemento. Sus fines son impermeabilizar y/o estabilizar la roca. El grouting se puede ejecutar en campañas de pre-excavación y post excavación.

El pre grouting permite el normal desarrollo de la excavación del túnel, y complementado con el post grouting minimiza o elimina infiltraciones, protege y evita posibles efectos asociados a la excavación de un túnel.

En relación al post grouting, se debe hacer presente que la impermeabilización de filtraciones remanentes tras la frente de excavación no es común en la minería, y cuando se implementa, generalmente se realiza al término de la construcción de un túnel.

La técnica, uso y justificación del pre grouting y post grouting, es mencionada en BOOK ATLAS COPCO UNDERGROUND CONSTRUCTION – TALKING TECHNICALLY, donde se señala que *“la forma más efectiva de inyección se lleva a cabo antes de la excavación y es conocida como pre grouting y cualquier fuga restante de agua puede ser sellada con post grouting”*.

De acuerdo a los autores Peila&Pelizza (2009), se puede estimar una modificación de las propiedades del macizo rocoso al realizar un pre grouting, en términos de la mejora en la calidad y estabilidad de la roca para efectos de la excavación y también en el control de infiltraciones.

La efectividad del grouting en la construcción de túneles es mencionada también por el ya citado M.Sc Felix Amberg en el Congreso “WATERPROOFING” a cabo el 16 y 17 de marzo de 2016 en

Santiago de Chile, en su presentación *“Overview of waterproofing methods injection, pre grouting and post grouting.”*

Por su parte, en el “World Tunnel Congres” realizado por ITA-AITES entre el 21 al 26 de 2011 en Helsinki, Finlandia, se presentó el trabajo *“Pre grouting contra grandes fugas de agua y alta presión”* donde se expone un caso exitoso en los túneles de Sauda Hydropower project.

En base a estas presentaciones que reflejan el estado del arte en materia de buenas prácticas en la construcción de obras subterráneas, es posible afirmar que la opinión generalizada de los expertos, y la de quien suscribe, Alto Maipo está implementando un método constructivo ampliamente aceptado como efectivo y exitoso en la impermeabilización de túneles, mediante la aplicación de pre y post grouting.

VI. CONCLUSIONES

1. Conclusiones Generales

- a) El método constructivo de Alto Maipo utiliza TBM o tronaduras siguiendo los criterios técnicos propios de la construcción de obras subterráneas.
- b) Las acciones de control implementadas por Alto Maipo para el desarrollo de las tronaduras son habituales en la construcción de túneles. El sistema de perforación y voladura, a cargo de un especialista certificado, junto al sostenimiento mediante elementos de fortificación, cuando sea necesario, se emplean para asegurar la estabilidad del macizo y su nulo efecto en superficie. La experiencia demuestra que estas acciones permiten controlar el efecto de las tronaduras en superficie.
- c) La experiencia en la construcción de túneles en la zona central andina de Chile demuestra que existe un alto grado de incertidumbre, con túneles que presentan sectores más o menos secos, y sectores con alta presencia de aguas de infiltración.

- d) La aplicación de shotcrete, hormigón proyectado, si bien se usa primariamente como sostenimiento inmediato, también ofrece una buena acción de impermeabilidad en la medida que constituye una barrera adicional que sella parcialmente el túnel.
- e) El sistema de manejo diferenciado entre RILES y aguas afloradas no es habitual en la industria, y representa un estándar superior al de la minería de túneles en que ambas se consideran aguas de contacto.
- f) Para prevenir y tomar las acciones de control de filtraciones, la realización sondaje(s) exploratorio(s), no habitual en minería. En el caso de Alto Maipo, además de ser parte del método establecer las condiciones geotécnicas para el diseño del sostenimiento, es para identificar en forma anticipada el flujo y presión de agua, es la medida más apropiada y efectiva.
- g) Existe presencia de profesionales expertos geólogos en la frente de trabajo, que realizan el mapeo de las características geológicas, geotécnicas, presencia de fallas y estructuras. Esta información complementa a la medición del flujo y presión de agua, con lo que se determina la necesidad de impermeabilización mediante grouting. Esta acción garantiza una adecuada práctica de control de filtraciones.
- h) Es importante resaltar que las filtraciones producen un agotamiento local y tienden a estabilizarse en caudales menores al cabo de un tiempo luego de la excavación del túnel. Es decir es un proceso dinámico cuyo estado evoluciona con el tiempo.

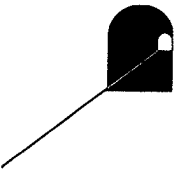
2. Conclusiones respecto de las acciones propuestas en el marco del Programa de Cumplimiento presentado en el Procedimiento Rol D-001-2017.

- a) El Programa de Monitoreo de Vibraciones y Modelo de Atenuación Temprano representa es la técnica más utilizada y reconocida para el control de la tronaduras, porque permite examinar en detalle el proceso de la tronadura, en particular, los niveles de velocidad de partículas que genera la tronadura de cada una de las cargas explosivas introducidas en los tiros.

- b) El procedimiento de pregrouting implementado por Alto Maipo es habitual en la construcción de túneles porque permite generar una cortina mediante paraguas troncocónicos solapados. Reduciendo la permeabilidad del macizo rocoso y con ello mitigando el ingreso de agua al túnel. Se trata de una de las medidas más eficaces para este propósito. El uso de sondajes de exploración, no habitual en la construcción de túneles, potencia la eficacia del pregrouting, al permitir detectar oportunamente las zonas con mayor permeabilidad.

- c) En relación al grouting post-excavación, es una efectiva práctica, que generalmente es aplicado en posteriores reducciones de infiltraciones de agua al término de la construcción de los túneles para así no interferir con la productividad y el avance del túnel. Anticipar el post grouting o impermeabilización final en paralelo con la construcción el túnel, es una medida eficiente para disminuir las infiltraciones de agua.

- d) La efectividad del pre y post grouting, se evidencia en visita a terreno en el sector de VL4, acceso a caverna Las Lajas y VL5. Con post grouting, sólo se ven manchas con humedad.



ANEXO FOTOGRÁFICO



VL4 Techo Cavernas Las Lajas, con post grouting, se observa seco sin filtraciones.



VL5 Cámara de Desaireación, sector con pre y post grouting, se evidencia completamente seco.



VL5 Adit al pique de equilibrio, sector con post grouting, visualizado seco y se evidencian los packers de inyección de grouting.



VL5 Acceso a cámara de desaireación

CURRICULUM VITAE

Armando Olavarría Couchot (60 años, casado, tres hijos), Ingeniero Civil Minas Universidad Técnica del Estado (1979), Diplomado en Desarrollo Organizacional (1989) y Gestión Estratégica de Empresas Universidad de Chile (1994). Programa Formación Gerencial Universidad Adolfo Ibáñez (2000 y 2001). CEO Executive Program Kellogg Graduate School of Management 2001 California USA.

Distinciones

"Profesional Destacado 2001" Simposio Ingeniería Mina 2001, Universidad de Santiago de Chile.

"Ejecutivo Destacado 2004", ANSCO Asociación Supervisores del Cobre Regional Rancagua,

"Trayectoria Laboral 2007", Universidad de Atacama.

"Andrés Dávila 2009", profesional distinguido por su trayectoria laboral otorgado por pares de Comunidad Minera.

Consultor Independiente, para Proyectos y Empresa Contratista Minera. Director Comité de Túneles y Espacios Subterráneos de Chile, CTES.

Codelco Chile Casa Matriz, diciembre 2014 y enero 2015

Preside comisión investigadora accidente Rock Burst, Proyecto Nuevo Nivel Mina Teniente

Gerente General Codelco Chile División Salvador, junio 2012 noviembre 2014.

Operación subterránea, rajo abierto, planta de concentración e hidrometalurgia, fundición y refinera. Producción propia 54.000 tmf. y total 150.000 tmf., presupuesto 500 millones de dólares/año, 1.400 trabajadores propios y 3.500 contratistas.

-Lidera plan estratégico para definir operaciones rentables, cierre exitoso minas línea hidrometalurgia y negociaciones exitosas de contratos integrables para rentabilizar operaciones rajo abierto y subterránea.

-Desarrollo plan estratégico para viabilizar operación fundición, logrando aprobación de inversiones 300 millones dólares en Proyectos Flotación de Escoria y Ambientales.

-Define futuro de la División con Proyecto Rajo Inca.

Gerente General Codelco Chile División Andina, 2009 mayo 2012.

Operación subterránea y rajo abierto, producción 248.000 tmf de cobre, 770.000 tms de concentrado, y 3.500 tmf de molibdeno, presupuesto operación 900 millones de dólares/año, 1.600 trabajadores directos y 5.000 contratistas.

-Distinción Consejo Nacional de Seguridad, 2010 y 2011, por cumplir 2.000.000 hh sin accidentes incapacitantes, reducción de Índice frecuencia seguridad 246 y 4.000.000 hh sin accidentes incapacitantes.

-Negociación colectiva, logrando introducir cambios relevantes para el presente y futuro de la división.

-Reducción del ausentismo en 151%.

-Costos C1 nivel mina - concentrador dentro de los más bajos de la industria (2009).

-PEM Fase I expansión adicional 22.500 tpd.

-Construcción e implementación de un Centro Integrado de Operaciones ubicado en ciudad de Los Andes, sala única que integra todos los procesos productivos, con información en tiempo real y con modelos predictivos para medir el resultado del negocio en línea.

-Gestión conjunta con Vicepresidencia Corporativa de Proyectos para aprobación, de parte Directorio de Codelco, 170 millones de dólares para desarrollar ingeniería básica de la segunda Fase de expansión de 94.000 tpd a 244.000 tpd.

Gerente Operaciones División El Teniente Codelco Chile, 2004- 2008.

Responsable del cumplimiento de los resultados de mina subterránea, planta, fundición, servicios. Producción 400.000 tmf cobre/año, 1.300.000 tms. concentrado cobre, y 3.850 tmf. molibdeno/año. Presupuesto 900 millones dólares/año. A cargo de 5.000 y 9.000 trabajadores propios y contratistas respectivamente.

Gerente Fundición Caletones División Teniente Codelco Chile, 2001-2003.

Nivel de procesamiento 1.250.000 tms. concentrado, 370.000 tmf. cobre.

-Estandariza y estabiliza proceso fusión-refinación tras la eliminación del horno reverbero.

-Fiel y cabal cumplimiento del primer plan de descontaminación exitoso.

-Distinción Consejo Nacional de Seguridad a Comité Paritario Fundición por su destacada contribución a la Seguridad y Salud Ocupacional y un histórico hito de 800.000 hh sin accidentes incapacitantes.

Subgerente Servicios y Suministros División Teniente Codelco Chile, 1997 - 2001.

Gestiona para Mina-Concentrador y Fundición (producción 350.000 TMF/año) los servicios y suministros necesarios para ese nivel de producción: agua industrial, energía eléctrica, explotación mina cuarzo, madera, laboratorio control calidad, servicios de equipos de apoyo, mantención edificios y campamentos, mantención carreteras, instrumentación y protección eléctrica, telecomunicaciones, postas primeros auxilios, protección industrial y contratos principales como alimentación, transporte, aseos y convenio forestal con CONAF. Presupuesto 100.000 KUS\$, 1.000 trabajadores propios y 1.000 contratistas.

-Disminución costo 16%,

-Aumento productividad mano de obra 20%.

-Recibe, en 1997 distinción Consejo Nacional de Seguridad por lograr 1.500.000 hh sin accidentes

Director de Planificación Estratégica División Teniente Codelco Chile, 1995 –1997.

Cargo dependiente del Gerente General

-Lidera el Plan de Desarrollo de la División, concluyéndose en forma exitosa la existencia de un potencial de ampliación productiva de 345.000 a 480.000 TMF/año.

-Implementa convenios de desempeño a las distintas Unidades de Gestión Autónoma y Administrativas, Casos Bases, dirección y control de planes estratégicos e I & D.

Jefe Departamento Investigación y Planificación RRHH División Teniente Codelco Chile, 1993-1995.

Administra los sistemas remuneraciones, evaluación y descripción de cargos, cambios organizacionales, evaluación desempeño, cláusulas de convenios colectivos, planificación, control y presupuesto dotaciones.

-Lidera la introducción de la polifuncionalidad, desarrollo carrera e integración mantenedor operador de un nuevo sector de la mina que produce 25.000 ton/día.

-Presidente de Comité Asesor Técnico para negociaciones colectivas, participa en una negociación colectiva anticipada que involucra a 7.000 trabajadores agrupados en 6 sindicatos y negociación reglada con 600 supervisores.

Superintendente Operaciones Mina, División Teniente Codelco Chile, 1991-1992.

A cargo de 400 trabajadores y un parque de equipos principales de 10 LHD, 8 y 12 jumbos perforación horizontal y apernado respectivamente, 22 jumbos de perforación radial, 4 jumbos de perforación gran diámetro, 2 equipos shotcreteros, planta concreto y 6 equipos de mixer de transporte de concreto.

-Planifica y ejecuta la preparación minera para mantener un ritmo de producción de 95.000 ton/día. Actividades anuales 12.000 m de desarrollo horizontal y vertical, fortificación definitiva con pernos, malla, cables, shotcrete y hormigón armado. Construcción de 100 puntos de extracción, 12 puntos de vaciado, 6 cámaras de picado y la perforación radial de 650.000 m. anuales.

-Logro rendimientos históricos.

-Distinción Consejo Nacional de Seguridad 1989, más bajo índice accidentes en su categoría.

Jefe Área Mina División Teniente Codelco Chile, 1988-1990.

Desarrolla la preparación minera del sector Pannel Caving; a cargo de 200 trabajadores y un ritmo de desarrollo, minería horizontal y vertical, de 10.000 metros al año.

-Lidera exitosamente la modernización de la preparación minera, a través de la incorporación de equipos electro-hidráulica; jumbos de avance, apernado, radiales y camiones shotcreteros.

Jefe General Turno Mina División Teniente Codelco Chile, 1984-1987.

Supervisa a 150 trabajadores y los trabajos de producción 13.000 ton/turno, preparación, mantención y hundimiento de Pannel Caving, con extracción de equipos LHD de 5 yd³.

Jefe de Turno Mina División Teniente Codelco Chile, 1982-1984.

Supervisa a 100 trabajadores para las labores de producción 10.000 ton/turno, preparación y reparación minera en sector Block-Caving.

Ingeniero Entrenamiento Mina CODELCO CHILE División El Teniente, 1981.

Entrenamiento en las distintas áreas de la mina

Ingeniero Honorarios en Compañía Disputada Las Condes (EXXON), 1979 – 1980.

Trabajos en análisis estadístico de sondajes y trabajos de isoleyes

OTROS

Presidente Corporación pro Til –Til, enero 2009 a mayo 2012. Corporación integrada por Codelco Andina, Anglo American, Aguas Andina, Grupo Polpaico, Grupo URBASER-KIASA, AGRICOM Y PROACER. Misión aportar al desarrollo sustentable a la comuna de Til-Til.

Director ISAPRE Salud Río Blanco, enero 2009 - junio 2011.

Presidente Directorio Clínica Salud Río Blanco, 6.000 beneficiarios, enero 2009 - junio 2011.

Director Club Campo Coya 1994-2000, club social deportivo y recreacional ubicado en Coya, con un nivel de ventas de 1.000 KUS\$/año. Presidente del Directorio 1996-2000. Director del Club Campo Los Lirios Rancagua 2009- 2010.

Director Consorcio INDEC-CODELCO venta de tecnología y puesta en marcha Fundición Thai Copper Rayon Tailandia. 2002-2004.

Comisión Servicio Centro Corporativo de Codelco, agosto 2000 - abril 2001, participa en conjunto a Consultora Internacional Boston Cosulting, para diseñar la nueva estructura organizacional de CODELCO.

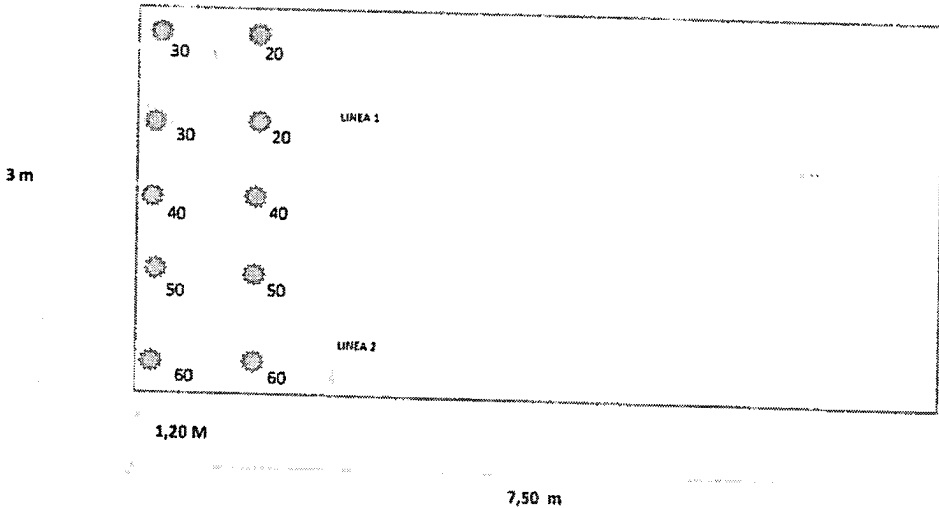
Comisión de servicio Cordillera de la Costa 1986, construcción túnel Carén, longitud 9.000 m. Índice Frecuencia Seguridad "0".


Visitas profesionales Finlandia – Suecia, entrenamiento en equipos de perforación electro- hidráulica. Brasil Fundición Cariaba, Canadá; Mina Bell, método de explotación pre-hundimiento, CANMET (Centro Investigación Minero-Metalúrgico Canada), NORANDA: Centro Investigación Minero-Metalúrgico e INCO: Operaciones Sudbury y Laboratorios Investigación, integrando comisión que recomendó la formación del Instituto Investigación Minero Metalúrgica IM2.

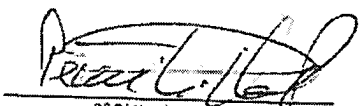
Expositor en diversos seminarios, congresos y universidades; Convención Instituto Ingenieros de Minas, SIMIN Universidad de Santiago, Universidad Autónoma Lima Perú, ALAFAR Bahía Brasil, Copper 2003 y 2013, Universidades Católica del Norte, Aconcagua, Seminario Colegio Profesionales Expertos en Seguridad Minera, Comité Regional Seguridad Minera III Región y Oracle Open World San Francisco USA.

Miembro activo Instituto Ingenieros de Minas de Chile desde 1979 y miembro del CDT Comité de Túneles de Cámara Chilena de la Construcción.

VA-4		TUNEL EL SUELO ENTRADA	TUNEL ALFALPAL II	VOLADURA No:	
V-5	x	TUNEL EL SUELO SALIDA			141




HÉCTOR MOLINA
 CNM (Nombre y Firma)


 R&Q (Nombre y Firma)

DESQUINCHE ESTACION ELECTRICA

19:40 Horas

HOCHTIEF-CON CONSTRUCCION NUEVO MALPO S.A.	DISEÑO Y CONTROL DE VOLADURAS SUBTERRANEAS	CU-AMH-FR-CM-001
Proyecto Hidroeléctrico Alto Malpo		Revisión: A
		Fecha: 20-02-15

PROYECTO				VOLADURA No.			
A-4	TUNEL EL SUELO ENTRADA	TUNEL ALFALFA I					
B	X TUNEL EL SUELO SALIDA					142	

FECHA: 18 ABRIL 2017
REMEDIANTE: ZAJMANN CASTILLO

TURNO: DIURNO (A) X NOCTURNO (B)
PK INICIAL: 13079,7
PK FINAL: _____

TIPO DE TERRENO					
I	II	III	IV	V	VI
		X			

CONFIGURACIÓN DISPARO

Descripción	Unidad	Cantidad	Descripción	Unidad	Cantidad
Largo de Perforación	m	1,4	Perforaciones	Unl	56
Taco	m2	40	Escareados + Precorte	Unl	11
Área Teórica	m2	23,48	Total Perforaciones	Unl	67
Volumen Teórico	m3	32,87	∅ Perforaciones	mm	45
			∅ Escareado	mm	102

CONSUMO DE EXPLOSIVO UNITARIO

Descripción	Cantidad	Longitud (m)	Taco (cm)	EXPLOSIVO POR PERFORACIÓN					
				Anfo (kg)	Tronex (unl)	Softron (unl)	Rioflex (kg)	Booster (unl)	Riodin (unl)
Descarga	16	1,4	40						5
Producción 1	15	1,4	40						4
Auxiliares coronas	7	1,4	40			2			1
Zapateras	9	1,4	40						5
Cajas	8	1,4	40			2			1
Coronas									
	56								

TOTAL CARGA

Explosiva	Total	P. Unit (kg)	Eq. ANFO	Total
Anfo (kg)	0			0,00
Tronex (Unl)		0,185	1,22	0,00
Softron (Unl)	30	0,141	1,13	4,78
Rioflex (kg)	0		1,04	0,00
Booster (Unl)	0	0,03	1,5	0,00
Riodin (Unl)	204	0,208	1,22	51,77

Otros Explosivos

Otros Explosivos	Cantidad
Corden Sgr	80
Full Alacoop	2
Rionel	
Rio Fuse	15

Total kg Explosivos: 56,55

Factor de Carga (kg/m3): 1,72

CONSUMO DETONADORES LP																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2		4	6		6	4	
40	45	50	55	60	65	70	80	90									
7		8				7	2										

ZAJMANN CASTILLO
CMM (Nombre y Firma)

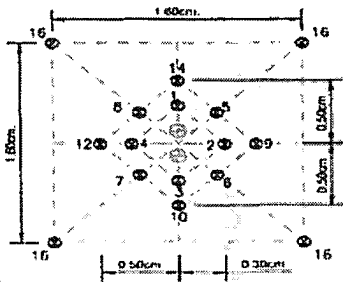
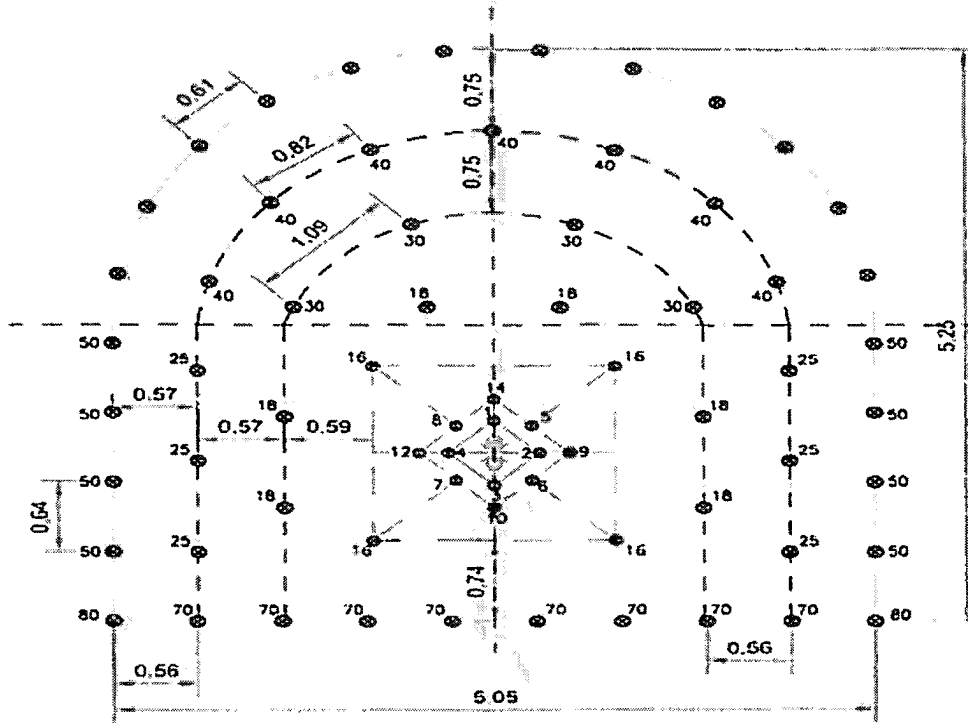
[Signature]
RQP (Nombre y Firma)

NOTA: 56

PERFORACION DE 17 (ORDENAS CADA 1 PARA DESCARTE (CILA CARGA))

Proyecto Hidroeléctrico Alto Malpo

PROYECTO		VOLADURA N°	
VA-4	TÚNEL EL SUELO ENTRADA	TÚNEL ALFALFA H	
V-5	X TÚNEL EL SUELO SALIDA		142



DETALLE CUELE
ESCALA 1:20

ZALMANN CASTILLO
CMC (Nombre y Firma)

[Signature]
RBA (Nombre y Firma)

OBSERVACIONES:
SIN CARGAR CORDONAS

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
Dirección General de Movilización Nacional

LICENCIA DE PROGRAMADOR CALCULISTA

NOMBRES : ██████████
PELLIDOS : ██████████
C.I.N. : ██████████
LICENCIA : 5607407698
UT, FISC. : PUENTE ALTO
FECHA EMISION : 11/11/2015
FECHA VENC. : 11/11/2018
TIPO LICENCIA : PROGRAMADOR CALCULISTA



ADVERTENCIAS

- 1. VALIDA PARA TODO EL TERRITORIO NACIONAL
- 2. ESTA LICENCIA ES PERSONAL E INTRANSFERIBLE
- 3. SU MAL USO ESTÁ PENADO POR LA LEY
- 4. EN CASO DE EXTRAVÍO INFORMAR A LA AUTORIDAD FISCALIZADORA O CARABINEROS DE CHILE
- 5. EN CASO DE PÉRDIDA DE LA VIGENCIA DEBE SER DEVUELTO A LA A.F.

EDGARD HARRISON JOFRE PEÑA
Teniente Coronel Carabineros
Autoridad Fiscalizadora
FIRMA Y TIMBRE A.F.

033/1360

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
Dirección General de Movilización Nacional
LICENCIA DE PROGRAMADOR CALCULISTA

NOMBRES :
APELLIDOS :

RUN :

N° LICENCIA :

AUT. FISC. :

FECHA EMISIÓN :

FECHA VENC. :

TIPO LICENCIA :

5613289942

PUENTE ALTO

02/12/2015

02/12/2018

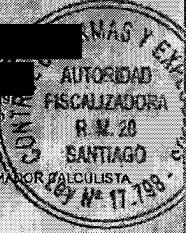
PROGRAMADOR CALCULISTA



REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
Dirección General de Movilización Nacional

LICENCIA DE PROGRAMADOR CALCULISTA

■ NOMBRES
■ APELLIDOS ■
■ RUT ■
N° LICENCIA : 06120071912
AUT. FISC. : SANTIAGO
FECHA EMISIÓN : 24/02/00
FECHA VENC. : 24/02/02
TIPO LICENCIA : PROGRAMADOR CALCULISTA



ADVERTENCIAS

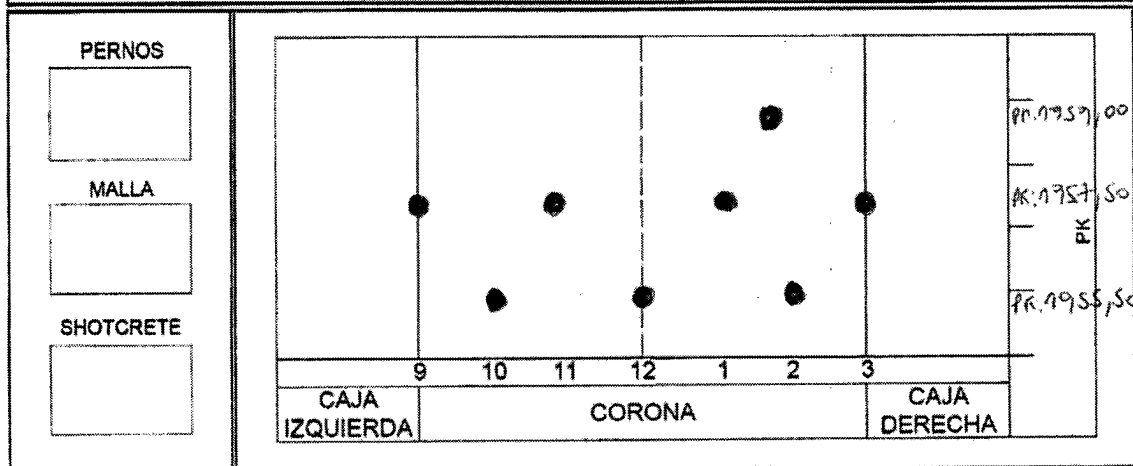
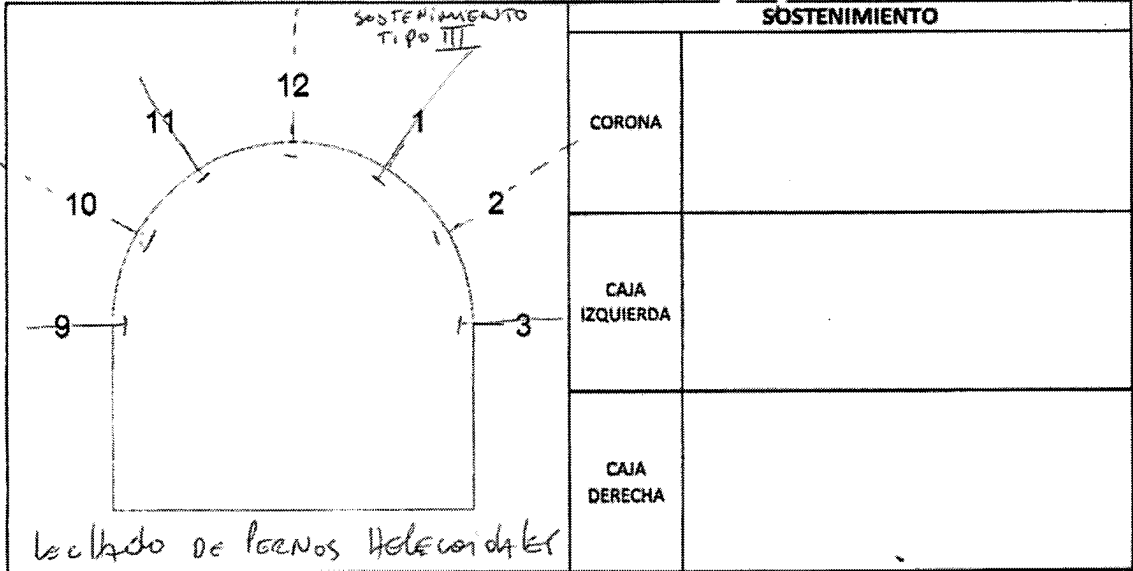
- 1.- VÁLIDA PARA TODO EL TERRITORIO NACIONAL
- 2.- ESTA LICENCIA ES PERSONAL E INTRANSFERIBLE
- 3.- SU MAL USO ESTÁ PENADO POR LA LEY
- 4.- EN CASO DE EXTRAVÍO INFORMAR A LA AUTORIDAD FISCALIZADORA O CARABINEROS DE CHILE
- 5.- PÉRDIDA DE LA VIGENCIA DEBE SER DEVUELTO A L.A.A.F.



FERNANDO RIVERA HINOJOSA
DIRECTOR GENERAL DE CARABINEROS
LEY N° 17.198 SECCION CONTROL DE ARMAS Y EXPLOSIVOS
PRIMA Y TIMBRE X 1

ALTO MAIPO	REGISTRO DE SOSTENIMIENTO COLOCADO		
	CÓDIGO DOCUMENTO - AMCO410-CNM-CON-RSC-002-0 - FECHA FORMATO 21-07-2015		
	CONTRATO AM-CO610/620B		

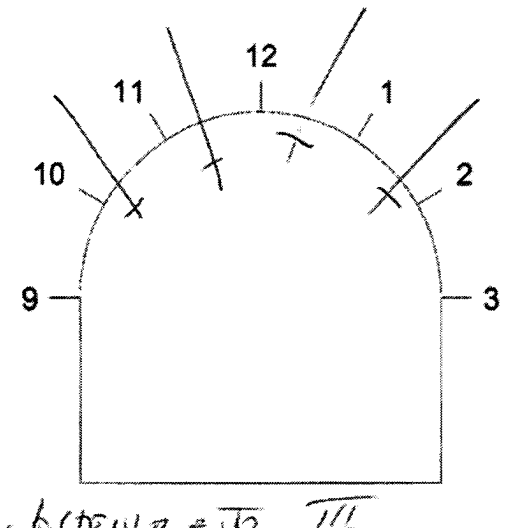
TÚNEL/FRENTE: V1	PK DE: 1955,50 HASTA: 1959,00	FECHA: 21/05/2017	TURNO: DÍA <input type="checkbox"/> NOCHE <input checked="" type="checkbox"/>
---------------------	----------------------------------	-------------------	--



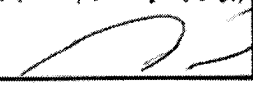
OBSERVACIONES: colocación y lechado de PERNOS Helicoidales de $L = 2165$ $\phi = 22\text{mm}$ $PR. 1955,50 = 3$; $PK: 1957,50 = 4$; $PR. 1959,00 = 1$ (Actual)	REGISTRO ITO NOMBRE: <i>Manuel Flory</i> FIRMA: <i>Juan Flory</i>
--	--

ALTO MAIPO	REGISTRO DE SOSTENIMIENTO COLOCADO		
	CÓDIGO DOCUMENTO - AMCO410-CNM-CON-RSC-001-0 - FECHA FORMATO 21-07-2015		
	CONTRATO AM-CO610/620B		

TÚNEL/FRENTE: <i>Ni</i>	PK DE: <i>1953,5</i> HASTA:	FECHA: <i>21/1/17</i>	TURNO: DÍA <input checked="" type="checkbox"/> NOCHE <input type="checkbox"/>
----------------------------	--------------------------------	--------------------------	--

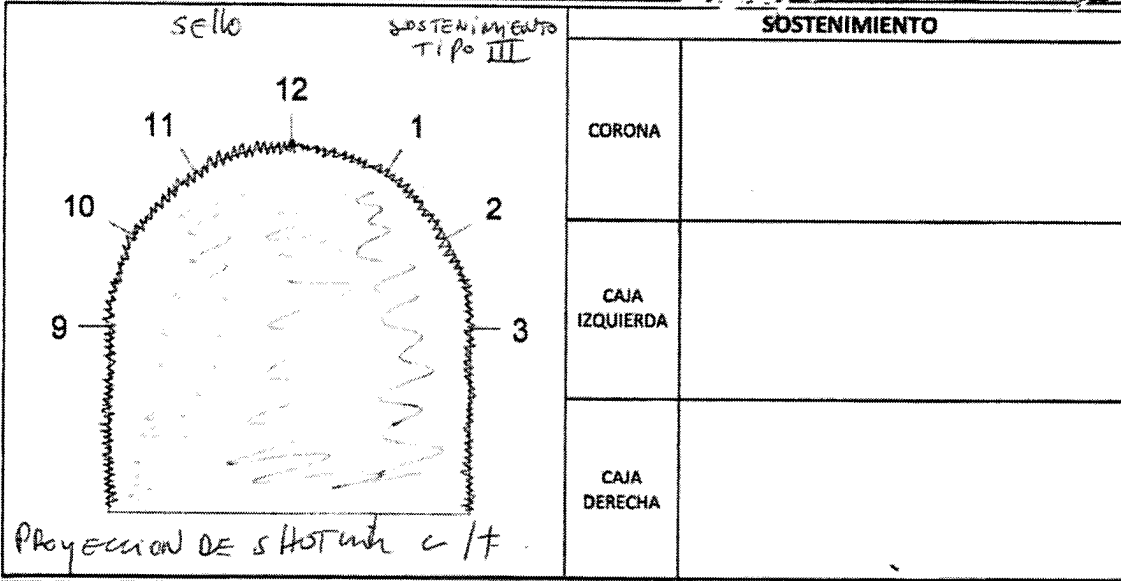
	SOSTENIMIENTO	
	CORONA	<i>LECTURA DE PERNOS HELICOIDALES</i>
	CAJA IZQUIERDA	<i>φ 22 mm L = 2,65 mm</i>
CAJA DERECHA		

PERNOS <input type="checkbox"/> MALLA <input type="checkbox"/> SHOTCRETE <input type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><i>PK 1953,5</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PK</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">CAJA IZQUIERDA</td> <td colspan="4">CORONA</td> <td colspan="2">CAJA DERECHA</td> <td></td> </tr> </table>																				<i>PK 1953,5</i>										PK		9	10	11	12	1	2	3				CAJA IZQUIERDA		CORONA				CAJA DERECHA		
									<i>PK 1953,5</i>																																										
									PK																																										
	9	10	11	12	1	2	3																																												
	CAJA IZQUIERDA		CORONA				CAJA DERECHA																																												

OBSERVACIONES: <i>PK 1953,5 ⇒ 4 UNIDADES</i>	REGISTRO ITO NOMBRE: <i>Hector Virela</i> FIRMA: 
---	--

ALTO MAIPO	REGISTRO DE SOSTENIMIENTO COLOCADO		
	CÓDIGO DOCUMENTO - AMCO410-CNM-CON-RSC-001-0 - FECHA FORMATO 21-07-2015		
	CONTRATO AM-CO610/620B		

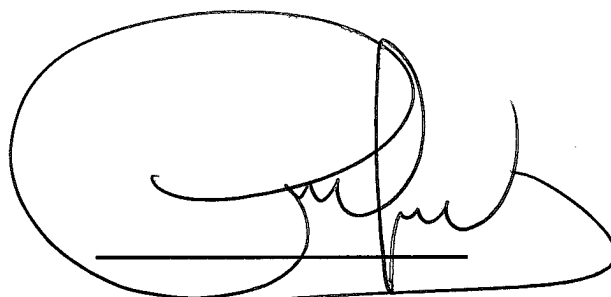
TÚNEL/FRENTE: VI	PK DE: 1955,6 HASTA: 1959,4	FECHA: 21/05/2017	TURNO: DÍA <input type="checkbox"/> NOCHE <input checked="" type="checkbox"/>
----------------------------	--	--------------------------	--



<p>PERNOS</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 5px;"></div> <p>MALLA</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 5px;"></div> <p>SHOTCRETE</p> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; margin: 5px;"></div>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td> <td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td> <td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td> <td style="width: 10%;">+</td><td style="width: 10%;">+</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td><td>+</td><td>+</td> <td>+</td><td>+</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>9</td><td>10</td> <td>11</td><td>12</td> <td>1</td><td>2</td> <td>3</td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CAJA IZQUIERDA</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">CORONA</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">CAJA DERECHA</td> </tr> </table>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			9	10	11	12	1	2	3							CAJA IZQUIERDA	CORONA						CAJA DERECHA					
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																																																										
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																																																										
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																																																										
	9	10	11	12	1	2	3																																																															
CAJA IZQUIERDA	CORONA						CAJA DERECHA																																																															

<p>OBSERVACIONES: Proyección de 6 m³ de shotcrete c/f, sello SH-40 PK: 1955,6 al 1959,4</p>	<p style="text-align: center;">REGISTRO ITO</p> <p>NOMBRE: <i>Romulo Fdez</i></p> <p>FIRMA: <i>Juan Fdez</i></p>
---	---

INFORME PERITO
DILIGENCIA VISITA TERRENO
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE
VEGA EY-1, EL YESO
PROCEDIMIENTO SANCIONATORIO
D-001-2017

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'M' followed by a cursive name. The signature is written over a horizontal line.

Mauricio Lemus

Abril, 2017

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	3
2.	ALCANCE DEL INFORME PERICIAL	3
3.	REPORTE TÉCNICO DE LOS HECHOS OBSERVADOS RELACIONADOS CON EL CARGO N°1	4
3.1	Antecedentes Generales	4
3.1.1	Vegas Altoandinas	4
3.2	Vegas Altoandinas en el Área del Proyecto Alto Maipo.....	5
3.3	Análisis Afectación Vega EY1.....	5
3.3.1	Pérdida de vega en el área de emplazamiento del camino de acceso al puente El Yeso	6
3.3.2	Afectación de la vega por interrupción del flujo de agua producto de implementación del camino de acceso al Puente El Yeso	8
3.3.3	Afectación de vegas aguas arribas del camino de acceso al puente El Yeso	9
4.	CONCLUSIONES	12
5.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Carpeta de rodado del camino, pérdida de superficie de vega	6
Figura 2.	Presencia de formación de matorral nativo (DSC00238, visita terreno)	7
Figura 3.	Afectación de vega por interrupción de la irrigación (DSCO1655, visita terreno)	8
Figura 4.	Vegas alteradas aguas arriba del camino de acceso al puente El Yeso.....	10
Figura 5.	Obras civiles y afectación de vega en estudio año 2010 y año 2013.....	11

1. INTRODUCCION

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM), se encuentra ubicado en la Región Metropolitana, comuna de San José de Maipo, y comprende la construcción y operación de dos centrales hidroeléctricas de pasada: Alfalfal II y Las Lajas, dispuestas en serie, para lo cual considera el aprovechamiento de las aguas provenientes de la zona alta del río Volcán, del río Yeso, de las aguas turbinadas provenientes de la actual Central Alfalfal y de la cuenca intermedia del río Colorado.

En el marco de la etapa de construcción en la cual se encuentra, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) resolvió formular cargos en contra de Alto Maipo SpA mediante RES. EX. N° 1/ROL D-001/2017 por catorce hechos que estima constitutivos de infracciones asociadas a incumplimientos a las condiciones, normas y medidas establecidas en la RES. EX. N° 256/2009 que autorizó ambientalmente el proyecto.

Por RES. EX. N°4/ROL D-001-2017, previo a resolver el Programa de Cumplimiento presentado por el titular en el marco del referido procedimiento sancionatorio, y *“con el fin de observar, geo referenciar y fotografiar en terreno, las áreas y estructuras relacionadas con las acciones 1.1, 1.2 (cargo N°1), 12.3 (cargo N° 12), 14.1 y 14.2 (cargo N° 14) de la propuesta de Programa de Cumplimiento presentada por el titular”* la SMA decretó la visita a las instalaciones del proyecto, *“en particular, los frentes de trabajo asociados a los portales VL4, VL5, VA1, VA4, V5 y el camino VA4 en la sección que intersecta la vega EY-1.”*

El presente Informe Pericial se elabora respecto de dicha diligencia, por el perito Mauricio Lemus Vera, Ingeniero Forestal de la Universidad de Chile, especialista en rehabilitación de ambientes degradados con más de quince años de experiencia en la elaboración y ejecución de proyectos de restauración hidrológica y forestal, conservación de suelos y aguas, rehabilitación de suelos contaminados y rehabilitación de ecosistemas altoandinos entre otros proyectos realizados, designado como perito por el titular en escrito de fecha 05 de abril de 2017 (documento N° 40 del expediente electrónico), calidad que le fue reconocida mediante RES. EX. N° 5/ROL D-001/2017.

2. ALCANCE DEL INFORME PERICIAL

El presente informe entrega una opinión experta asociada a las observaciones realizadas a partir de diligencia ordenada y dirigida por la Superintendencia del Medio Ambiente en compañía de funcionarios de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y profesionales de la Dirección General de Aguas Región Metropolitana (DGA RM), el 18 de abril de 2017, en lo que dice relación con el cargo N° 1

de la formulación de cargos que señala textualmente que *“Se afectó sin autorización una superficie aproximada de 850 m2 de la vega EY- 1”*.

La SMA estima que este hecho infringe la exigencia establecida en el Considerando N° 6.1.1 de la RES. EX. N° 256/2009, el punto IV, 4.5 del Informe Consolidado de Evaluación, y lo indicado en la Tabla 6.4.1.5.5 del Estudio de Impacto Ambiental, denominada Superficie de Vegas Afectadas por el Proyecto. Cabe señalar que la SMA califica esta infracción como grave.

Alto Maipo presentó un Programa de Cumplimiento que contempla para este cargo dos acciones:

- La acción 1.1, que consiste en elaborar e implementar un plan de acciones, por parte de un tercero especialista, enfocado en el enriquecimiento de un área de vega contigua y aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso.
- La acción 1.2 que consiste en excluir el área a recuperar mediante la construcción de un cerco en los límites del área a mejorar y enriquecer de la vega EY-1.

3. REPORTE TÉCNICO DE LOS HECHOS OBSERVADOS RELACIONADOS CON EL CARGO N°1

3.1 Antecedentes Generales

3.1.1 Vegas Altoandinas

La convención RAMSAR define los humedales como *“las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”*. Cabe precisar que los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, es decir, que su naturaleza no responde a los grandes factores continentales en las que se ubica, éstos presentan un aporte hídrico permanente y constante influenciado por precipitaciones estivales, están ubicados principalmente en la Cordillera de los Andes y Cordillera de la Costa en ambientes áridos- fríos asociados a vegetación arbustiva o herbácea de baja cobertura, es decir, bajo el cincuenta por ciento y baja estratificación. Se caracterizan por ser sistemas de mayor producción dentro de su entorno, pero de menor superficie, es por ello que son de significativa relevancia. Estas formaciones pueden ser originadas por la presencia de un acuífero subterráneo permanente o por cursos de aguas superficiales que, en conjunto con las precipitaciones, logran que los humedales se establezcan y permanezcan activos (Ahumada y Faúndez,

2009). En el caso de las vegas, éstas se caracterizan por ser ecosistemas que presentan niveles freáticos superficiales o subsuperficiales y en la mayoría de las veces no alcanzan a estar saturados, y su vegetación presente tiene un crecimiento rizomatoso (Ahumada y Faúndez, 2009). De aquí radica la importancia de estos ecosistemas los cuales no son sólo ecosistemas en transición y muy dinámicos, sino que también proveen de bienes y servicios imprescindibles como el agua, alimentos, capturan carbono, abastecen de agua para riego, generación de energía, además poseen un potencial turístico y un patrimonio cultural. Es por esto que se debe generar un compromiso para cuidar y manejar de manera sustentable este valioso recurso (WWF, 2015; CONAF, 2010).

3.2 Vegas Altoandinas en el Área del Proyecto Alto Maipo

De acuerdo a un estudio de inventario de vegas elaborado por el Centro de Ecología Aplicada (CEA, 2013b), la riqueza de especies en las vegas presentes en las cuencas de los ríos Colorado, Yeso y Volcán, varía entre 3 y 31 taxa, y que la vegetación se encuentra dominada por especies de las familias *Cyperaceae* (*Carex spp.*, *Eleocharis spp.*, *Phylloscirpus acaulis*), *Juncaceae* (*Juncus spp.*, *Patosia clandestina*) y *Poaceae* (*Deschampsia spp.*, *Festuca spp.*), con una alta cobertura de vegetación (85-100%). Cabe destacar que no se encontraron especies clasificadas en categorías de conservación.

3.3 Análisis Afectación Vega EY1

Durante la diligencia, en compañía de profesionales pertenecientes a PHAM, SMA, SAG y DGA RM, se pudo constatar la afectación de un área de vega en el sector de acceso al puente El Yeso.¹

¹ Acta 18 de Abril 2017 "19. Funcionarios del SAG recorren a lo largo del camino VA4 identificando rasgos de vega afectada aguas arriba y abajo del camino mientras funcionarios SMA fotografían (entre otras anexo 2 imágenes DSC00238.JPG, DSC00245.JPG, DSC00250.JPG, DSC00251.JPG, DSC00252.JPG, DSC01635.JPG, DSC01645.JPG y DSC01655.JPG). 20. VCC señala que se puede observar material basal de la vega entre los escarpes de material alledaño al camino VA4 que conforman el pretil del camino. Asevera que de este material basal depende la alimentación de la vega y que puede distinguirse ya que es poroso (anexo 2 imágenes DSC01637 y DSC01639). 21. XCF reafirma la observación de VCC. 22. XCF en su recorrido por el camino VA4 encuentra juncos en sector aguas arriba del camino VA4 y señala que estas son plantas indicadoras de la presencia de vega, se fotografían las mismas. 23. XCF en conjunto con JBG hacen recorrido con equipo PDA y antena de precisión en zonas indicadas por el criterio experto de SAG como directamente afectadas de la vega por el camino, de manera de registrar el track de dicha superficie [...] 43. XCF indica que el área afectada por el camino aguas debajo de la vega corresponde de manera estimativa a un área de 1000 m². Asimismo que la afectación realizada ha involucrado especies perennes y anuales. 44. Se realiza georreferenciación por parte de funcionarios de SMA, guiados por criterio experto de SAG (XCF) con equipo POA y antena de precisión del área de vega aguas abajo del camino VA4 que estaría siendo afectada al disminuirse el suministro hídrico por el camino."

En la afectación se pueden distinguir 2 procesos: por una parte, la pérdida de una superficie vega por efecto de la construcción del camino y, por otra, la degradación de vega aguas abajo del camino de acceso al puente, como efecto de la alteración de los flujos hídricos producto del camino y obras de desagüe. No obstante, cabe señalar que este último fenómeno se debe también a otros proyectos aledaños a la construcción del camino antes citado, y por lo tanto al realizar un análisis de la afectación por degradación, es necesario también considerar estos elementos de contexto.

3.3.1 Pérdida de vega en el área de emplazamiento del camino de acceso al puente EL Yeso

En las inspecciones de campo realizadas durante mes de abril, fue posible observar que la construcción del camino de acceso al Puente El Yeso, produjo pérdida de una parte de la superficie de la vega EY-1, y además la alteración del flujo hídrico de la vega ubicada aguas abajo.²

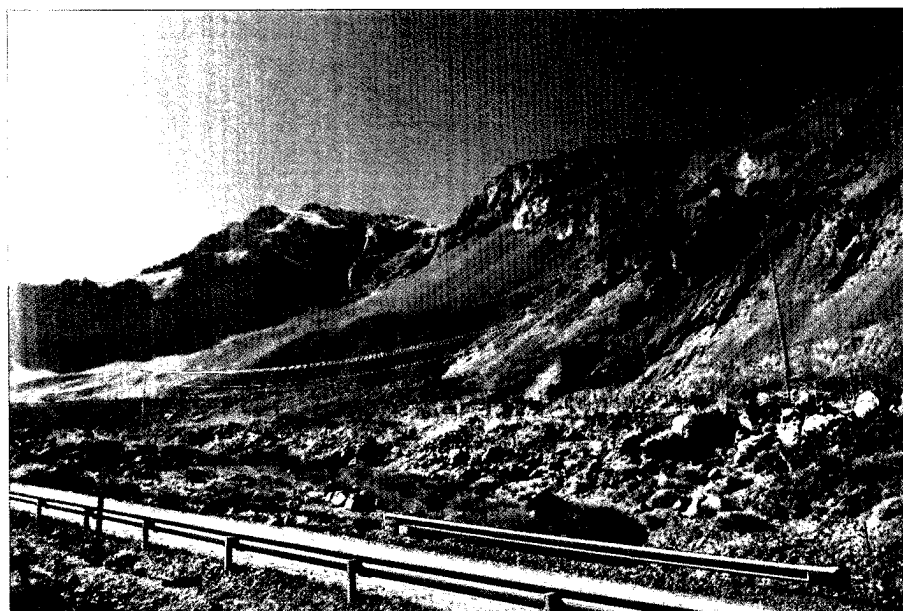


Figura 1. Carpeta de rodado del camino, pérdida de superficie de vega.

Como consecuencia de la ejecución del camino se eliminó una fracción de superficie de la vega EY-1. Cabe señalar que no toda el área de emplazamiento del camino afectó formaciones reconocidas como vegas, sino también a formaciones de matorral nativo. Ello se pudo deducir de las inspecciones de campo realizadas, al observar y analizar el relieve,

² Acta 18 de Abril 2017 “24. CTA consulta dónde se encuentra la alcantarilla construida que se menciona en los documentos asociados a la propuesta del programa de cumplimiento.”

la flora, la vegetación y el suelo presentes; así como el estudio de imágenes satelitales históricas del área.

Lo anterior es coherente con las fotografías DSC00245, DSC00250, DSC00251, DSC00252, DSC01635, DSC01645, DSC01655 y DSC00238, registradas por funcionarios de la SMA durante la inspección, en el sector inspeccionado se observa la presencia de formaciones de matorral nativo creciendo naturalmente al lado de las áreas donde potencialmente se ubican los sectores de vega. De esta manera, las formaciones de vega (vegetación azonal) se distribuyen en una matriz de matorral nativo (vegetación zonal) donde precisamente las condiciones de humedad posibilitan su desarrollo.



Figura 2. Presencia de formación de matorral nativo (DSC00238, visita terreno)

Para cuantificar la superficie de la formación de vega que efectivamente se eliminó producto del emplazamiento del camino, el suscrito propone revisar la secuencia de imágenes históricas para identificar el área de máximo potencial de ocupación de la vega. De acuerdo con los archivos kmz entregados en el Anexo 3.1 y 3.2 del Acta de diligencia de la SMA correspondiente al 18 de abril de 2017, que contienen los polígonos del track realizado por los funcionarios del SAG y la SMA para delimitar con criterio de experto la superficie de vega afectada por el camino de acceso El Yeso, la superficie afectada que se encuentra aguas abajo del camino de acceso sería de 905 m², mientras que la superficie que coincide el área de emplazamiento del camino de acceso al puente El Yeso sería de 273,7 m².

Para inferir las características de la flora que habría tenido esta formación, se sugiere analizar una vega de referencia localizada aguas arriba del área afectada.

3.3.2 Afectación de la vega por interrupción del flujo de agua producto de implementación del camino de acceso al Puente El Yeso

En la visita a terreno se pudo constatar que la ejecución del camino interrumpe el drenaje natural de aguas (Figura 2), afectando la continuidad de la irrigación de la vega aguas abajo del camino.³

Considerando las condiciones topográficas del área es posible inferir que naturalmente en el lugar coexisten formaciones de matorral nativo, manchones de vega y suelos con escasa o nula vegetación.



Figura 3. Afectación de vega por interrupción de la irrigación (DSCO1655, visita terreno)

Cabe destacar que del análisis de imágenes satelitales y de la inspección visual de la zona afectada, se puede constatar que naturalmente esta zona presenta características más xerófitas que la vega aguas arriba del camino público.

³ Acta 18 de Abril 2017 "33. XCF señala que se visualizan como áreas afectadas de la vega, zonas aguas arriba y abajo del camino VA4, existe escurrimiento que no produce riego. Asimismo, que se puede visualizar en sector aguas debajo de la vega fecas de animales, por lo que las acciones relacionadas con la vega deben incluir control para evitar una afectación por terceros. 34. Se visualiza el área de vega aguas abajo del camino VA4 fecas de ganado y basura, se fotografían (entre otras anexo 2 imágenes DSCO1648.JPG, DSCO1661.JPG, DSCO1664.JPG, DSCO1665.JPG y DSCO1670.JPG)."

En base a la experiencia de rehabilitaciones realizadas en vegas altoandinas de la IV Región, se estima que el sólo hecho de restituir el flujo de agua desde la vega superior permitiría reestablecer las condiciones que hacen posible la existencia de paños de vega.

Se considera que el desarrollo de obras que permitan el flujo del agua proveniente aguas arriba del camino y obras de regulación del flujo con un cierre perimetral permitirán rehabilitar las vegas afectadas permitiendo incluso condiciones mejores previas afectación por el camino.

3.3.3 Afectación de vegas aguas arribas del camino de acceso al puente El Yeso

Durante la visita a terreno se pudo observar que las vegas localizadas aguas arriba del camino de acceso al puente, también se encontraban afectadas (figura 3). En opinión del suscrito, esta afectación es consecuencia de intervenciones realizadas por otros proyectos, no realizados por PHAM, en una faja localizada inmediatamente contigua a la ruta G455 y esta afectación se superpone al efecto local sobre las vegas aguas abajo del camino construido por PHAM (figura 4).⁴

⁴ Acta 18 Abril 2017 “29. Miembros de la empresa agregan que además la zona aguas arriba del camino VA4 en que se visualiza vega afectada habría sido producida por el proyecto de Aguas Andina que se localiza en zona más arriba de camino El Yeso.” Esta afirmación fue precisada en el sentido que la afectación de la zona aguas arriba del camino VA4 se produjo, en primer lugar, con la construcción del camino público ruta G455. Posteriormente, aguas abajo del camino público se realizaron las intervenciones de PHAM y de Aguas Andinas. La intervención de PHAM produjo la pérdida de vega en la porción donde se construyó el camino de acceso al Puente El Yeso, denominado camino VA4, y el deterioro de la porción aguas abajo del mismo, pero no ha tenido efectos sobre el sector que se encuentra entre la ruta G455 y el camino construido por PHAM. La construcción del ducto CAYA de Aguas Andinas intervino el sector ubicado entre la ruta G455 y el camino hacia VA4, profundizando la afectación en esa porción. “30. CTA consulta por cuál obra habría sido construida primero, si el camino VA4 o las obras de Aguas Andina.” Si bien en acta se consigna que miembros de la empresa indican que las obras de Aguas Andina se habrían construido primero, y VCC indica que fueron coetáneas, la afirmación fue aclarada en el sentido que la intervención de Aguas Andinas fue posterior a la intervención del PHAM por el camino a VA4 y coetánea a la implementación de la pista de rodado del referido camino.”



Figura 4. Vegas alteradas aguas arriba del camino de acceso al puente El Yeso.

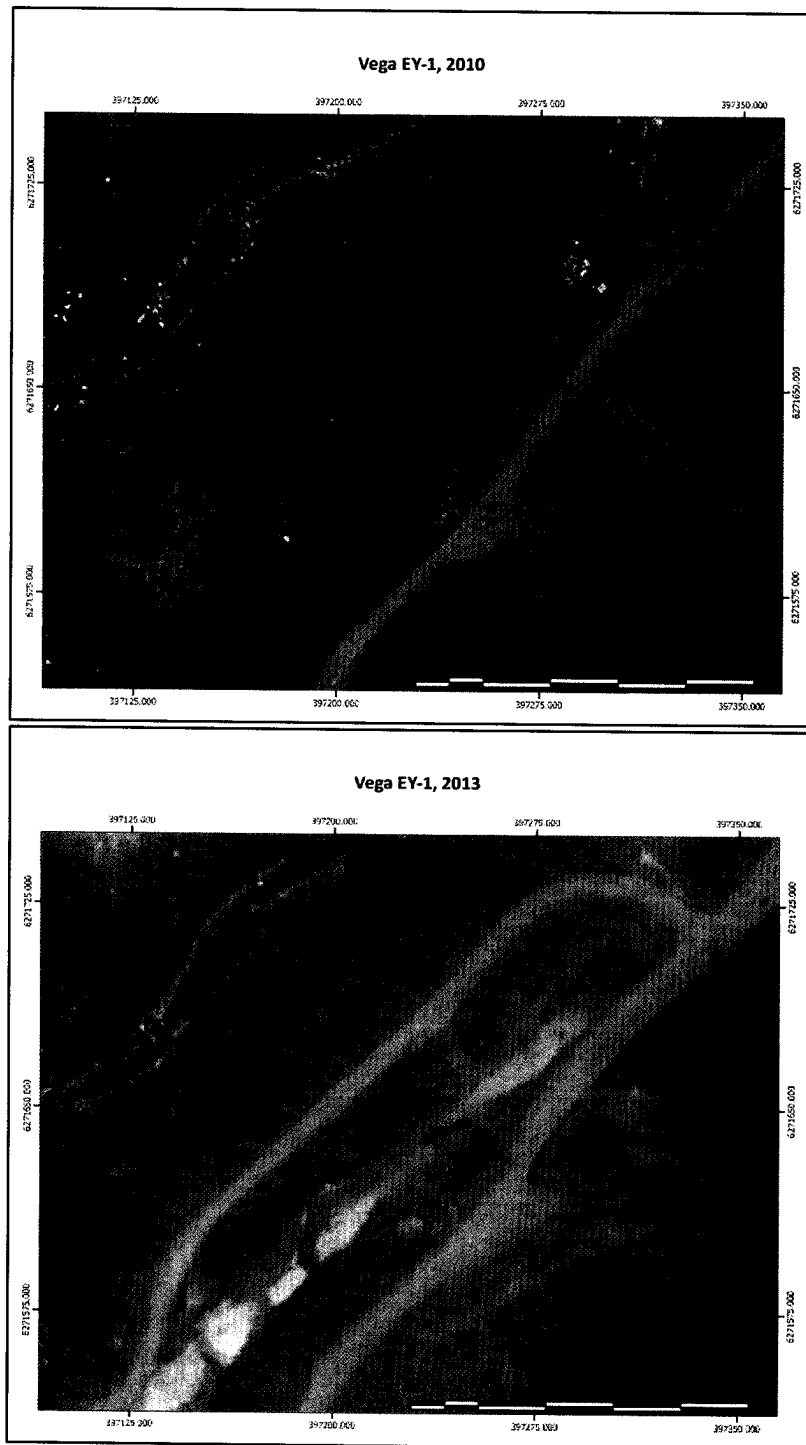


Figura 5. Obras civiles y afectación de vega en estudio año 2010 y año 2013.

Si bien la construcción del acceso no afecta las vegas que se encuentran aguas arriba, el desarrollo de otros proyectos han alterado su estado y dinámica.

4. CONCLUSIONES

En base a las inspecciones visuales realizadas durante el mes de abril, análisis de imágenes satelitales, estudios previos y lo observado en visita conjunta realizada con las autoridades de SMA, SAG y DGA RM, sobre la afectación de la vega EY 1 y de la revisión de las medidas de recuperación propuestas por PHAM en el Programa de Cumplimiento, el suscrito señala lo siguiente:

Las vegas presentes en la zona presentan una degradación basal debido a intervenciones producidas por la implementación de obras de infraestructura, como el camino público G455, junto con otros proyectos y el pastoreo tradicional al que están expuestas las vegas, a los que se suma la intervención del camino de acceso al puente El Yeso realizado por PHAM.

La ejecución del camino de acceso al puente El Yeso generó una afectación de la vega por pérdida (carpeta de rodado sobre vega), y alteración de la vegetación por interrupción de la irrigación que escurre hacia aguas abajo del camino.

De la observación de la flora presente y la topografía del lugar, se deduce que la formación de vega no es continua en el área de implementación del camino de acceso al puente. La implantación del camino habría afectado manchones de vega y matorral. La formación vega está acotada por la topografía a las áreas que históricamente han recibido aportes de agua y esta superficie inclusive en los años más favorables no ocupa toda la superficie del camino.

Existen singularidades topográficas dadas por el relieve que guían el paso de agua y por lo tanto determinan el desarrollo de vegetación azonal en aquellas áreas que reciben el aporte hídrico, por lo cual se estima necesario precisar la superficie de vega afectada por construcción del camino.

En relación a las acciones propuestas en el Programa de Cumplimiento comprometido por PHAM, se estima que las acciones comprometidas son las apropiadas, ya que el proceso fundamental para recuperar el área perturbada aguas abajo del camino de acceso al puente el Yeso consiste en elaborar un diagnóstico de la vega afectada para diseñar acciones de mejora y enriquecimiento del paño de vega aledaño al camino de acceso al puente El Yeso que considera restituir el aporte hídrico en las zonas afectadas aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso. Mientras que para el área donde se produjo la

pérdida de superficie de vega por el emplazamiento del camino de acceso, el suscrito sugiere implementar una medida de compensación que resulte equivalente a la afectación asociada al camino de acceso al puente El Yeso.

Para evaluar el éxito del plan de mejoramiento y enriquecimiento propuesto por el PHAM se considera necesario la implementación de un plan de monitoreo con indicadores que den cuenta del estado de la flora, la vegetación y el suelo de la vega en rehabilitación, incorporando para tales efectos un área de referencia, localizada aguas arriba, que permita comparar la evolución de dichos indicadores.

5. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- AHUMADA, M., AGUIRRE, F., CONTRERAS, M., FIGUEROA, A. 2011. Guía para la Conservación y Seguimiebnto Ambiental de Humedales Andinos. Ministerio del medio ambiente. [En línea] <http://www.sinia.cl/1292/articulos-53554_guiaConsSeguimientoHumedales2011.pdf > [Consultado: 9 de Enero de 2016].
- AHUMADA, M., FAÚNDEZ, L. 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. 118 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL. 2010. Programa Nacional para la conservación de humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Convenio de eficiencia institucional 2010.
- CEA, 2013 a. Estudio de Vegas adyacentes a camino VA4 y SAM 2 en sector El Yeso y Propuesta de Medidas de Manejo Ambiental.
- CEA, 2013 b. Inventario de vegas proyecto hidroeléctrico Alto Maipo. Caracterización vegetal y edáfica de vegas andinas Asociadas al PHAM. 142 pp.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: clasificación y distribución geográfica. Santiago: Editorial Universitaria. 121p
- LUEBERT, F., PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile. Editorial Universitaria.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A Y NAVARRO, J. 1996. Hidrología Forestal: El ciclo hidrológico. Manuales y textos universitarios: Ciencias n°10. Secretariado de publicaciones e intercambio editorial. Universidad de Valladolid. 286 pp
- RAMSAR. 1996. Manual de la Convención de Ramsar; Una guía a la Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional. Preparado por: T. J. Davis, D. Blasco y M. Carbonell. Editor: Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. Publicado por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, España. 211 pp.
- RAMSAR. 2013. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

RAMSAR, C. 2015. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos. Corporación Nacional Forestal. Convenio RAMSAR. 22 p

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL. 2006. Conceptos y Criterios para la Evaluación Ambiental de Humedales. Servicio Agrícola y Ganadero. Ministerio de Agricultura. Santiago. 81 p.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). 2015. Los humedales altoandinos. <http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos_es.pdf> [Consultado: 15 de Enero de 2016].

CURRICULUM VITAE

Mauricio Lemus Vera

Celular [REDACTED]

RESUMEN

Ingeniero Forestal, Especialista en rehabilitación de ambientes degradados.

Desarrollando importantes proyectos en temáticas tales como conservación de suelo y agua, rehabilitación de áreas degradadas por la minería, restauración hidrológica forestal de cuencas degradadas. Especialista en Rehabilitación de Ecosistemas, Planes cierre y elaboración de líneas bases. Experiencia en manejo de sistema de información geográfica y preparación de planta óptima para repoblación en áreas degradadas.

Ha participado de diversos cursos de especialización el extranjero y es autor de diversas publicaciones en las áreas antes descritas, experiencia transmitida en conferencias nacionales e internacionales

ANTECEDENTES ACADÉMICOS

Universidad de Chile, Ingeniería Forestal 1992 -1997

Grado Académico Licenciado en Ingeniería Forestal

Título Profesional Ingeniero Forestal, Universidad de Chile

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Enero 2014 Hasta la Fecha	<p>Profesional CESAF Universidad de Chile Apoyo Proyecto de Rehabilitación Ambiental</p> <p>Biocys Consultora Medio Ambiental Gerente General Encargado de Rescate y Relocalización Cactáceas Proyecto Doña Antonia Ovalle (GAC-IMELSA) Encargado Diseño y Ejecución de Proyecto Restauración Área Afectada por Incendio (Sociedad Canalista del Maipo) Asesor y Ejecución Estudios Diseño Hidrológico- Conservación de Suelos y Aguas. (Minera Los Pelambres) Diseño de Proyectos de Restauración Hidrológica8 Proyecto El Espino (GAC - Minera Pucobre) Encargado de Diseño y Ejecución Ensayo Fitoestabilización Embalse Cauquenes (Minera Valle Central) Elaboración Proyecto Plan de Conservación de Suelo Forestaciones Compensatorias Pelambre (GeoBiota - Pelambres) Asesor Estudio Manejo de Vega Altoandinas (Minera Los Pelambres) Asesor Vivero Forestal Cuncumen CDS (Cooperativa Desarrollo Sustentable)</p>
---------------------------	---

	<p>Asesor Área Rehabilitación Ambiental Reciclajes S.A. Estudios Componentes Ambientales (ECONERGIA) Línea Bases Ambientales – Estudios de Suelo – Planes de Manejo de Obras Civiles (E Management- Proteknia- IMELSA-Camarico Wind Farm Spa). Plan de Manejo Forestal (Q Cells) Proyecto Reforestación (Sector Montenegro Región Metropolitana) (QCells) Asesoría Plan de Manejo Forestal (Proyecto Eletrans). Asesoría Informe Experto (Proyecto Inmobiliario Alto Ritoque) Elaboración de Planes de Manejo de Obras Civiles y Planes Trabajo de Formación Xerofítica. Elaboración Pertinencia Ambiental Tranque de Relave. Minera La Culebra Estudio Impacto Depósito El Sauce sobre recurso hídrico. Minera La Culebra</p>
2014 - 2016	<p>Profesor Colaborador Hidrología Forestal Profesor Colaborador Principios para la Conservación de Suelos y Aguas Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.</p>
2014 - 2016	<p>Académico Director de Proyectos de Título. Universidad Andrés Bello</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plan de Cierre Minería - Pequeña Minería y Medio Ambiente - Fitoestabilización
Abril 2013 – Enero 2014	<p>EGV Geomensura Jefe Departamento Ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración y supervisión de Proyectos
2009-2014	<p>Académico Diplomado Rehabilitación Ambiental Terrestre. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.</p>
2013-2014	<p>Académico Director de Proyecto de Título. Universidad Andrés Bello Estudios Pequeña Minería y Evaluación de Riesgos Poderes de Compra ENAMI</p>
2013	<p>Académico Diplomado Especialización en Management Ambiental Grow Way Ambiental – Colegio Ingeniero de Chile</p>
Mayo 2011 – Abril 2013	<p>Ambiente Seguro Jefe Dpto. Restauración y Remediación Ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asesor Especialista en Elaboración de Estándares Ambientales (Corporación Nacional del Cobre de Chile- CODELCO) <ul style="list-style-type: none"> • Estándar Residuos Mineros Masivos CODELCO • Estándar Cierre de faenas MinerasCODELCO - Estudios Proyecto Fitoestabilización Tranques de relaves, faena cabildo, Minera Cenizas - Asesoría Validación Vulnerabilidades Socio Ambientales. CODELCO - Planes de trabajo de formación Xerofíticas , Planes de Manejo de Obras Civiles, Planes de Manejo de Vialidad, Cambio Uso de Suelo, Levantamiento de información en Terreno, Elaboración de Líneas bases- Estudios de Suelo. <i>Proyecto EL Marro</i> GOLDCORP - Línea Base de Flora y Vegetación Modificación Camino de Acceso y Estudio Agrológico, Campamento Maitenes Proyecto Nuevo Nivel Mina. CODELCO EL TENIENTE - Encargado de elaboración de Planes de Cierre Faenas <ul style="list-style-type: none"> • Planta San José (Mineras Sociedad Minera Punta del Cobre).

	<ul style="list-style-type: none"> • Planta Biocobre (Mineras Sociedad Minera Punta del Cobre). • Tranque de Relaves San José (Mineras Sociedad Minera Punta del Cobre). • Planta Los Mantos, (Cia. Minera Altos de Punitaqui). • Mina Cinabrios, (Cia. Minera Altos de Punitaqui). <p>- Sistema de Información Geográfica.</p>
2001-2011	<p>Encargado de Estudios, Convenio Ambiental CONAF VI Región – EL TENIENTE CODELCO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encargado de Estudios en las siguientes áreas temáticas: • Diseño de Obras de Conservación de Suelo y Aguas • Fitoestabilización de embalse de relave (Embalse de Cauquenes – Embalse Barahona) • Encargado de Vivero Forestal y Producción de planta ideal • Encargado de Forestación Suelos Contaminados y Zonas Aridas (Vegetación Nativa, Aproximadamente 400 Ha) • Preparación planta óptima para repoblación en áreas degradadas. • Estabilización biotécnica de taludes • Rehabilitación de áreas degradadas por la Minería. • Rehabilitación de Empréstitos • Encargado de Sistema de Información Geográfica y Cartografía. • Apoyo programa difusión: charlas a la comunidad, elaboración de material divulgativo. • Apoyo Diseño y Ejecución de Planes de Manejo
1999-2001	<p>Prestador de Servicio Provincial Colchagua CONAF Proyecto "RESTAURACIÓN HIDROLÓGICA Y FORESTAL DE LA CUENCA PONIENTE DEL POBLADO SIERRAS DE BELLAVISTA, VI REGIÓN".. Asesor Vivero Forestal CONAF, Chomedahue Santa Cruz, Región del Libertador General Bernado OHiggins.</p>
1998-1999	<p>Prestador de servicio en Proyecto "Bases para un ordenamiento territorial ambientalmente sustentable, para la región metropolitana, componente suelo". Componente Suelo. Profesión Experto. Departamento de Investigación y Desarrollo. Universidad de Chile. Realizando las siguientes labores específicas :- Recolectar la información temática existente sobre el estado del componente ambiental suelo. - Apoyar el análisis de la capacidad actual del rendimiento (indicadores de aptitud) y de la sensibilidad (indicadores de vulnerabilidad) del componente ambiental suelo. - Apoyar la revisión y análisis de la fotointerpretación de la Región Metropolitana, del componente suelo. - Apoyar el procesamiento de las cartas realizados en sistema de información geográfica.</p> <p>Prestador de servicio en la calidad de Profesor participante en la asignatura GEOGRAFÍA FÍSICA Capítulo Geomorfología. - Prestador de servicio en la ayudantía de RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Profesión Experto Fac. Cs Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. - Prestador de servicio en la asignatura de GEOGRAFÍA FÍSICA. Profesión Experto. Fac. Cs Agrarias y Forestales. Universidad de Chile</p>

Cursos Internacionales

2012	<p>Curso "Técnicas y Modelos de Clasificación" Universidad de Valladolid. España. 23 de Enero al 30 de Marzo. Curso a distancia 60 Horas lectivas</p>
2011	<p>Curso " Indicadores de la Calidad Ambiental" Campus Virtual TOP Centro de Desarrollo y Asistencia Técnica en Tecnología para la Organización Pública. Curso a Distancia, Argentina</p>
2010	<p>Primer curso sudamericano sobre metodologías de evaluación de la degradación de tierras en zonas áridas. Realizado en el marco del proyecto LADA/FAO. Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas (IAOIZA), Ciudad de Mendoza, República Argentina. 07 al 18 de Junio.</p>
2008	<p>Diploma Técnico Ambiental Curso organizado por Fondo Verde con la acreditación académica del Colegio de Ingeniero del Perú – Consejo Departamental de Junin. Curso a distancia, 400 horas lectivas. BECA OEA</p>
2007	<p>Aplicación de Información Geo-espacial para el manejo del riesgo de desastres naturales en la Agricultura y los recursos naturales. Dictado por Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y el International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, ITC.</p>
	<p>IX Escuela Latinoamericana de Física de Suelos Manejo sustentable de Cuencas Hidrográficas, física de suelos y el manejo de la tierra y el agua en zonas de ladera. PHI - UNESCO – Proyecto Flanders Trust Fund (Bélgica)-Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC)-Universidad de Cuenca (Ecuador)- Programa para el Manejo del Agua y el Suelo (PRDMAS). Celebrado en Cuenca, Ecuador.</p>
2005	<p>XII Curso Internacional de Restauración Hidrológico -Forestal Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio Ambiente y la Agencia Española de Cooperación Internacional del Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación de España, celebrado en el Centro Nacional de Educación Ambiental (GENEAM) de Valsain (Segovia) y en lo pirineos Aragoneses (Huesca), España.</p>
2002	<p>Curso Internacional Propagación de Plantas Forestales Universidad de Concepción</p>

SEMINARIOS	
2017	<p>Seminario Internacional: Sistemas de Cosecha de Agua y Recarga de Acuíferos. G-WADI de la UNESCO para América Latina y el Caribe y el Centro del Agua para Zonas Áridas (CAZALAC)</p> <p>Expositor Tema: Sistemas de Captación de Agua - Modelo de Oasisificación Forestal</p>
2016	<p>II Seminario de Restauración Ecológica. Restauración Ecológica en Chile. Oportunidades y Desafíos. Desde la política y la práctica.</p> <p>Expositor Tema: Análisis proyecto Rehabilitación Hidrológica y Forestal de Área Afectada por Incendio Sierras de Bellavista</p>
2013	<p>Seminario Internacional Biorremediación y Gestión Ambiental de Pasivos Ambientales.</p> <p>Expositor Tema "Rehabilitación de Ambiente Degradados por la Minería. Fundamentos y Experiencias Prácticas. Universidad Andrés Bello</p>
2010	<p>International Conference Arid and Semi Arid Development through Water Augmentation ASADWA.</p> <p>Expositor Tema "Water augmentation techniques for plantations on sloped drylands: an experimental evaluation". International Hydrological Programme of UNESCO, Ghent University, the Pontifical Catholic University of Valparaiso and Water Centre for Arid and Semi -arid Zones in Latin American and the Caribbean, Valparaiso, Chile</p>
2009	<p>Seminario Internacional "Evaluación y recuperación de Espacios Mineros. Pasivos ambientales".</p> <p>Expositor Tema "Desarrollo de proyectos de rehabilitación de ambientes degradados por la minería. Fundamentos y experiencias prácticas realizados por el Convenio ambiental CONAF-EL TENIENTE". Centro de Formación de la AECID Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.</p> <p>Organizado por Instituto Geológico y Minero de España.</p>
2008	<p>Seminario Internacional "Evaluación y recuperación de Espacios Mineros. Pasivos ambientales.</p> <p>Expositor Tema "Estudios de Casos de Restauración de Ambientes Degradados por la Minería". Centro de Formación de la AECID Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.</p> <p>Organizado por Instituto Geológico y Minero de España.</p>
2007	<p>Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo México.</p> <p>Coautor de Exposición en Tema "Metales extraíbles con DTPA y propiedades edáficas en suelos cercanos a una fundición de cobre en Chile Central".</p>
2006	<p>II Congreso Latinoamericano IUFRO "Bosques, la creciente importancia de sus funciones ambientales, sociales y económicas"</p> <p>Expositor: Tema "Diseño de Obras de Conservación de Suelo"</p>
2003	<p>Seminario Internacional "Restauración Hidrológica y Forestal para la Conservación y Aprovechamiento de Suelos y Agua"</p> <p>Expositor: Tema "Software para el diseño de obras de conservación (MAUCO)", Organizado por Universidad de Talca.</p>

PUBLICACIONES	
2016	Artículo Revista Chile Forestal: La Rufina una experiencia pionera . Mauricio Lemus, Alejandro Maureira, Mabel Otega
2011	Simposio Nacional de la Ciencia del suelo. Boletín N°24. Diseño de canales de desviación y zanjias de infiltración . Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo
2010	Technical Document IHP -LAC N°31. "Water augmentation techniques for plantations on sloped drylands: an experimental evaluation" . Mauricio Lemus Vera, Koen Verbist, Guillermo Navarro, Donald Gabriels Proceedings of the International Conference "Arid and Semid - Arid Development Through Water Argumentation"
2009	Libro Hidrología de Conservación y Aguas. Captación de precipitaciones horizontales y escorrentía en zonas secas. Capítulo 2.6 "Metodología de Diseño de Obras de Conservación de Suelo y Agua, Canales de Desviación y Zanjias de Infiltración" (371-399). Universidad de Valladolid. Artículo Revista Chile Forestal "Estabilización biotécnica de taludes como agente de rehabilitación en ambientes degradados por la minería" . Mauricio Lemus Vera. Artículo Revista Chile Forestal "Estudio en obras de Conservación de Suelo. Eficiencia en la Retención de Agua" . Mauricio Lemus Vera y Koen Verbist ⁽¹⁾ . ⁽¹⁾ Dep. Soil Management, Ghent University, Ghent, Belgium Water Centre for Arid Zones in Latin América and the Caribbean, CAZALAC, La Serena, Chile Artículo Revista Chile Forestal "Estudio en obras de Conservación de Suelo. Eficiencia en la Retención de Agua" . Mauricio Lemus Vera y Koen Verbist ⁽¹⁾ . ⁽¹⁾ Dep. Soil Management, Ghent University, Ghent, Belgium Water Centre for Arid Zones in Latin América and the Caribbean, CAZALAC, La Serena, Chile
2007	Ecoamérica. Revista N°92 "Revegetación de áreas degradadas por la minería" . Mauricio Lemus
	Artículo Revista Chile Forestal "Forestación de embalse cauquenes un paso hacia su fitoestabilización" . Mauricio Lemus Vera y Jaime Videla Abarca.
2005	Artículo Revista Chile Forestal "Oasificación: La solución forestal a muchos problemas de desertificación en Chile" . Andrés Martínez de Azagra ⁽¹⁾ y Mauricio Lemus Vera.

	(1) Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Universidad de Valladolid, España
2004	Artículo Revista Chile Forestal : "Estabilización Biotécnica de Taludes" Mauricio Lemus Vera
2003	Manual Diseño de Obras de Conservación de Suelo (Canal de Desviación y Sistema de Zanjas de Infiltración) ; CONAF, Separata Revista CHILE FORESTAL PROGRAMA MAUCO "Aguas Lluvias", Software para el diseño de obras de conservación.
2001	Manual Diseño de Obras de Conservación de Suelo . CONAF (Circulación Interna, Corporación Nacional Forestal)

Región Metropolitana; doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS**, chilena, profesión u oficio, soltera, cédula nacional de identidad [REDACTED]

[REDACTED] domiciliado en [REDACTED]

[REDACTED] Región Metropolitana;

don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS**, chileno, profesión u oficio, casado, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] comuna de San José de Maipo, Región Metropolitana; don **VÍCTOR**

MAURICIO BUSTAMANTE GODOY, chileno, comerciante, soltero, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] domiciliado en [REDACTED]

Región Metropolitana y doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS**, chilena, labores de casa, casada, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] domiciliada en [REDACTED] comuna de Colina,

Región Metropolitana, en adelante todos ellos denominados la Comunidad y;

por la otra, la sociedad **AES Gener S.A.**, persona jurídica de derecho privado mercantil, rol único tributario número noventa y cuatro millones doscientos

setenta y dos mil guión nueve, en adelante también denominada indistintamente

"Gener", representada -según se acreditará- por los señores **ARMANDO LOLAS**

CANEO, chileno, casado, Ingeniero Civil, cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] y don **CARLOS MATHIESEN DE GREGORI**, chileno, Ingeniero Civil,

cédula nacional de identidad número [REDACTED]

[REDACTED] todos domiciliados en calle Mariano Sánchez Fontecilla

número trescientos diez, piso tres, comuna de Las Condes, Región

Metropolitana; todos los comparecientes mayores de edad, a quienes conozco

por haberme acreditado su identidad con las cédulas indicadas, y exponen:

PRIMERO: Predio Sirviente: Don CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE

RAMOS, don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **NORMA**

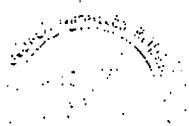


4

BUSTAMANTE RAMOS, doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS**, don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS**, don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** y doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS**, son dueños de

derechos sobre el inmueble ubicado en San José de Maipo, Provincia Cordillera, en adelante el "Predio Sirviente", consistente en el RESTO de parte del Fundo Los Piches, comprendida entre las Vertientes de los Lunes en los Chacayes hasta la boca del Valle del Yeso, que según minuta y plano archivados al final del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto correspondiente al año dos mil , bajo los números doscientos cuarenta y seis y doscientos cuarenta y cinco, respectivamente, deslinda: AL NORTE, La boca del Valle del Yeso, propiedad Cardone La Rosa Héctor Rol quinientos uno guión uno en parte de trescientos y ochenta y seis metros con propiedad de la Sociedad de Cal Ltda. (Sominca), (uno y dos del plano) y en parte de novecientos treinta metros con Soc. Vial Pascal, Tocornal y Cía. Ltda., hoy el Fisco (tres del plano); AL NOR-PONIENTE, parte del Río Yeso y en parte de setecientos cincuenta, ochocientos y trescientos setenta metros con Soc. Vial Pascal, Tocornal y Cía. Ltda., hoy el Fisco (tres del plano); AL SUR, Hijueta de Laureano González Lucero, Vertiente de los Lunes en los Chacayes de por medio, en parte con una línea quebrada de doscientos ochenta, sesenta, cuarenta metros con la Sociedad de Cal Ltda. (SOMINCA) (uno y dos del plano); AL SUR ORIENTE, en dos mil metros con Soc. Vial Pascal, Tocornal y Cía. Ltda., hoy el Fisco (tres del plano); AL ORIENTE, Las Altas Cumbres que deslindan con el Volcán en parte en trescientos sesenta metros con la Sociedad de Cal Ltda. (SOMINCA) (dos del plano) y en parte de novecientos sesenta metros con Sociedad De Cal Ltda. (uno del plano); AL PONIENTE, Río Yeso y en parte con una línea quebrada de veinte metros, noventa y seis metros y trescientos ochenta metros con la Sociedad de Cal Ltda. (SOMINCA) (uno del plano), en parte de quinientos cuarenta metros con Soc. de Cal Ltda. (dos del plano). Don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS**, doña **DIGNA**

246
2000



BUSTAMANTE RAMOS, don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS** lo adquirieron por sucesión por causa de muerte, en la herencia intestada quedada al fallecimiento de doña **ELENA HIDALGO RAMOS**, habiéndoseles concedido la posesión efectiva por auto de fecha diecisiete de mayo de mil novecientos noventa y cinco, del Séptimo Juzgado Civil de Santiago, inscrito a fojas mil seiscientas treinta y nueve vuelta número dos dos ocho seis del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, correspondiente al año dos mil. El dominio a su nombre se encuentra inscrito a fojas mil seiscientos cuarenta, número dos mil doscientos ochenta y siete del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, correspondiente al año dos mil, Rol de avalúos número quinientos dos guión tres. Don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** adquirió sus derechos por tradición a la que le sirvió de título la cesión que le hiciera doña María Elena Bustamante Ramos, según consta de escritura pública otorgada en la Notaría de San Miguel de doña Valeria Ronchera Flores, el veintiséis de enero de dos mil diez y de inscripción de fojas cuatro mil seiscientas trece número tres mil ciento diecisiete del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, correspondiente al año dos mil diez.- Doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS** los adquirió por sucesión por causa de muerte, en la herencia testada quedada al fallecimiento de doña **AMANDA BUSTAMANTE RAMOS**, habiéndoseles concedido la posesión efectiva por auto de fecha veintidós de junio de dos mil diez, del Juzgado de Letras de Colina, inscrito a fojas cuarenta mil seiscientas veinticinco número sesenta y un mil cuatrocientos seis del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de dos mil diez, correspondiente al año dos mil diez. El dominio a su nombre se encuentra inscrito a fojas nueve mil seiscientas setenta, número seis mil ciento setenta y cinco del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, correspondiente al año dos mil diez. **SEGUNDO: Predios dominantes.** Por su parte, la sociedad AES Gener S.A., es dueña de las siguientes propiedades, en adelante indistintamente los "Predios Dominantes": a) Inmueble ubicado en

AO



4

la comuna de San José de Maipo, Provincia de Cordillera, camino al Volcán número ocho mil uno, localidad El Canelo, que corresponde al lote Uno, de la división del inmueble ubicado en el lugar denominado La Laja que formaba parte del predio El Toro, que según plano archivado bajo el número ciento diecisiete, al final del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto del año mil novecientos ochenta y cinco, deslinda: AL NORTE, con camino a San José, en quinientos diecisiete metros; AL ESTE, con Hacienda El Manzano, en sesenta metros; AL SUR, con Río Maipo, en cuatrocientos veinte metros; AL PONIENTE, en treinta metros con el lote dos y con el camino de entrada de por medio con el lote dos, en ciento dos metros. Adquirió el dominio por Tradición, a la que sirvió de título la rendición de cuentas efectuada por la sociedad Díaz & Moreno Limitada, según consta en la escritura pública otorgada en la Notaría de Santiago de doña Antonieta Mendoza Escalas, con fecha veintiséis de octubre de dos mil siete, habiéndose inscrito el dominio a su nombre a fojas cuatro mil seiscientos ochenta y dos número tres mil seiscientos ochenta y dos del Registro y Conservador citados precedentemente, correspondiente al año dos mil ocho. Al inmueble le corresponde el Rol de avalúo número mil dos guión ciento nueve para la comuna de San José de Maipo; b) Inmueble ubicado en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, consistente en el lote Dos de la división del lugar denominado La Laja que formaba parte del predio El Toro, que según plano archivado bajo el número ciento diecisiete, al final del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto del año mil novecientos ochenta y cinco, deslinda: AL NORESTE, en ciento tres metros, con frente al camino de ingreso al lote uno; AL ESTE, en treinta metros frente al Lote Uno; AL SUR, con ciento treinta metros frente al Río Maipo; AL PONIENTE, en sesenta metros con lote del señor Pedro Oyarce. Lo adquirió por permuta celebrada con don Oscar Fernando Andrade Johnson, según consta en escritura pública otorgada en la Notaría de Santiago de doña Antonieta Mendoza Escalas, con fecha veintiuno de diciembre del año dos mil siete, habiéndose inscrito el dominio a su nombre



a fojas dos mil noventa y cinco número mil cuatrocientos dieciséis del Registro de Conservador citados precedentemente, correspondiente al año dos mil ocho. Al inmueble le corresponde el Rol de avalúo número mil dos guión ciento ocho para la comuna de San José de Maipo; c) Terreno situado en camino a El Volcán número siete mil setecientos cincuenta y uno, ubicado en el extremo poniente del predio denominado La Laja, que forma parte del predio El Toro de Puente Alto, que deslinda: AL NORTE, con frente de treinta y cuatro metros, con camino público a San José de Maipo; AL SUR, en treinta y cuatro metros, con el Río Maipo; AL ORIENTE, en treinta y nueve metros con propiedad de don Rafael Silva Lastra; y AL PONIENTE, en treinta y nueve metros, con propiedad de don Emilio Puyó León. Lo adquirió por permuta celebrada con don Oscar Fernando Andrade Johnson, según consta de escritura pública otorgada en la Notaría de Santiago de doña Antonieta Mendoza Escalas, con fecha veintiuno de diciembre del año dos mil siete, habiéndose inscrito el dominio a su nombre a fojas dos mil noventa y cinco vuelta número mil cuatrocientos diecisiete del Registro de Propiedad del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, correspondiente al año dos mil ocho. Al inmueble le corresponde el rol de avalúo mil dos guión ciento treinta y dos para la comuna de San José de Maipo.

TERCERO: AES Gener S.A. pretende desarrollar el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, en adelante, indistintamente "El Proyecto", el cual comprende dos centrales de pasada dispuestas en serie hidráulica en el sector alto de la cuenca del Río Maipo, denominadas "Alfalfal II" y "Las Lajas". Este Proyecto se emplazará al sureste de la ciudad de Santiago, en la comuna de San José de Maipo, Provincia Cordillera, Región Metropolitana. En virtud de lo anterior, resulta necesario la constitución de servidumbres convencionales, que permitan la construcción de las obras de conducción de las aguas, de caminos de acceso y de la línea de conducción de energía eléctrica y de telecomunicaciones.

CUARTO: Con el objeto antes señalado don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS**, doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS**, don

MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS, don VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY y doña LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS constituyen, sobre el Predio Sirviente singularizado en la cláusula primera, las servidumbres voluntarias que a continuación se especifican en beneficio de los Predios Dominantes singularizados en el artículo SEGUNDO anterior: A) **Servidumbre de acueducto** perpetua, onerosa, continua, inaparente para la instalación y construcción de las obras de conducción de aguas entre un punto denominado "J" de coordenadas UTM, expresadas en metros, N: trescientos noventa y siete mil novecientos treinta y cuatro, E: seis millones doscientos setenta y dos mil ochocientos sesenta y un punto denominado "K" de coordenadas aproximadas UTM, expresadas en metros, N: trescientos noventa y ocho mil cuarenta y dos, E: seis millones doscientos setenta y dos mil ochocientos cincuenta y cuatro y entre un punto denominado "L" de coordenadas aproximadas UTM expresadas en metros, N: trescientos noventa y nueve mil trescientos cincuenta y cinco, E: seis millones doscientos setenta y dos mil quinientos quince y un punto V cuatro de coordenadas N: seis millones doscientos sesenta y seis mil ochocientos cincuenta, E: cuatrocientos mil cuatrocientos sesenta de coordenadas aproximadas UTM expresadas en metros y un punto denominado "M" de coordenadas aproximadas UTM, expresadas en metros, N: cuatrocientos mil quinientos nueve, E: seis millones doscientos sesenta y seis mil setecientos cincuenta y siete según Datum Provisorio Sudamericano mil novecientos cincuenta y seis, la que abarcará y se ejercerá en el Predio Sirviente en franjas de terreno de una longitud total aproximada de cinco mil novecientos setenta y siete metros, un ancho de doce metros y una superficie total aproximada de setenta mil quinientos veinticuatro metros cuadrados, según plano PL-AM-DGP- veinticuatro, láminas uno y dos de fecha veintitrés de julio de dos mil diez, que, firmado por ambas partes, se protocoliza en esta Notaría bajo el mismo número de repertorio que la presente escritura y que se archivará en el Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto, entendiéndose formar parte inseparable del presente contrato. El objeto de

esta servidumbre es amparar la construcción, instalación y operación de los acueductos, así como su mantenimiento y reparación y, en general, para el ejercicio de todos los derechos contemplados en la legislación vigente, en particular en el Código de Aguas. B) **Servidumbre de ocupación** perpetua, onerosa, continua, aparente e inaparente para la construcción, instalación, manejo y mantenimiento de una línea de conducción de energía eléctrica de media tensión y de telecomunicaciones, en adelante la Línea, ya sea aérea o subterránea, entre un punto denominado "h" de coordenadas aproximadas UTM expresadas en metros, N: trescientos noventa y seis mil quinientos cuarenta y seis, E: seis millones doscientos setenta mil ochocientos ochenta y nueve y un punto denominado "i" de coordenadas aproximadas UTM, expresadas en metros, N: trescientos noventa y seis mil cuatrocientos veinte, E: seis millones doscientos setenta mil novecientos setenta y siete. la que abarcará y se ejercerá en el Predio Sirviente en una franja de terreno de una longitud de ciento cincuenta y cuatro metros, un ancho de siete metros y una superficie total aproximada de mil setenta y ocho metros cuadrados, según plano PL-AM-DGP- veinticuatro, láminas uno y dos de fecha veintitrés de julio de dos mil diez.

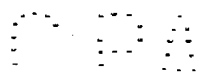
C) **Servidumbre de ocupación** perpetua, onerosa, continua, aparente e inaparente para la construcción, instalación, manejo y mantenimiento de una línea de conducción de energía eléctrica de media tensión y de telecomunicaciones, en adelante la Línea, ya sea aérea o subterránea entre un punto denominado "uno" de coordenadas aproximadas UTM expresadas en metros, N: seis millones doscientos sesenta y cuatro mil ochocientos noventa y cinco, E: trescientos noventa y tres mil veinticuatro y un punto denominado "dos" de coordenadas aproximadas UTM, expresadas en metros, N: seis millones doscientos setenta y dos mil ochocientos cincuenta y uno, E: trescientos noventa y ocho mil treinta y cuatro y entre un punto denominado "tres" de coordenadas aproximadas UTM expresadas en metros, N: seis millones doscientos setenta y tres mil seiscientos ochenta y uno, E: trescientos noventa y nueve mil seiscientos tres y un punto denominado "cuatro" de

1
2
3
4



Handwritten signature or initials.

coordenadas aproximadas UTM, expresadas en metros, N: seis millones doscientos setenta y tres mil ochocientos sesenta y uno, E: trescientos noventa y nueve mil setecientos cincuenta y uno según Datum Provisorio Sudamericano mil novecientos cincuenta y seis, la que abarcará y se ejercerá en el Predio Sirviente en una franja de terreno de una longitud de nueve mil seiscientos sesenta y cuatro metros, un ancho de siete metros y una superficie total aproximada de sesenta y siete mil seiscientos cuarenta y ocho metros cuadrados, según plano PL-AM-DGP- veinticuatro, láminas uno y dos de fecha veintitrés de julio de dos mil diez. Esta servidumbre discurre y compromete zonas del predio aledañas al camino existente. La ubicación precisa de los sectores afectados quedará representada en un plano que Gener confeccionará una vez hecha la ingeniería de detalles de ella y terminada su construcción, plano que se incorporará como parte integrante de este instrumento mediante una escritura complementaria. El objeto de las servidumbres contempladas en las letras B) y C) precedentes es amparar la construcción, instalación y operación de postes, estructuras y tendidos de cables de conducción para la transmisión de energía eléctrica de media tensión y de telecomunicaciones y de toda clase de mecanismos, estructuras accesorias o complementarias de las actividades de uso y explotación de esta línea eléctrica, así como para su explotación, conservación, mantenimiento y reparación y, en general, para el ejercicio de todos los derechos que otorga a un concesionario la Ley General de Servicios Eléctricos, contenida en el D.F.L. Número uno de Minería del año mil novecientos ochenta y dos, y su Reglamento contenido en el D.S. Número trescientos veintisiete de mil novecientos noventa y siete, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado mediante el DFL Número cuatro/ dos cero cero uno ocho de dos mil seis, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. D) **Servidumbre de tránsito**, perpetua, continua, aparente y a título oneroso, entre un punto denominado "f" de coordenadas UTM, expresadas en metros, N:seis millones doscientos setenta y dos mil setenta y ocho, E: trescientos noventa y siete mil quinientos veintiuno y un punto denominado "g"



de coordenadas UTM, expresadas en metros, N: seis millones doscientos setenta y un mil novecientos uno, E: trescientos noventa y siete mil doscientos sesenta y seis según Datum Provisorio Sudamericano mil novecientos cincuenta y seis, la que abarcará y se ejercerá en el Predio Sirviente en una franja de terreno de una longitud aproximada de trescientos treinta y ocho metros, un ancho de diez metros y una superficie total aproximada de tres mil trescientos ochenta metros cuadrados, según da cuenta el mismo plano PL-AM-DGP-veinticuatro, láminas uno y dos de fecha veintitrés de julio de dos mil diez. El objeto de esta servidumbre es permitir al personal de AES Gener S.A., de sus sucesores o continuadores legales a cualquier título en el Proyecto, de sus contratistas y subcontratistas, el ingreso del personal, vehículos, y de los materiales, maquinarias y equipos necesarios para la ejecución, operación y mantenimiento de las obras del Proyecto. **QUINTO:** Las partes estipulan que la constitución de las servidumbres materia del presente instrumento, otorga a los Predios Dominantes las siguientes facultades y sin que la presente enumeración sea taxativa, sino que meramente ilustrativa: a) Derecho a acceder y transitar por el predio Sirviente tanto al personal de Gener, o a sus sucesores a cualquier título en el Proyecto, como a sus contratistas, al personal de supervisión, a los proveedores y subcontratistas y a quienes otorguen el servicio de suministro eléctrico, ya sea durante la construcción del Proyecto ya fuere durante su posterior operación y mantenimiento, con el sólo objeto de acceder a las servidumbres; b) Autorización para ejecutar obras complementarias a la Línea; c) Autorización para ejecutar labores de limpieza; d) Autorización para el ingreso de vehículos, materiales y equipos, propios o contratados con terceros, necesarios para efectuar los trabajos de construcción, operación y mantenimiento de la Línea y de las obras a emplazar en el predio sirviente; e) Autorización para proteger mediante cercos las obras construidas en los terrenos afectos a servidumbre e impedir el ingreso de terceros a las mismas; f) Efectuar el roce o poda de los árboles, arbustos y/o plantas que interfirieren con la Línea. Asimismo, las partes acuerdan, además, que las obras que formen

AO

parte del Proyecto y que se emplacen en el Predio Sirviente, conservarán siempre su calidad de propiedad exclusiva de AES Gener S.A. o de sus sucesores en el Proyecto a cualquier título. - **SEXTO**: Para el ejercicio de las servidumbres se establecen las siguientes prohibiciones: a) No construir obras, sembrar y o plantar especies que dificulten, dañen o impidan el normal funcionamiento y utilización de las obras materia de la presente servidumbre, b) No variar o alterar de modo alguno las construcciones efectuadas por Gener en el Predio Sirviente con ocasión de la constitución de la servidumbre materia del presente contrato y en general no entorpecer, de modo alguno, el ejercicio de las servidumbres, reconociendo que el incumplimiento a estas obligaciones podría causar graves daños tanto para AES Gener S.A., como para a su sucesor legal en el Proyecto. - **SÉPTIMO**: Las partes convienen que Gener, o su sucesor a cualquier título en el Proyecto, una vez construidas las obras que se implantarán en los terrenos afectos a las servidumbres materia del presente instrumento, deberán elaborar un nuevo plano que dé cuenta de las eventuales variaciones de ubicación, superficie y trazado que pudieren experimentar ellas como resultado de cambios adoptados en el Proyecto durante su etapa de Ingeniería de Detalles y la de Construcción del mismo, modificaciones que los propietarios autorizan desde ya, pero que en ningún caso podrán implicar un cambio de mas del dos por ciento de la superficie de las servidumbres. Tal plano se incorporará mediante una escritura pública que se suscribirá al efecto y que se anotará al margen de la correspondiente inscripción. El precio de las servidumbres pactado en la cláusula siguiente no se verá afectado por las variaciones o precisiones antes señaladas. - **OCTAVO**: don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS**, doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS**, don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **MARIA ELENA BUSTAMANTE RAMOS**, don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** y doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS**, declaran que no existen otros contratos que puedan perturbar el ejercicio por parte de Gener (o por parte

de sus sucesores a cualquier título en el dominio, uso o goce de las obras materia de este instrumento) de las servidumbres que en este acto se constituyen y se obligan, asimismo, a no suscribir otros contratos en el futuro, que pudieren afectar la mencionada servidumbre.- **NOVENO:** Las partes convienen que, a título de indemnización por las servidumbres que se constituyen y por las obligaciones que se imponen por el presente instrumento, Gener pagará la suma única y total de ciento setenta millones de pesos, en la forma, oportunidades y sujeto a las condiciones que se indican: Uno: Con la suma total de treinta millones de pesos, que se paga en este acto y de contado a las siguientes personas y la que es percibida por ellas de acuerdo con los montos que a continuación se señalan: a) don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos**; b) don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos**; c) doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos**; d) don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos** e) don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos** y doña f) doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos**. g) **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS** **cuatro millones doscientos ochenta y cinco mil setecientos catorce pesos**, quienes declaran recibir los respectivos montos a su total conformidad. Dos: Con la suma de ciento cuarenta millones de pesos, correspondiente al saldo, sólo una vez cumplidas las siguientes condiciones: a) Inscripción de las servidumbres constituidas en este instrumento en el Registro de Hipotecas y Gravámenes del Conservador de Bienes Raíces de Puente Alto; y b) Una vez suscrito los Contratos Principales que incluyan la Construcción de los Túneles y el Suministro y Montaje de las Turbinas y Generadores correspondientes la Central Alfalfal II (los Contratos). Asimismo,





le

Gener los autoriza desde ya para que obtengan de la Compañía General de Electricidad energía eléctrica para conectarse en la línea de media tensión objeto de esta servidumbre en dos puntos a su elección Los costos de instalación, de mantención, transformación y de reparación de la conexión son de cargo de don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS**, doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS**, doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS**, don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS**, don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** y doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS**. Para facilitar el cobro de este saldo, y sin ánimo de novar, las respectivas cantidades se documentarán mediante pagarés suscritos por Gener, extendidos a nombre de las siguientes personas y por los montos que se señalan: a) don **CLAUDIO ANTONIO BUSTAMANTE RAMOS**, veinte millones de pesos; b) don **PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS** veinte millones de pesos; c) doña **NORMA BUSTAMANTE RAMOS** veinte millones de pesos; d) don **MANUEL ALFREDO BUSTAMANTE RAMOS** veinte millones de pesos; e) doña **DIGNA BUSTAMANTE RAMOS** veinte millones de pesos f) don **VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE GODOY** veinte millones de pesos y g) doña **LUZ MÓNICA BUSTAMANTE GAVRILOVICS** veinte millones de pesos. Estos pagarés, con las respectivas instrucciones notariales, quedan en poder del señor Notario quién los entregará a los beneficiarios sólo una vez acreditado el cumplimiento de las condiciones señaladas en las letras a) y b) del punto Dos precedente. **DÉCIMO**: Las servidumbres constituidas en este instrumento y las obligaciones asumidas por Gener en mérito de ellas y, consecuentemente la obligación de pago del saldo de indemnización anteriormente señalado, quedarán sujetas a la condición resolutoria que los Contratos no sean suscritos dentro del plazo máximo de veinte años a contar de la fecha de suscripción del presente instrumento, en cuyo caso, estas servidumbres y obligaciones se extinguirán de pleno derecho cumplido el señalado plazo, no correspondiéndole a los propietarios del Predio Sirviente acción ni derecho alguno por concepto de eventuales indemnizaciones.- Para acreditar el cumplimiento de la condición



resolutoria bastará una declaración unilateral de cualquiera de las partes la que deberá otorgarse por escritura pública, que dé cuenta del cumplimiento de esta condición, lo que deberá ser acreditado fehacientemente. En todo caso, el monto pagado de la indemnización descrita en el numeral Uno de la cláusula anterior, no será objeto de restitución alguna por parte de los propietarios del Predio Sirviente por causa o motivo de ninguna naturaleza, la que se entenderá percibida a título de única y total indemnización por el uso y destino que Generiere a las áreas afectas a servidumbre en el Predio Sirviente durante todo el período que medie entre la suscripción del presente instrumento y la suscripción de los Contratos. **UNDÉCIMO:** Conforme a lo dispuesto en el artículo seiscientos noventa y ocho del Código Civil, las partes efectúan en este acto la tradición del derecho real de servidumbre voluntaria a que se refiere la presente escritura.- **DÉCIMO SEGUNDO:** Cualquier dificultad, contienda o litigio que se suscite entre las partes a causa o con ocasión del presente contrato, sea que se refiera a su validez, interpretación, aplicación, resolución, ejecución, cumplimiento, incumplimiento u otras materias, en que las partes no lleguen a acuerdo, será sometida en única instancia a la resolución de un árbitro mixto que será arbitrador en el procedimiento y de derecho en cuanto al fondo y al laudo que emita, renunciando las partes a todo recurso en contra de sus resoluciones. El árbitro será designado por las partes de común acuerdo, y de no lograrse tal acuerdo en un plazo de treinta días desde la solicitud de una de las partes, su designación será efectuada, a solicitud de cualquiera de ellas, por la Cámara de Comercio de Santiago A.G. de entre los integrantes del cuerpo arbitral del Centro de Arbitrajes y Mediaciones. Para tal efecto, las partes confieren poder especial irrevocable a la Cámara de Comercio de Santiago A.G., para que, a solicitud de cualquiera de las partes, designe el árbitro arbitrador de entre los integrantes del cuerpo arbitral del Centro de Arbitrajes y Mediaciones. Dicho arbitraje se efectuará conforme a las reglas vigentes del Centro de Arbitrajes de Santiago de Chile. Los gastos ocasionados por los honorarios del árbitro, las



asesorías técnicas que se precisen y cualquier otro gasto en que se incurra como consecuencia del arbitraje, deberán ser soportados por las partes en litigio, de acuerdo a la respectiva resolución que emita en su caso el árbitro sobre el pago de las costas del arbitraje. El lugar de arbitraje será la comuna de Santiago, República de Chile.- **DÉCIMO TERCERO:** Las partes confieren mandato especial irrevocable -por interesar a ambas- a los abogados señora María Eugenia Armisen Causarano, cédula de identidad número [REDACTED] y señor Marcelo Araya Núñez [REDACTED] para que actuando, en sus nombres y representación, otorguen las escrituras de rectificación, aclaración, complementación o enmienda que fueren necesarias, para obtener la inscripción tanto de las servidumbres voluntarias de que da cuenta el presente instrumento como la que será necesario elaborar para sancionar las modificaciones y ajustes menores del trazado de las mismas durante la construcción, que no excedan el dos por ciento, en el Conservador de Bienes Raíces respectivo, sin que las mandatarias puedan alterar cláusulas de la esencia del presente contrato ni exceder la superficie afecta en más de un dos por ciento.- **DÉCIMO CUARTO:** Los gastos notariales que demande la celebración del presente contrato y los de su inscripción en el Conservador de Bienes raíces respectivo, serán de cargo de AES Gener S.A.- **DÉCIMO QUINTO:** para todos los efectos legales derivados del presente contrato, las partes constituyen domicilio especial en la comuna de Santiago y se someten a la jurisdicción arbitral antes convenida.- **DÉCIMO SEXTO:** En atención a que la comuna de San José de Maipo está situada en zona del territorio nacional declarada fronteriza, Don **CARLOS MATHIESEN DE GREGORI ARMANDO LOLAS CANEO** por sí y en representación de la sociedad **AES Gener S.A.**, todos ya individualizados, declaran bajo juramento que la sociedad referida se encuentra constituida y -

domiciliada legalmente en Chile y que sus administradores y representantes no son nacionales de países limítrofes, ni tampoco tienen su sede principal en éstos países, y que sobre el sesenta por ciento del capital de AES Gener S.A. no está en manos de personas naturales o jurídicas nacionales de los señalados países limítrofes. Lo anterior para los efectos de lo contemplado en el D.L. número mil novecientos treinta y nueve de mil novecientos noventa y siete, modificado por la Ley número diecinueve mil doscientos cincuenta y seis y lo dispuesto en el Decreto Supremo del Ministerio de Relaciones Exteriores número mil ciento sesenta y seis, de veinte de julio de mil novecientos noventa y nueve. **DÉCIMO SÉPTIMO:** La personería de don Armando Lolás Caneo para actuar en representación de AES Gener S.A. consta del acta de directorio número cuatrocientos sesenta y ocho, reducida a escritura pública con fecha treinta y uno de marzo de dos mil tres, otorgado ante el Notario Público Valentina Sadá Muñoz, suplente del titular Pedro Sadá Azar y la de don Carlos Mathiesen De Gregori para representar a AES Gener S.A., consta de las escrituras públicas otorgadas en la Notaría de Santiago de don Pedro Sadá Azar de fecha treinta y uno de marzo de dos mil tres y de doña Antonieta Mendoza Escalas, de fecha dieciocho de octubre de dos mil seis y de fecha diecisiete de diciembre de dos mil siete. Los documentos señalados no se insertan por ser conocidos de las partes y del Notario que autoriza, quien en este acto los ha tenido a la vista.- **DÉCIMO OCTAVO:** Se faculta al portador de copia autorizada del presente instrumento, para requerir del Conservador de Bienes Raíces respectivo, las inscripciones, subinscripciones y anotaciones que en derecho procedan, hasta obtener su cabal perfeccionamiento y constancia. Minuta redactada por la Abogada María Eugenia Armisen.- En comprobante y previa lectura firman los comparecientes el presente instrumento. Se da copia. Doy Fe.-



NOTARIA
ANTONIETA
MENDOZA ESCALAS

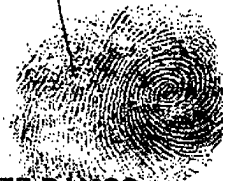
[Handwritten signature]

CLAUDIO A. BUSTAMANTE RAMOS



[Handwritten signature]

PEDRO PABLO BUSTAMANTE RAMOS



[Handwritten signature]

NORMA BUSTAMANTE RAMOS



[Handwritten signature]

DIGNA BUSTAMANTE RAMOS



[Handwritten signature]

MANUELA BUSTAMANTE RAMOS



[Handwritten signature]

VÍCTOR MAURICIO BUSTAMANTE RAMOS

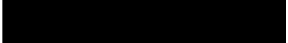


[Handwritten signature]
LUZ MONICA BUSTAMANTE GAVRIEL



[Handwritten signature]

ARMANDO LÓLAS CANO



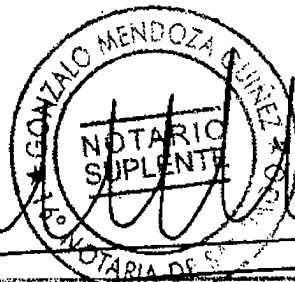
[Handwritten signature]

CARLOS MATHIESEN DE C



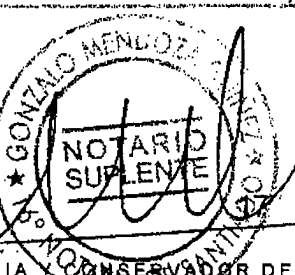
p.p. AES GENER S.A.

[Handwritten signature]

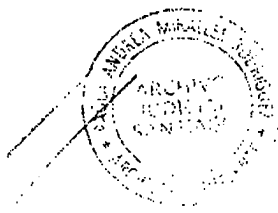


CERTIFICO: que esta foja corresponde a la última de la escritura,
anotada en el Libro de Repertorio con el N° 6851/2010
con la fecha de hoy, Santiago, 15 September 2010

[Handwritten signature]



NOTARIA CONSERVADOR DE MINAS DE SANTIAGO
SAN SEBASTIAN 2750, PISOS 1 Y 2, LAS CONDÉS, SANTIAGO * CHILE * TELÉFONO: 335 55 11 * FAX: 335 66 11



CONSERVADOR DE BIENES RAICES
PUENTE ALTO
CERTIFICACION

Folio N° 26720.-

Carátula N° 10983741.-

Esta hoja corresponde a la certificación de la escritura con Repertorio N° 6951-2010 de fecha 15 de septiembre de 2010, otorgada en la Notaria de la ciudad de SANTIAGO de ANTONIETA MENDOZA ESCALAS, complementada por escritura pública otorgada en la Notaría de Santiago, de don Eduardo Javier Diez Morillo, el 01 de diciembre de 2010, Repertorio N° 28.152-2010, modificada por escrituras públicas otorgadas en la Notaría de Santiago, de doña Antonieta Mendoza Escalas, el 13 de diciembre de 2011, Repertorio N° 10.064-2011 y el 12 de diciembre de 2012, Repertorio N° 10.432-2012 y aclarada por escritura pública otorgada en la Notaria de Santiago, de doña Antonieta Mendoza Escalas, el 20 de junio de 2013, Repertorio N° 5260-2013.-

Anotado en el Repertorio con el N° 7230, e inscrito el 01 de julio de 2013:

En el Registro de HIPOTECAS , a fojas 2819 N° 2741.-

Puente Alto, 01 de julio de 2013.-

V.S.M.-



CERTIFICACION

Firma Electronica Avanzada Ley N° 19.799 .-

AA Excmo Corte Suprema de Chile.-

Cert N° 457298, Carátula N° 10983741.- Código retro 2a642

Verifique validez en www.fojas.cl



CONSERVADOR DE BIENES RAICES
PUENTE ALTO
CERTIFICACION

Folio N° 26720.-

Carátula N° 10983741.-

Esta hoja corresponde a la certificación de la escritura con Repertorio N° 6951-2010 de fecha 15 de septiembre de 2010, otorgada en la Notaria de la ciudad de SANTIAGO de ANTONIETA MENDOZA ESCALAS, complementada por escritura pública otorgada en la Notaría de Santiago, de don Eduardo Javier Diez Morillo, el 01 de diciembre de 2010, Repertorio N° 28.152-2010, modificada por escrituras públicas otorgadas en la Notaría de Santiago, de doña Antonieta Mendoza Escalas, el 13 de diciembre de 2011, Repertorio N° 10.064-2011 y el 12 de diciembre de 2012, Repertorio N° 10.432-2012 y aclarada por escritura pública otorgada en la Notaria de Santiago, de doña Antonieta Mendoza Escalas, el 20 de junio de 2013, Repertorio N° 5260-2013.-

Anotado en el Repertorio con el N° 7230, e inscrito el 01 de julio de 2013:

En el Registro de HIPOTECAS , a fojas 2819 N° 2741.-

Puente Alto, 01 de julio de 2013.-

V.S.M.-



CERTIFICACION

Firma Electronica Avanzada Ley N° 19.799 .-

AA Excma Corte Suprema de Chile.-

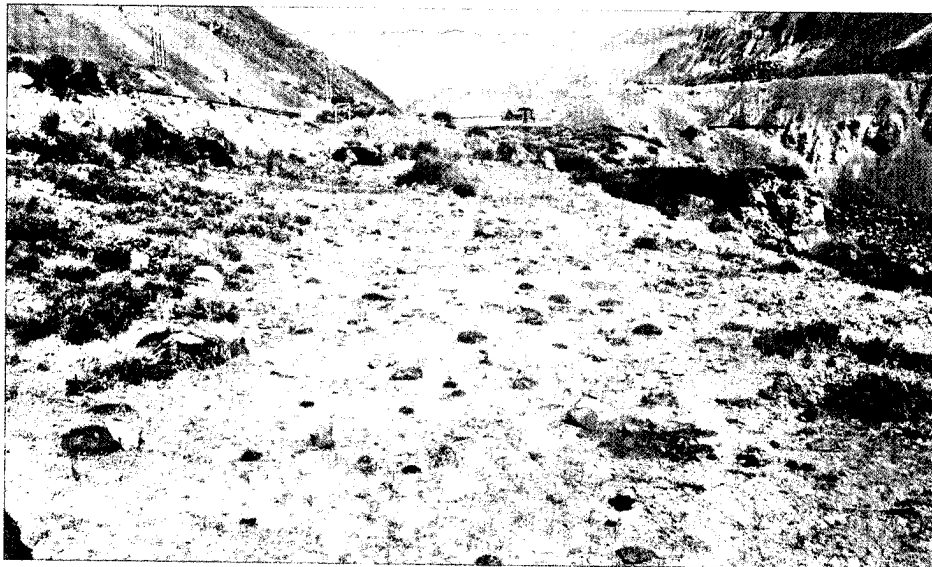
Cert N° 457298, Carátula N° 10983741.- Código retiro 2a642

Verifique validez en www.fojas.cl



ALTO MAIPO SpA

DIAGNÓSTICO DE LA VEGA EY-1 EN EL SECTOR DE ACCESO AL PUENTE EL YESO



Abril 2017



Autor: Santiago Ríos

Ingeniero Forestal,

Diplomado derecho ambiental, diplomado rehabilitación ambiental

Certificación acreditador Forestal CONAF RAF-XIII-022 N



INDICE

1. Introducción.....	2
2. Objetivos.....	2
3. Revisión bibliográfica.....	3
3.1. Definición de humedal y vega	3
3.2. Ecología.....	4
3.3. Perturbaciones	6
4. Antecedentes.....	6
4.1. Situación Inicial (2007)	9
4.2. Construcción del acceso al puente el Yeso (2012)	10
4.3. Situación Actual, periodo 2013-2017	11
5. Metodología	15
6. Resultados de diagnóstico.....	18
6.1. Área potencial.....	18
6.2. Área afecta.....	20
6.3. Estado Actual de la Vega y Área degradada Aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso 20	
7. Conclusiones y sugerencias.....	23
8. Bibliografía.....	24
Anexo Fotográfico.....	26



1. Introducción.

El presente estudio se desarrolla en el contexto del Programa de Cumplimiento presentado por Alto Maipo SpA en respuesta a la formulación de cargos de la Superintendencia del Medio Ambiente, específicamente asociado al cargo N°1, y corresponde a un Diagnóstico de la situación actual y pasada de la vega EY-1, en una porción que fue intervenida para la construcción de una sección del camino privado que conecta la ruta pública G455 con el puente que cruza el río Yeso, el cual permite la conectividad con las obras que se desarrollan en el sector denominado Lo Encañado.

El diagnóstico entrega la superficie donde se encontraba distribuida la vega EY-1, de forma previa a la intervención; además de las dimensiones del área de vega que se eliminó producto del emplazamiento de la obra (camino de acceso); la superficie de la vega que se ha visto degradada a raíz de la fragmentación producida por la obra; así como la composición florística de la formación vegetal en su estado pasado y actual.

Para tales efectos, la elaboración del diagnóstico se apoya en estudios previos e información bibliográfica disponible, el uso de imágenes históricas y actuales del sector, así como visitas de campo actuales.

Cabe señalar que la Vega EY-1 fue descrita e identificada en la Línea de Base de la flora y vegetación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto (EIA, 2008), como una formación herbácea correspondiente a una pradera húmeda, de alta cobertura, en donde predominan la especie *Carex gayana*, *Juncus articus* y *Poa pratensis*.

2. Objetivos.

- Identificar y clasificar la formación de vega de acuerdo al concepto de área máxima potencial de la vegetación azonal.
- Especificar secuencialmente las causas de perturbación de la vega para precisar y delimitar aquellas que fueron causadas por la construcción del camino.
- Determinar el área de vega que fue afectada y eliminada por la construcción del camino y el área contigua donde se observa degradación de la vegetación producto de la perturbación producida por el camino.

3. Revisión bibliográfica.

3.1. Definición de humedal y vega

Los humedales son “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal (Ramsar, 2005).

Los humedales, incluidos: pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares pastizales húmedos, turberas y estuarios, están integrados a la cuenca hidrográfica, y se caracterizan por poseer una diversidad biológica única y un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como las actividades de drenaje, pastoreo excesivo, o alteración en el régimen hídrico. Los humedales están asociados a sustratos saturados temporal o permanentemente, los que permiten la existencia y desarrollo de biota acuática. Estos ecosistemas cuya existencia depende de las condiciones hídricas del suelo y de la materia orgánica, sobreviven gracias al aporte de agua constante de escorrentías glaciales, manantiales y un nivel freático alto. Debido a estas características, los humedales constituyen un refugio para diferentes especies de flora y fauna, proveyéndoles los insumos necesarios para su supervivencia (Emagua, 2006).

De acuerdo a Conama, 2006, las principales diferencias entre las vegas y los bofedales son que, las primeras están dominadas por juncáceas en cojín (*Scirpus americanus*), en cambio los bofedales presentan una predominancia de gramíneas (*Oxychloe andina* y *Distichia muscoides*). Además, las vegas se encuentran a una menor altitud que los bofedales (estos últimos se encuentran sobre los 2800 msnm), poseen mayor salinidad, se encuentran en zonas menos lluviosas y presentan un microrelieve más plano que los bofedales.

Para efectos de delimitación se considerará la presencia y máxima extensión areal (cobertura) de la vegetación hidrófila. Tratándose de ambientes que carezcan de vegetación hidrófila se utilizará para la delimitación la presencia de otras expresiones de biota acuática (DS 82/2010 Minagri).

3.2. Ecología

Ecológicamente, los humedales están constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una unidad ecológica. Estos componentes generan interacciones a través de las cuales son capaces de modificarse mutuamente, y determinar en último término, los estados futuros del ecosistema. A diferencia de los ecosistemas terrestres, los humedales suelen presentar una gran variabilidad, tanto en el tiempo como en el espacio. Esto tiene efectos muy importantes sobre la diversidad biológica que habita en los humedales, ya que deben desarrollar adaptaciones para sobrevivir a estos cambios, que pueden llegar a ser muy extremos, por ejemplo, ciclos hidrológicos anuales con períodos de sequía e inundación extremos (Ahumada et al, 2011). Particularmente, los humedales altoandinos son ecosistemas frágiles, escasos y con un endemismo relevante. Han sido utilizados históricamente por grupos humanos y desde hace varias décadas por un sector relevante de la economía, la minería. Constituyen lugares de alta relevancia en cuanto a diversidad biológica y por su rol en los sistemas productivos de las comunidades indígenas (MMA, 2014).

Los humedales en general, presentan un patrón de distribución azonal, lo que corresponde a un modelo de distribución de una comunidad o especie que responde fundamentalmente a condiciones locales, y para el caso de los humedales están acotadas a características de sustrato, suministro hídrico y en el caso de humedales altiplánicos a afloramiento salino. Los humedales de altura corresponden a sistemas ecológicos azonales hídricos, correlacionados con un aporte hídrico permanente y constante durante la temporada de crecimiento de las especies vegetales que lo componen (fines de primavera, verano e inicios de otoño) y que, desde el punto de vista de la vegetación, se caracterizan por su presencia en ambientes normalmente árido-fríos, asociados a la Cordillera de Los Andes, en donde en medio de matrices arbustivas o herbáceas de escaso o bajo cubrimiento (inferiores a 30% normalmente) y baja estratificación (habitualmente inferiores a 1 m) aparecen resaltando con su mayor actividad vegetativa y sus mayores cubrimientos (normalmente sobre el 50 % (Ahumada et al, 2011).

Muñoz et al, 2000, en su caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, describe las vegas como una vegetación azonal de amplia distribución en los Andes, que se desarrollan en las laderas con afloramientos de agua, fondos de quebradas y hondanadas resultantes de procesos del modelado coluvial, glacial y tectónico, interrumpiendo la distribución

de las estepas y matorrales zonales. Señala que se componen de praderas densamente cubiertas por Juncáceas, Ciperáceas, principalmente *Patosia clandestina*, *Oxychloe andina*, *Juncus lesueuri*, *J. stipulatus* y *Carex gayana*, más una gran diversidad de especies pequeñas como *Gentiana prostata*, *Pratia repens*, *Colobanthus quitensis*, *Erigeron aff. Myosotis*, *Eleocharis albibracteada* y *Scirpus macrolepis*. Junto a los cursos de agua se desarrolla una densa cubierta de especies palustres y acuáticas: *Hydrocotyle ranunculoides*, *Verónica anagallis-aquiatica*, *Rippa nasturrium-aquiaticum*, *Cotula coronopifolia*, *Scirpus cernuus*, *Mimulus luteus*, *M. glabratus*, *Baccharis juncea*, *Azolla filiculoides* y *Senecio fistulosus*. En los márgenes de las vegas predominan *Acaena magellanica*, *Calceolaria biflora*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca Kurtziana* y *Poa aff. Denudata*. El conjunto de las vegas presenta notorios signos de intervención antrópica (por pastoreo de ganado), que se manifiesta en la presencia de un gran número de especies introducidas como *Trifolium repens*, *Tanacetum parthenium*, *Anthemis cotula*, *Plantago lanceolata*, *Melilotus sp.*, *Rumex acetosella* y *Taraxacum officinale*.

Teillier (2011), indica que las vegas, si bien en apariencia son muy homogéneas, hay recambio de especies a lo largo de su distribución en altitud y también diferencias relacionadas con el tipo de suelo y la historia de uso. Producto de ello, propone dos grupos:

- a) Vega con *Patosia clandestina*, que se ubica en sitios con humedad permanente, flujo de agua tipo laminar y poco escurrimiento de agua. Son frecuentes en las cabeceras de los cursos de agua ubicadas por sobre los 3.000 m de altitud, y se caracterizan por la presencia frecuente de hierbas perennes que forman cojines convexos, principalmente compuestos por *Patosia clandestina*, *Oxychloe bisexualis* y *Zameiscirpus gaimardiodes*, y por especies acompañantes de *Carex spp.*, *Eleocharis spp.*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra* y *Poa acinaphylla*, entre otras.
- b) Vega con *Juncus balticus*, las que disponen de menos humedad y se sitúan entre los pisos subandino y andino (1800 m – 2800), generalmente en áreas con afloramientos de agua en planicie, generando situaciones similares a un pantano. *Juncus balticus* es la especie dominante y como codominantes aparecen *Carex gayana* y *C. macloviana*, *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Phylloscirpus acaulis*, *Juncus stipulatus*, *Agrostis glabra*, *Polypogon australis*, *Acaena magellanica*, *Astragalus looseri*, *A. pehuenches*.

3.3. Perturbaciones

Las perturbaciones son procesos que afectan la estructura y funcionamiento de los humedales. Dependiendo de la naturaleza de la perturbación, será la calidad y magnitud del efecto que se genera sobre el ecosistema. De este modo, podemos señalar que perturbaciones de tipo físico pueden superar la capacidad de resiliencia del sistema, llevándolo a un estado diferente del observado en condiciones naturales (Ahumada et al, 2011). Con la creciente extracción de agua desde los acuíferos y cauces naturales a una velocidad mayor que la recarga, sumado a los cambios en los patrones de precipitaciones y el retroceso de los glaciares que alimentan cauces y lagos en gran parte del territorio chileno se genera un escenario complejo para la mantención de ecosistemas frágiles (MMA,2014). Los bofedales altoandinos han sido fragmentados por la construcción de caminos y carreteras, alterando el flujo normal de las aguas; introducción de especies exóticas vegetales o animales que amenazan el frágil equilibrio; contaminación; drenaje, para expansión de la agricultura o para actividades productivas y extractivas, restándole agua necesaria para sobrevivir (EMAGUA, 2006).

La revitalización y restauración de los paisajes contaminados mediante la restauración de humedales puede recuperar el funcionamiento de los ecosistemas y ofrecer hábitats sostenibles, un aprovechamiento económico y beneficios sociales, como actividades educativas, mejoras en la calidad del agua, provisión de hábitats para la vida silvestre y actividades recreativas.

En algunos casos, la degradación de los humedales es tan grave que no es posible la restauración de algún tipo de humedal histórico, por ejemplo la pérdida total de suelos orgánicos, que obliga a llevar a cabo la restauración sobre un sustrato mineral. Incluso en tales circunstancias, pueden existir oportunidades para reavivar los procesos de los humedales y recuperar servicios ecosistémicos importantes más que tipos específicos de humedales (MMA, 2014).

4. Antecedentes.

La Central hidroeléctrica de pasada Alto Maipo, construyó en el año 2012 un acceso de aproximadamente 338 metros de largo que conecta la ruta pública G-455 con el puente que cruza el río Yeso y permite la conectividad con las obras que se desarrollan en el sector denominado Lo Encañado. Este lugar se encuentra a unos 15 km de El Romeral (Figura 1) en la ruta pública G-455.

La habilitación de este acceso implicó el cruce de una vega, produciendo una fragmentación de la formación vegetal. Esta vega es parte de la formación vegetal identificada en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 2008) como **Vega EY-1** (Figura 2, Foto N°1). En dicho estudio, esta vega fue descrita como una pradera húmeda compuesta principalmente por *Carex gayana*, *Juncus articus* y *Poa pratensis*, especies higrófilas altoandinas que se distribuyen y desarrollan gracias a los diversos afloramientos de agua subterránea que se encuentran en las laderas.

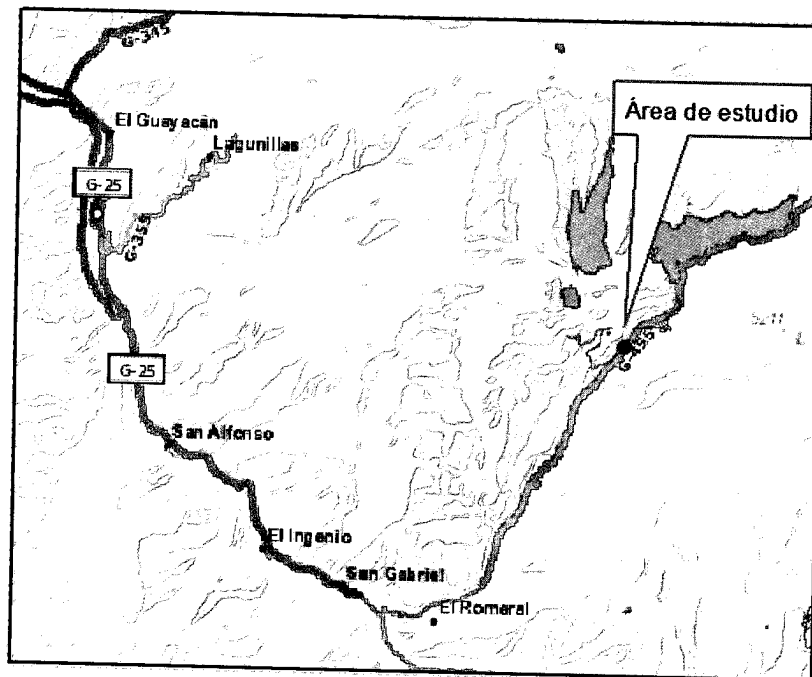


Figura 1. Sector de estudio.

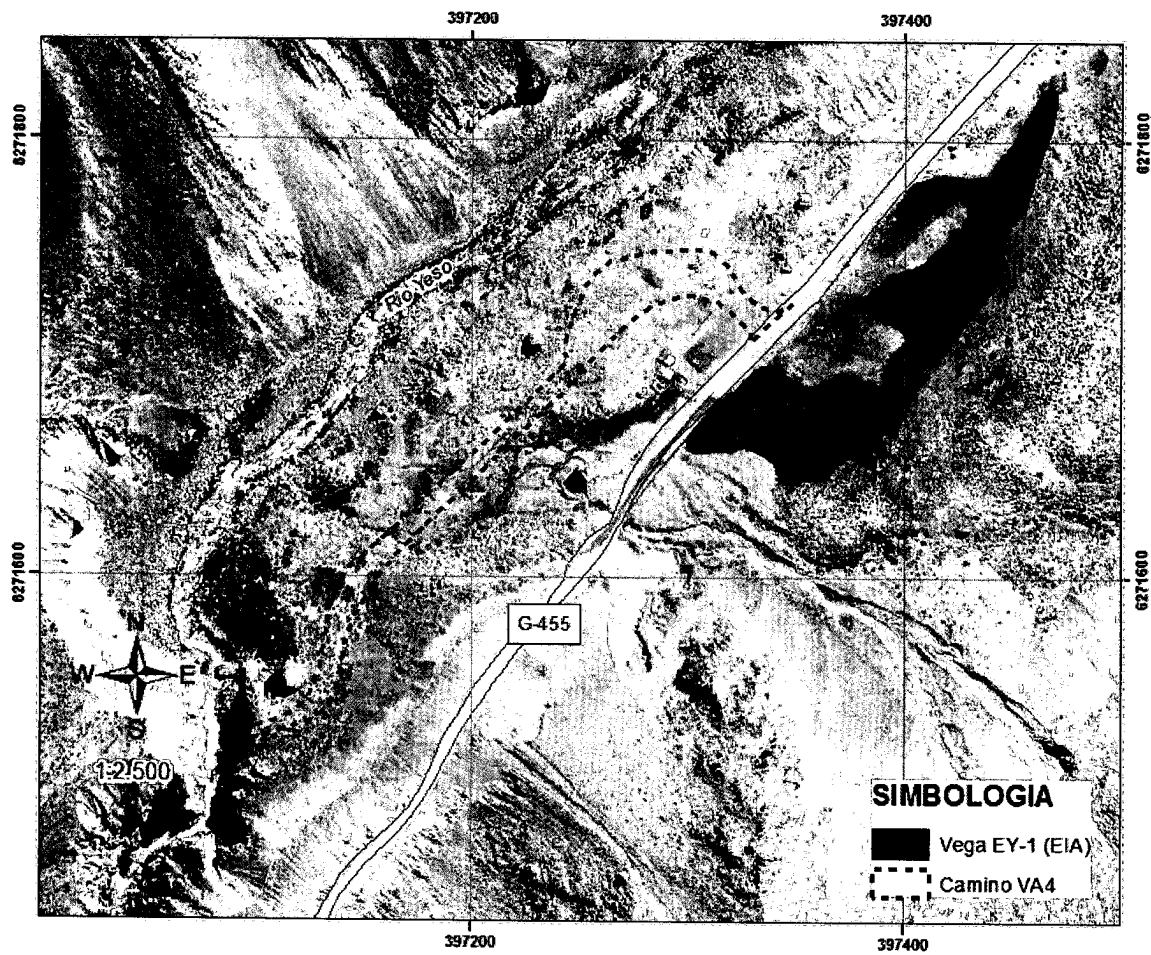


Figura 2. Identificación Vega original en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 2008), sobre la base del vuelo aéreo privado año 2007.

En el año 2007 la vega EY-1 ya se encontraba fragmentada por la construcción de la ruta pública G-455, además ha sido perturbada por otras actividades y proyectos. Dado este escenario, surge la necesidad de identificar las causas y oportunidad de las distintas situaciones que han determinado el estado actual de esta formación vegetal.

4.1. Situación Inicial (2007)

La vega EY-1, antes de la construcción del acceso al puente El Yeso, se encontraba fragmentada por la existencia del camino público G-455, el cual había generado una interrupción y desviación de una parte del caudal de agua hacia la alcantarilla 1 (Figura 3, Foto N°2 y N°3). El flujo de agua, luego de cruzar el camino por esta alcantarilla, era captado en un pequeño dique para luego ser devuelto al cauce original. Considerando la condición rústica del camino, es plausible suponer que la otra parte del caudal que no se desvió, haya continuado atravesando superficialmente y sub-superficialmente el camino público, manteniendo el curso natural del escurrimiento. Se puede observar en la imagen aérea del año 2007 (Vuelo privado), que a pesar de la fragmentación provocada por el camino público, la vegetación de la vega se mantenía activa.

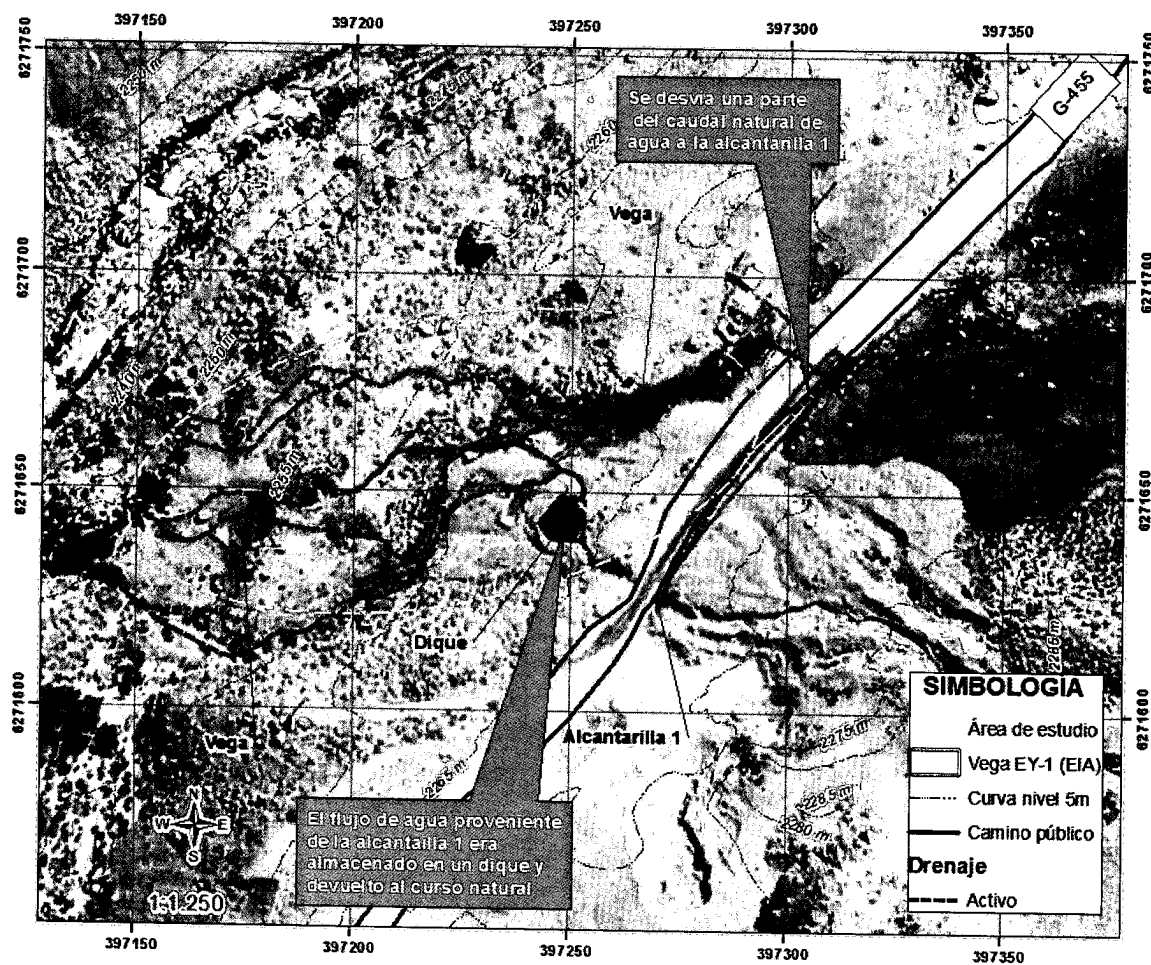


Figura 3. Situación antes de la construcción de camino VA4 (Imagen aérea de Vuelo privado, 2007)



4.2. Construcción del acceso al puente el Yeso (2012)

El acceso al puente El Yeso se construyó habilitando una faja de 8 m de ancho aproximadamente, la cual atravesó una zona donde se encontraba la vega, produciéndose una afectación directa debido a la eliminación de la vegetación de la vega y una degradación secundaria de otra parte de la formación localizada aguas abajo de la huella habilitada producto de la fragmentación. La construcción del acceso al puente produjo también la interrupción del flujo de agua el cual fue desviado hacia la alcantarilla 2 (Figura 4, Foto N°4 y N°5), para luego evacuar en una quebrada cercana. En la zona intervenida también se encontraba una formación de matorral, vegetación que se intervino mediante autorización del DS82/14-20/12.

Es importante señalar que el acceso al puente considera como área de intervención aquella compuesta por la calzada del camino nuevo, las áreas de terraplén y las obras de seguridad, las cuales fueron incluidas en el diseño de ingeniería y de construcción, quedando de manifiesto que no se realizó ni desarrolló ninguna otra actividad fuera de esta zona que pudiera haber producido algún efecto de degradación de la vega aguas arriba del camino nuevo.

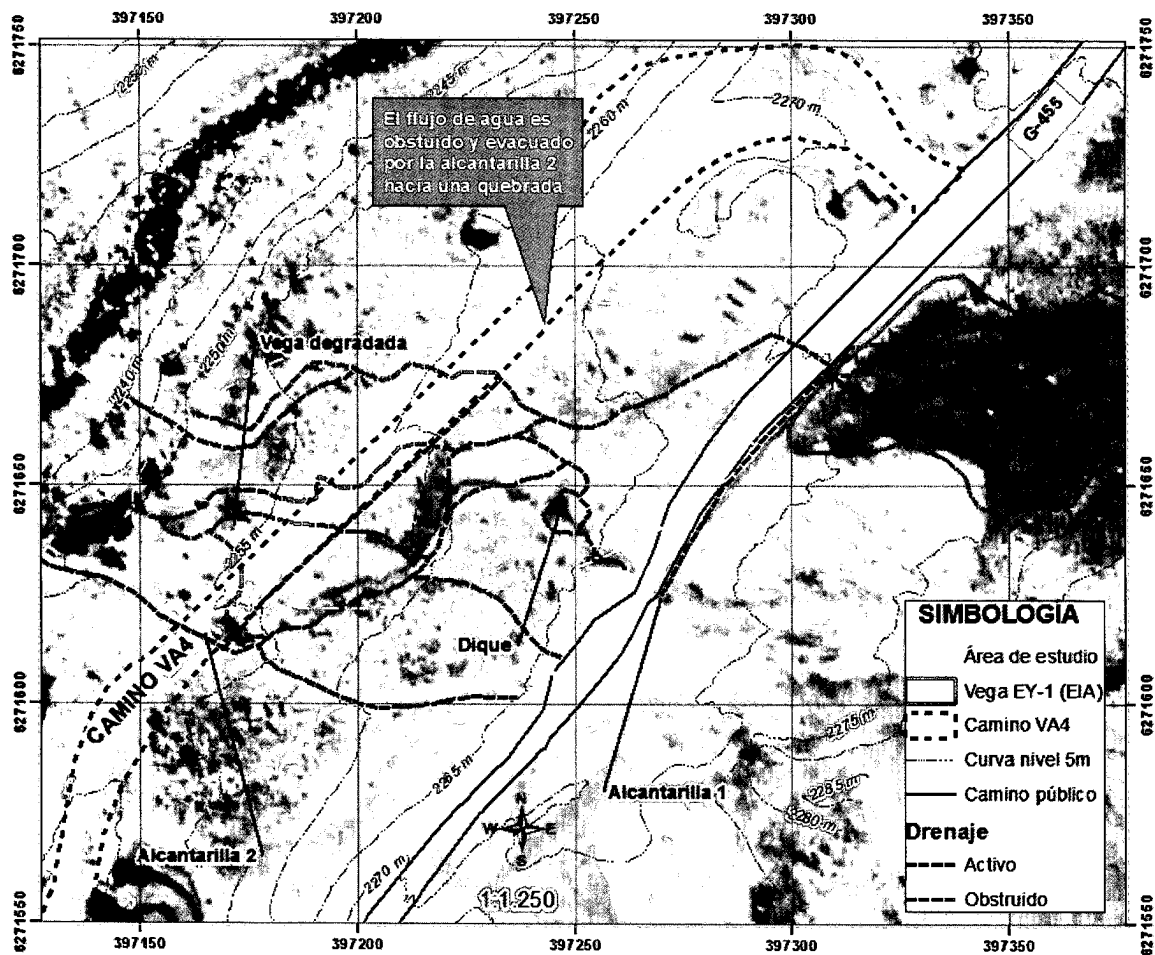


Figura 4. Construcción camino VA4 (Imagen Google Earth georeferenciada 03/OCT/2012)

4.3. Situación Actual, periodo 2013-2017

Entre el camino público y el camino nuevo de acceso al puente, se construyó una obra (ajena a Alto Maipo) que corresponde a un acueducto, para el cual se realizó una excavación de una faja de unos 8-12 m de ancho, y de 3-4 m de profundidad, generándose un cambio en la topografía y la interrupción y desvío de todo el flujo de agua proveniente de la vega aguas arriba del camino público G-455 hacia la alcantarilla 1, para luego evacuar en una quebrada aguas abajo del acueducto (Figura 5). Cabe señalar que en el último periodo, ambas alcantarillas se encuentran muy obstruidas con material de arrastre producto de los desprendimientos de suelo provocados en episodios de fuertes lluvias (Foto N°3 y N°5).

Es importante señalar que la degradación producida en la vega entre el camino nuevo y la ruta G-455, no se debe a las actividades desarrolladas por Alto Maipo, sino a actividades posteriores de otros proyectos civiles.

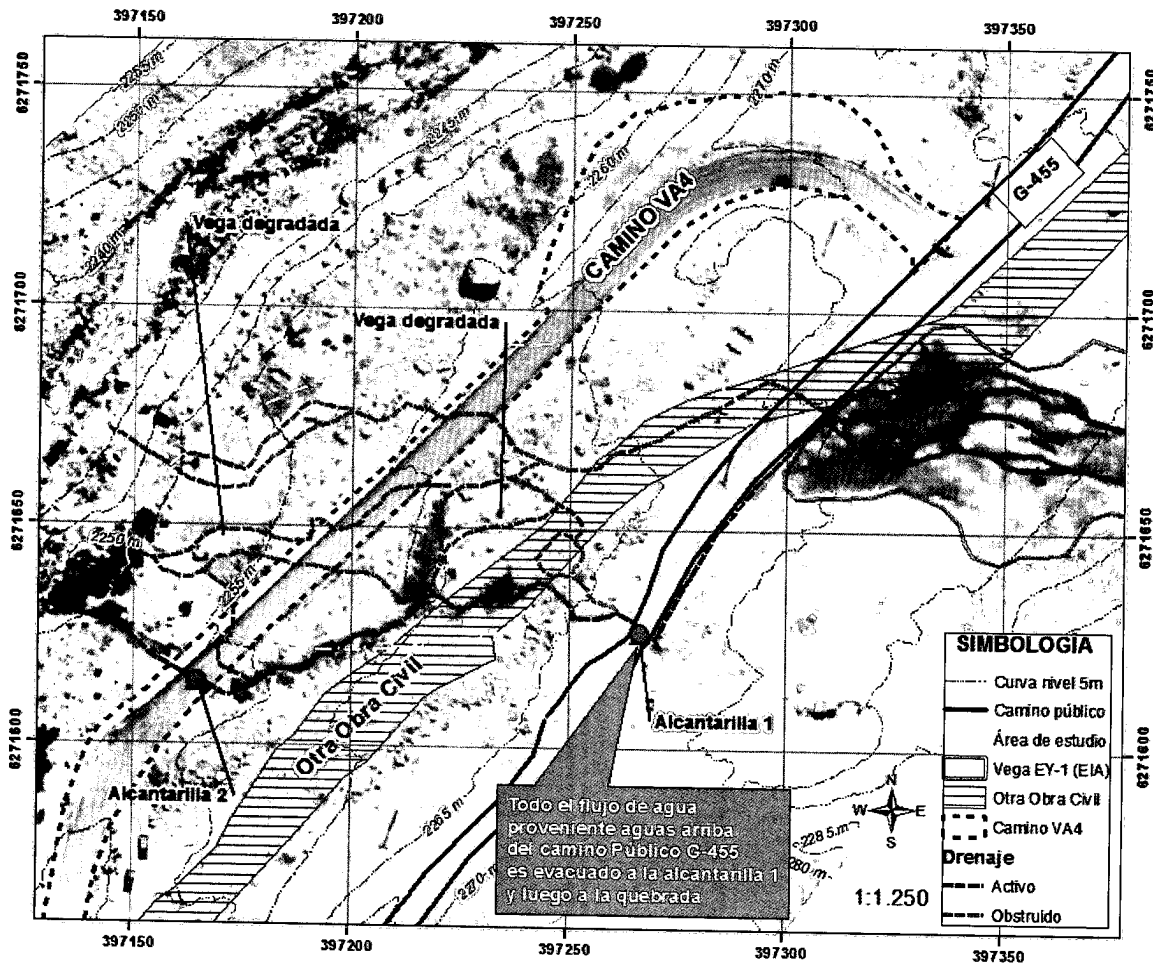


Figura 5. Situación actual (2017).

En el año 2013, en respuesta a requerimientos del Servicio Agrícola y Ganadero de la Región Metropolitana (SAG RM), se encargó al Centro de Ecología Aplicada (CEA, 2013) un estudio de delimitación y caracterización florística de vegas andinas adyacentes al camino nuevo de acceso al puente, y se cuantificó la superficie y perímetro de ella a través de una imagen satelital anterior a la obra, se describió la flora y vegetación en función del número de especies, cobertura total y por especies y estado fenológico. Este estudio indicó que la vega EY-1 ya se encontraba fragmentada



por el camino público G-455 y que el área de afectación producto de la construcción del camino nuevo fue de 126,4 m². Además, se determinó que la flora de la vega estaba compuesta por 29 especies, la cobertura promedio fue de 90,20% ± 2,93, y no se encontraron especies clasificadas en alguna categoría de conservación, de acuerdo a la revisión de los Decretos Supremos N° 151/2007, 50/2008, 51/2008, 23/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES), y N° 33/2012, 41/2012, 42/2012 y 19/2013 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA) que oficializan los procesos oficiales de clasificación de especies a nivel nacional, el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit, 1989), y las publicaciones del Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Baeza *et al.*, 1998; Belomonte *et al.*, 1998; Ravenna *et al.*, 1998).

El informe de CEA (2013), señala que la vega EY-1 se encuentra en una ladera de exposición suroeste y de 10% inclinación, en un área donde el sustrato era rocoso, pero orgánico en los suelos bajo la vega y sin erosión. Respecto a la intervención antrópica, CEA observó evidencia de pastoreo, fuego y las obras del camino nuevo de acceso al puente.

La flora encontrada en esta vega se compone de 29 taxa, incluyendo 27 plantas vasculares, un alga verde de la Familia Characeae y un musgo. Las plantas vasculares pertenecen a 16 familias, siendo Asteraceae y Cyperaceae las familias mejor representadas, con cinco especies cada una. Del total de especies vasculares, 18 son nativas y nueve, introducidas.

En ambas campañas la mayoría de las especies se encontró en estado de floración (17 registros en primavera y 13 en verano) y/o de crecimiento vegetativo (16 registros en primavera y 13 en verano). El estado de semillación fue observado en tres plantas en primavera y en dos en verano, mientras que el estado de fructificación se encontró en tres especies sólo en verano (

Tabla 1).

La vegetación de esta vega estuvo dominada por las especies *Carex gayana*, *Eleocharis lechleri* y *Phylloscirpus acaulis*; destaca también una alta cobertura de las hierbas introducidas *Festuca rubra* y *Trifolium repens*. En primavera la cobertura promedio de vegetación fue de 90,20% ± 2,83, mientras que en verano, fue de 88,74 ± 2,59. Las especies con mayores coberturas promedio en esta vega andina fueron *Festuca rubra* (23,97%), *Eleocharis lechleri* (19,74%) y *Carex gayana* (17,62%).

Tabla 1. Listado florístico vega VA4. Fuente: CEA, 2013.

	Familia	Especie	Fisionomía	Origen	Estado de conservación	Estado fenológico	
						Primavera	Verano
	DIVISIÓN CHAROPHYTA						
1	Characeae	<i>Chara sp.</i>	alga verde	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN BRIOPHYTA						
2	n.d.	Musgo no identificado	n.d.	n.d.	n.d.	C	C
	DIVISIÓN MAGNOLIOPHYTA						
3	Apiaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
4	Asteraceae	<i>Baccharis salicifolia</i>	Arbusto	Nativa	n.d.	C	FI
5	Asteraceae	<i>Maleza 1</i>	Hierba	Introducida	n.d.		C
6	Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C	FI
7	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	FI, S	FI
8	Asteraceae	<i>Werneria pygmaea</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI	FI
9	Berberidaceae	<i>Berberis empetrifolia</i>	Subarbusto	Nativa	n.d.	FI	FI
10	Caleolariaceae	<i>Calceolaria filicaulis</i> <i>ssp. luxurians</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	
11	Campanulaceae	<i>Lobelia oligophylla</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C, FI, Fr
12	Caryophyllaceae	<i>Cerastium humifusum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
13	Cyperaceae	<i>Carex gayana</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI, S	C
14	Cyperaceae	<i>Eleocharis lechleri</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI, S, L	C, Fr, S
15	Cyperaceae	<i>Eleocharis melanomphala</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
16	Cyperaceae	<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
17	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus acaulis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C, FI	C
18	Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.	FI	FI
19	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	C, FI, Fr
20	Juncaceae	<i>Juncus balticus</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C
21	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
22	Phrymaceae	<i>Mimulus luteus</i>	Hierba anual	Nativa	n.d.	FI	FI
23	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	FI	FI
24	Plantaginaceae	<i>Veronica serpyllifolia</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	FI
25	Poaceae	<i>Festuca rubra</i>	Hierba perenne	Introducida	n.d.	C, FI	C, FI, S
26	Poaceae	<i>Polypogon australis</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
27	Polygonaceae	<i>Poligonum persicaria</i>	Hierba anual	Introducida	n.d.		FI
28	Ranunculaceae	<i>Halerpestes cymbalaria</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	FI	
29	Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i>	Hierba perenne	Nativa	n.d.	C	C

En el presente estudio de diagnóstico se realiza una nueva clasificación de la formación adoptando el concepto de área potencial de la vega.

5. Metodología

Para identificar y delimitar el área o la extensión de la vega antes de la construcción del acceso al puente El Yeso, se adoptó el concepto de máxima área potencial para el desarrollo de la vegetación azonal, de acuerdo a la definición de humedal encontrada en el DS 82/2011 Minagri. Para ello, se revisó la imagen aérea obtenida con un vuelo privado para el desarrollo del Proyecto del año 2007, y una serie de imágenes satelitales disponibles en Google Earth, desde el año 2003 hasta el 2016¹, donde se pudo observar los cambios dinámicos en la estructura, forma y tamaño de la vega en estudio. Para este efecto, se seleccionó una imagen del año 2010 (Figura 6), en la cual se observa un mayor desarrollo y cobertura de la formación, siendo dicha área, a través de un proceso de fointerpretación, definida como el área potencial de la vega.

Posteriormente, el polígono delimitado, fue rectificado y afinado utilizando una ortofoto aérea actualizada de alta resolución, y un modelo de elevación (DEM), ambos generados con un vuelo con un dron (Figura 7), descartando del área potencial de la vega sectores que no corresponden a la vegetación azonal, como suelos rocosos y zonas con matorral denso que no son posibles de identificar en imágenes de menor resolución. En tanto, con el modelo de elevación (DEM), se pudo generar una topografía de alta resolución, y también el modelo de drenaje topográfico (Figura 7) a través de la función "Hydrology" del "Spatial Analyst tool" de ARCGIS², con el cual se pudo confirmar la distribución de los drenes originales que estaban asociados a la existencia de la vegetación azonal.

Para establecer el estado actual de la vega, se realizó una campaña de terreno (23 de marzo 2017 y 06-07 de Abril 2017) para muestrear la flora existente en el área perturbada, para lo cual se realizó un transecto de 15 m de largo, y en el cual se registraron todas las especies vasculares que interceptan la línea de muestreo, estableciendo porcentajes relativos y absoluto de cobertura de cada especie (Figura 7)

¹ Imágenes satelitales georeferenciadas obtenidas de Google Earth, con fechas 07 Febrero 2003, 02 Enero 2010, 03 Octubre 2012, 29 Diciembre 2013, 08 Febrero 2016.

² ArcGis versión 10.2.1. Esta función calcula los flujos de drenaje utilizando un modelo de elevación digital (DEM), con un algoritmo que calcula las zonas con las pendientes más altas, por donde se produce el escurrimiento, y las áreas en donde se acumula el flujo (Jenson y Domingue, 1988).



La cobertura se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Cobertura absoluta de una especie (\%)} = \frac{\text{Nº de puntos interceptados por la especie}}{\text{Nº total de puntos de intercepción del transecto}} \times 100$$

$$\text{Cobertura absoluta de un transecto (\%)} = \text{Sumatoria de las coberturas absolutas de todas las especies presentes en un transecto determinado}$$

$$\text{Cobertura total de vegetación (\%)} = \text{Promedio de los valores de cobertura de los transectos}$$

Paralelamente, se obtuvo un registro de mediciones de humedad del suelo, en sectores de la vega con y sin degradación, utilizando un higrómetro digital (0-50%) para suelos, registrando los valores en un transecto de 15 m, cada 1 m (Figura 7). Los valores de humedad del suelo del sitio perturbado y no perturbado, fueron comparados para establecer si existe relación con la calidad de la vegetación azonal.

Para determinar el área de vega que fue afectada por la construcción del camino y determinar también el área de vega que fue degradada debido a la fragmentación, se obtuvo el polígono real de la Obra, utilizando la ortofoto actualizada obtenida con dron (Figura 7), considerando la planta del camino, terraplén y obras de seguridad. Luego, éste fue utilizado para la intersectarlo con la formación potencial de la vega, obteniéndose el área afectada directamente, mientras que el fragmento que quedó aguas abajo del camino nuevo de acceso al puente correspondió al área de vega degradada.

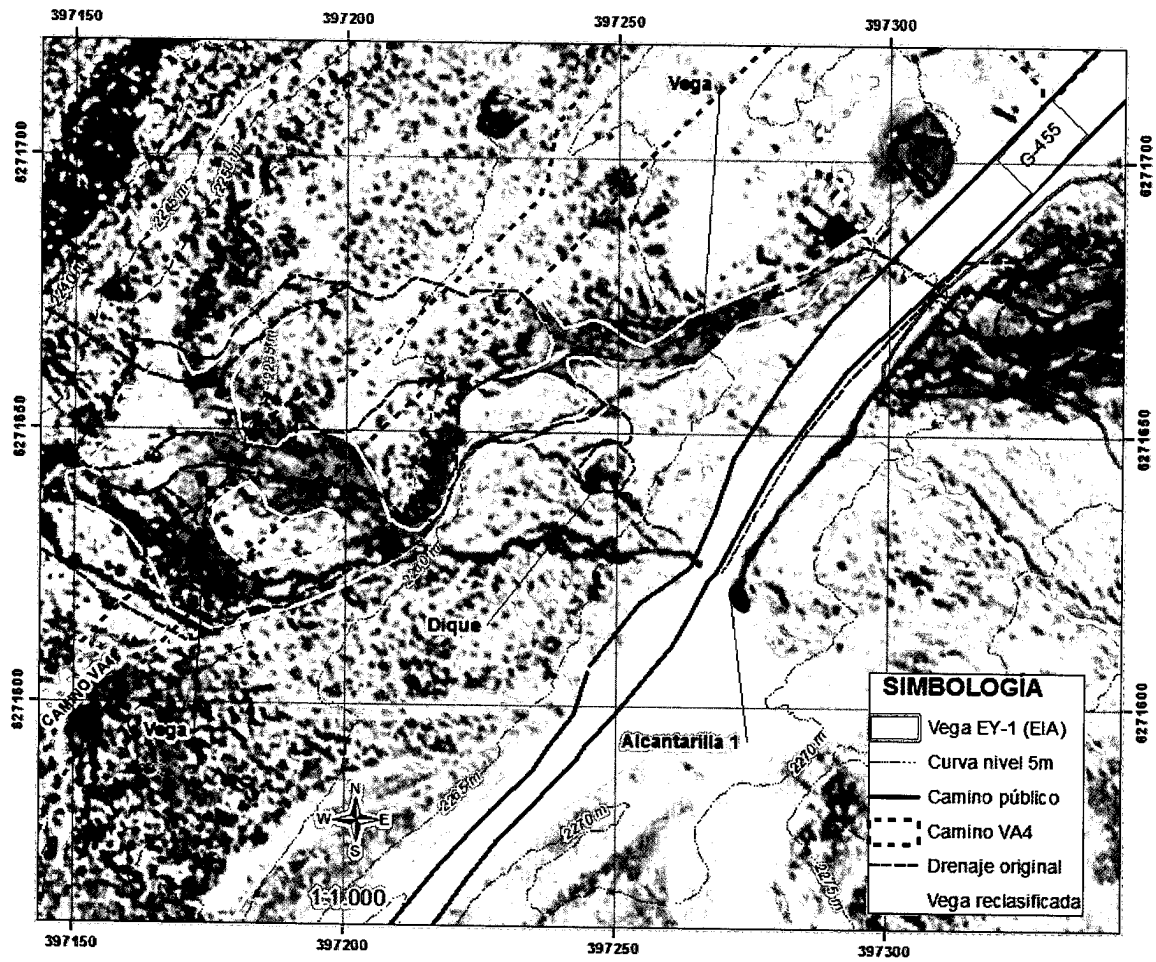


Figura 6. Clasificación de vega potencial. Imagen satelital Google Earth georeferenciada año 2010.

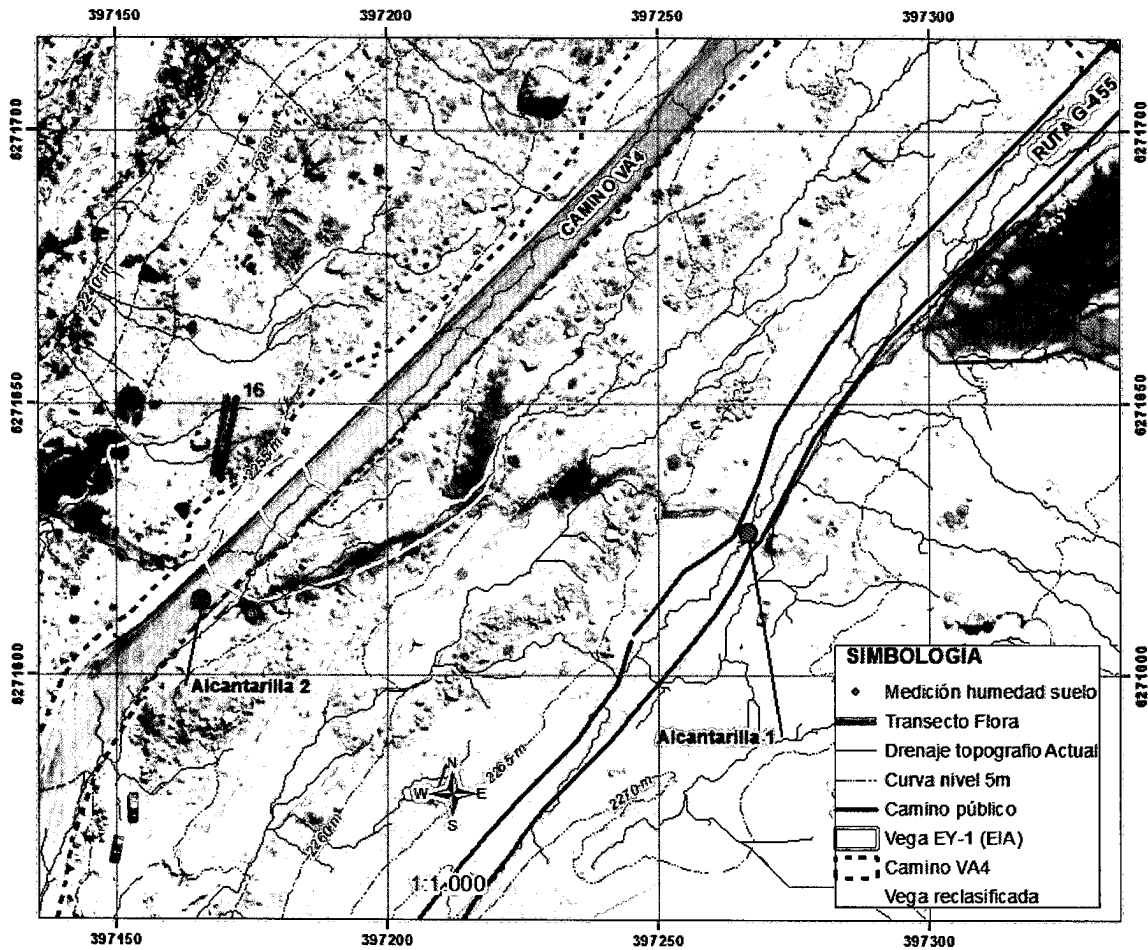


Figura 7. Ortofoto actualizada obtenida con dron, Abril 2017, tansecto de flora y puntos de medición de humedad del suelo.

6. Resultados de diagnóstico.

6.1. Área potencial.

De acuerdo a la fotointerpretación de la imagen satelital Google Earth año 2010, existe una formación vegetal azonal asociada al curso de agua que proviene de la vega EY-1, ubicada al lado oriente del camino público G-345. La formación vegetal azonal se puede diferenciar de las otras formaciones arbustivas y praderas abiertas existentes alrededor de ella, según se observa en la

Figura 8, donde la imagen satelital fue filtrada a través de una ecualización de histograma³. Esta imagen satelital tiene fecha de 02 de Enero de 2010, por lo que corresponde a una estación de verano, razón por la cual se puede asegurar que la formación vegetal es de tipo azonal, pues depende exclusivamente del flujo de agua existente y de la humedad del suelo. Por otro lado, en esta imagen se presenta la mayor expansión o dispersión de la formación vegetal, en términos de superficie, de todas las imágenes analizadas, por lo que se adoptará esta cobertura como el hábitat potencial de la vega, el cual será considerado como un fragmento de la vega EY-1, dado que dependen del mismo sistema hídrico. Este fragmento (hábitat potencial) tiene una superficie de 2.208 m².

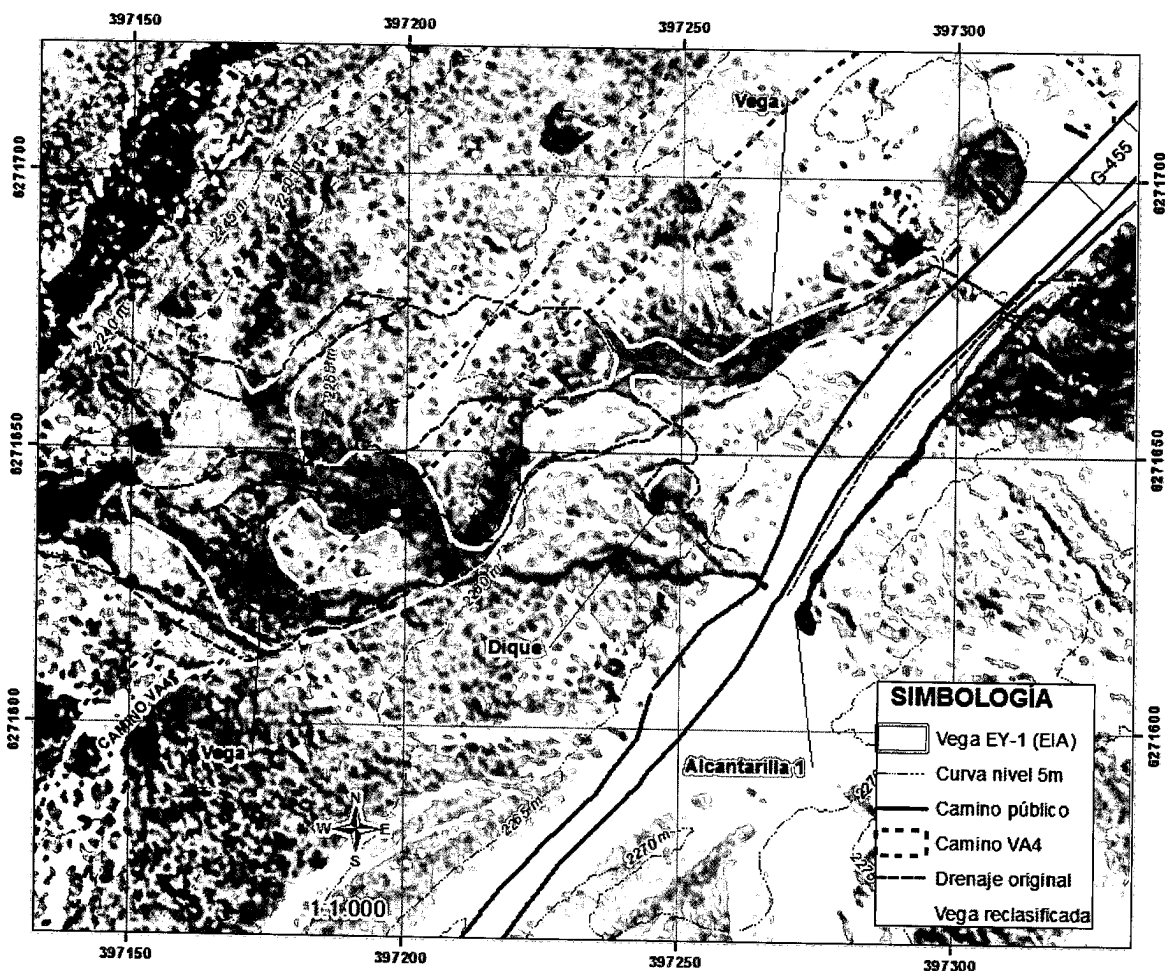


Figura 8. Filtrado y fotointerpretación Imagen satelital año 2010.

³ Filtro de imagen que tiene como objetivo acentuar el contraste visual, aprovechando de mejor manera el rango de valores de intensidad disponible. Un histograma es una medida de frecuencia en la ocurrencia de cada valor o rango de valores de nivel de intensidad de gris dentro de una imagen. El histograma se considera ecualizado si todos los niveles de intensidad tienen una frecuencia lo más similar posible.

6.2. Área afecta.

La superposición de la cobertura correspondiente a la Obra (calzada del acceso al puente más las áreas de terraplén, cunetas y zonas de protección) sobre el polígono correspondiente al hábitat potencial de la vega, determinó el Área de intervención o Área afecta, la cual corresponde a 446 m² (Figura 9). En esta área la vegetación fue eliminada, y se modificó la estructura del suelo y la topografía, debido a la nivelación del suelo, incorporación de carpeta de áridos y compactación, produciendo la interrupción de flujos de agua a nivel superficial y sub-superficial.

6.3. Estado Actual de la Vega y Área degradada Aguas abajo del camino de acceso al puente El Yeso

El fragmento de vega, del polígono correspondiente al hábitat potencial, que ha quedado aguas abajo del camino de acceso al puente, corresponde a una vegetación azonal degradada que tiene una superficie de 789 m² (Figura 9). Las causas de la degradación de la vegetación se deben principalmente a la interrupción del flujo de agua que proviene de la vega EY-1 producto de la construcción del camino nuevo, generándose un hábitat menos húmedo, provocando cambios en la flora, el suelo y la cobertura vegetal.

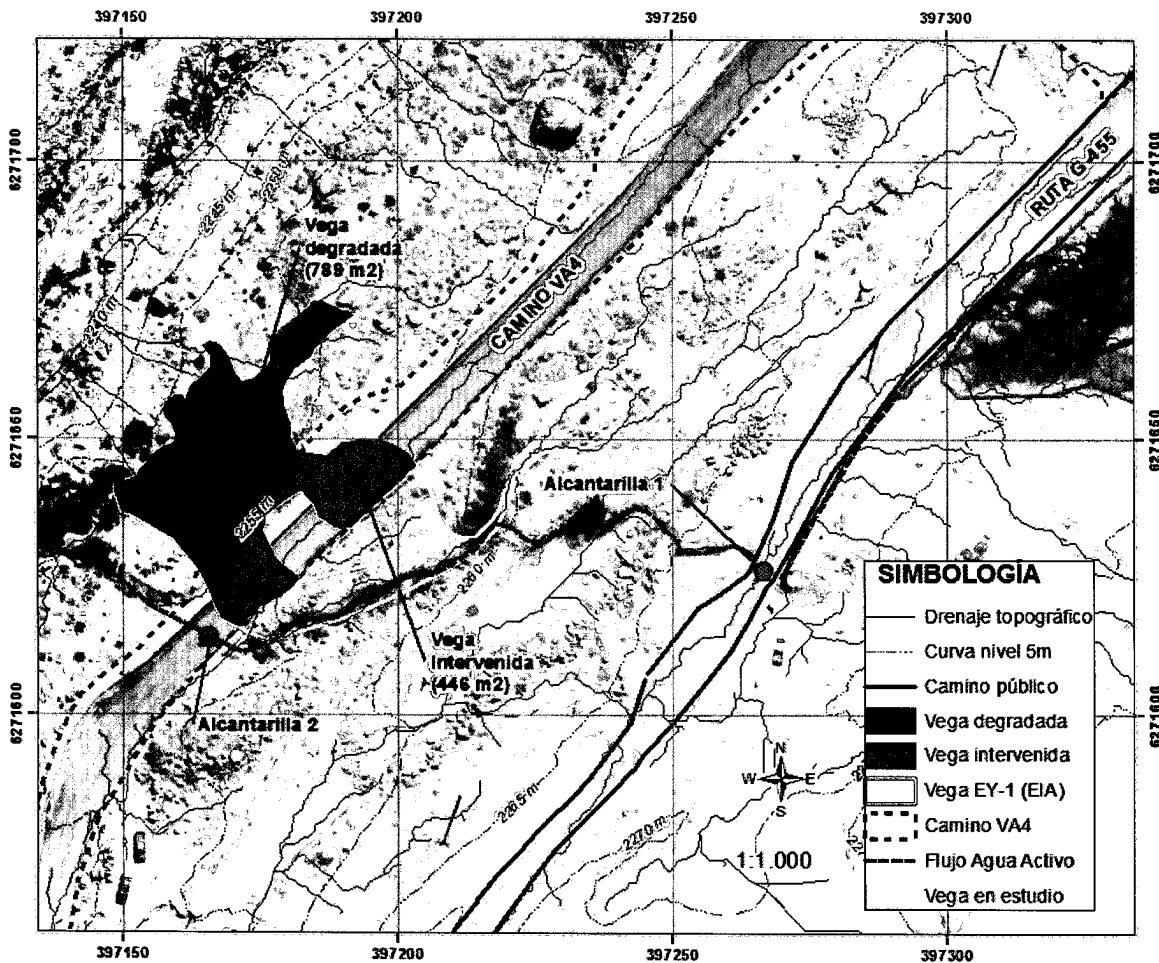


Figura 9. Áreas de Intervención y de degradación de la vega.

Los resultados del muestreo de flora en el Área degradada (aguas abajo del camino nuevo), indica que aún existen especies que habían sido identificadas en la vegetación azonal de hábitat de Vega (CEA, 2013), aunque en este caso, se encuentran distribuidas en una cobertura mucho menor (56% de cobertura) a la existente en una situación sin perturbación (100% de cobertura), como *Eleocharis melanomphala*, *Polypogon australis* y *Carex Gayana* entre las más representativas (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). También se observa la invasión de especies alóctonas (exóticas) asilvestradas, las cuales tienen la capacidad de desarrollarse en gran diversidad de suelos, dentro de las cuales se observa *Convolvulus arvensis*, *Festuca rubra* y *Malva nicaensis*.

Se puede observar además, la presencia de especies de hábito más arbustivo, que corresponden a *Baccharis salicifolia* y *Baccharis pingraea* las cuales presentan una distribución más bien discreta, y

probablemente su establecimiento ha sido exitoso debido a la disminución de la saturación de agua en el suelo.

Tabla 2. Listado florístico área perturbación indirecta.

Especie	Familia	Forma de vida	Origen	Cobertura absoluta (%)
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	15,33
<i>Eleocharis melanomphala</i> C. B. Clarke	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	12,00
<i>Polypogon australis</i> Brongn.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	6,67
<i>Carex Gayana</i> Desv.	<i>Cyperaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	5,33
<i>Festuca rubra</i> L.	<i>Poaceae</i>	Hierba perenne	Exótica	4,00
<i>Malva nicaensis</i> All	<i>Malvaceae</i>	Hierba anual	Exótica	3,33
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz et Pav.)	<i>Asteraceae</i>	Arbusto	Nativa	3,33
<i>Taraxacum officinale</i> G. Weber ex F.H. Wigg	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Exótica	2,00
<i>Baccharis pingraea</i> DC.	<i>Asteraceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena magellanica</i>	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Medicago minima</i> (L.) Bartal.	<i>Fabaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her. Ex Aiton	<i>Geraniaceae</i>	Hierba anual	Exótica	0,67
<i>Geranium bertereanum</i> Colla	<i>Geraniaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
<i>Acaena pinnatifida</i> Ruiz et Pav.	<i>Rosaceae</i>	Hierba perenne	Nativa	0,67
Suelo desnudo				44,00
Cobertura absoluta transecto (%)				56,00

De acuerdo a las mediciones de humedad del suelo, se determinó que en el área degradada, ésta varía entre un 0 % a 10,7 %, correspondiendo un promedio de 5,2%. Esta variabilidad indicaría que la humedad del suelo se está concentrando en algunos sitios (con mayor capacidad de retención de agua), no obstante, esta humedad no logra ser suficiente para mantener la vegetación azonal, en la misma calidad y cobertura como en el área no perturbada, en donde los valores de humedad obtenidos entrega valores entre 19% y 45,1%, lo cual indica que existen sectores con saturación de agua en el suelo casi total, principalmente en los sectores con menor pendiente y áreas anegadas con mal drenaje (Tabla 3).

Tabla 3. Registro de medición de humedad en el suelo.

Sector	Medición Humedad del suelo (%)																Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Área perturbada	1	7,1	0	0	0	0	8,6	7,3	3,5	0	7,1	8,3	7,2	15	10,7	7,7	5,22
Área no perturbada	23,9	45,1	19	20,3	27,3	23,8	23,4	42	20,9	23,1	21,6	22,1	21,1	21	24,7	23,0	25,14



7. Conclusiones y sugerencias.

Aguas abajo del camino público (Ruta G-455) y de la Vega EY-1 indicada en el EIA (2008), se identificó la existencia de una formación azonal correspondiente a una vega y por la cual se pudo establecer que posee un hábitat potencial de 2.208 m², el cual corresponde a la máxima expresión de desarrollo observada en imágenes aéreas y satelitales históricas. Este fragmento de vega, se forma a partir del mismo flujo de agua proveniente de la vega EY-1, por lo tanto se puede considerar que el fragmento es parte de la vega EY-1. Este hábitat potencial de vega, fue intervenido por la construcción del acceso al puente EL Yeso en el año 2012, y por otras obras civiles ajenas a Alto Maipo también en el año 2012.

La construcción del camino de acceso al puente produjo la intervención y eliminación de vegetación de vega, en un área de 446 m², debido a la habilitación de la faja para la calzada del camino y para las áreas de terraplén y obras de seguridad.

Además, la compactación del suelo y la adición de la carpeta de áridos de la obra produjeron la obstrucción del flujo de agua proveniente de la vega EY-1, generando una degradación en el fragmento de vega que quedó aguas abajo del camino nuevo. En este caso, el hábitat se volvió menos húmedo, lo que ha provocado una menor riqueza de especies, cambio en la composición, disminución de la cobertura vegetal; así como cambios en el suelo.

A partir de los resultados de este diagnóstico, se plantea, en una segunda etapa, la preparación de un Plan de rehabilitación del parche de la vega EY-1 que fue afectado por la construcción del camino de acceso al puente, que considere la compensación del fragmento que fue eliminado y la recuperación del que se encuentra degradado.



8. Bibliografía

- Ahumada, Mario; Aguirre, Fernando; Contreras, Manuel; Figueroa, Alejandra, 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos. Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.
- Baeza, M., Barrera, e., Flores, J., Ramírez, C. & Rodríguez, R. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47, 23–46.
- Belomonte, E., Faúndez, L., Flores, J., Hoffmann, A., Muñoz, M. & Teillier, S. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 69–89.
- Benoit. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre Chilena. Publicación Conaf.
- CEA, 2013. Estudio de Vegas adyacentes a camino VA4 y SAM 2 en sector El Yeso y Propuesta de Medidas de Manejo Ambiental.
- CONAMA, 2006. Protección y manejo sustentable de humedles integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de Ecología Aplicada Ltda (CEA). Informe final Diciembre 2006.
- Ds 82/2010 Minagri. Reglamento de Suelos, Aguas y Humedales de la Ley N° 20.283. Chile.
- Emagua, 2006. Plan de Manejo Bofedales. Ministerio de medio ambiente y aguas. Construcción Presa Khotia Khota. Pucarani y el Alto, Bolivia.
- EIA, 2008. Estudio de Impacto Ambiental, Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo. Santiago, Chile.
- Jenson, S. K. y J. O. Domingue. 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54 (11): 1593–1600.
- MMA, 2014. Los beneficios de la restauración de humedales. Ministerio de Medio Ambiente Gobierno de Chile – RAMSAR.
http://www.mma.gob.cl/correosvirtuales/humedales/doc/Los_beneficios_de_su_restauracion.pdf



-
- Muñoz, Melica, Moreira, Andrés, Villagran, Carolina Y Luebert, Federico, 2000. Caracterización florística y pisos de vegetación en los Andes de Santiago, Chile Central. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile, 49:9-50.
- Ramsar, 2005. 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971). Estrategia Regional de Conservación y Uso Sostenible de los Humedales Altoandinos. COP9 DOC.26. Kampala, Uganda 8-15 de Noviembre de 2005.
- Ravenna, P., Teillier, S., Macaya, J., Rodríguez, R. & Zöllner, O. 1998) Categorías de conservación de las plantas bulbosas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional Historia Natural 47, 47–68.
- Tellier, S, Marticorena, A & Niemeyer, H. 2011. Flora andina de Santiago. Guía para la identificación de las especies de las cuencas del Maipú y del Mapocho.



Anexo Fotográfico

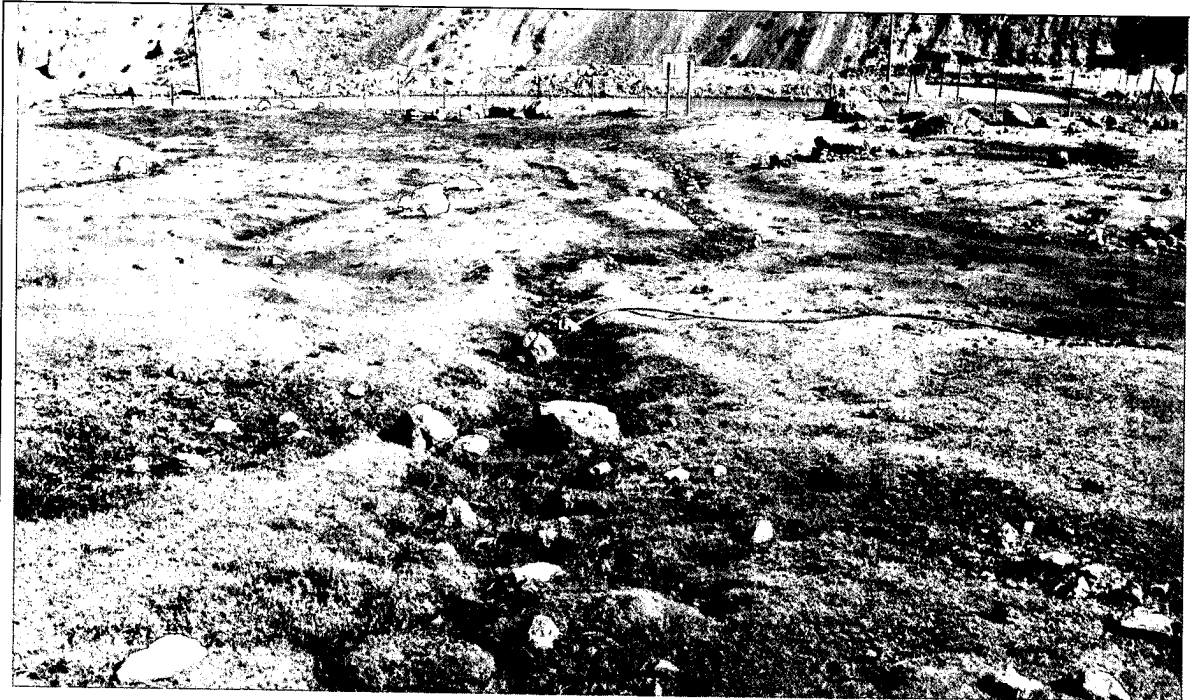


Foto N° 1. Vega EY-1 descrita en el EIA (2008), no afectada por las obras.



Foto N°2. Flujo de agua proveniente de la vega EY-1 y alcantarilla N°1, en el camino Público G-455.



Foto N°3. Desagüe alcantarilla N°1.

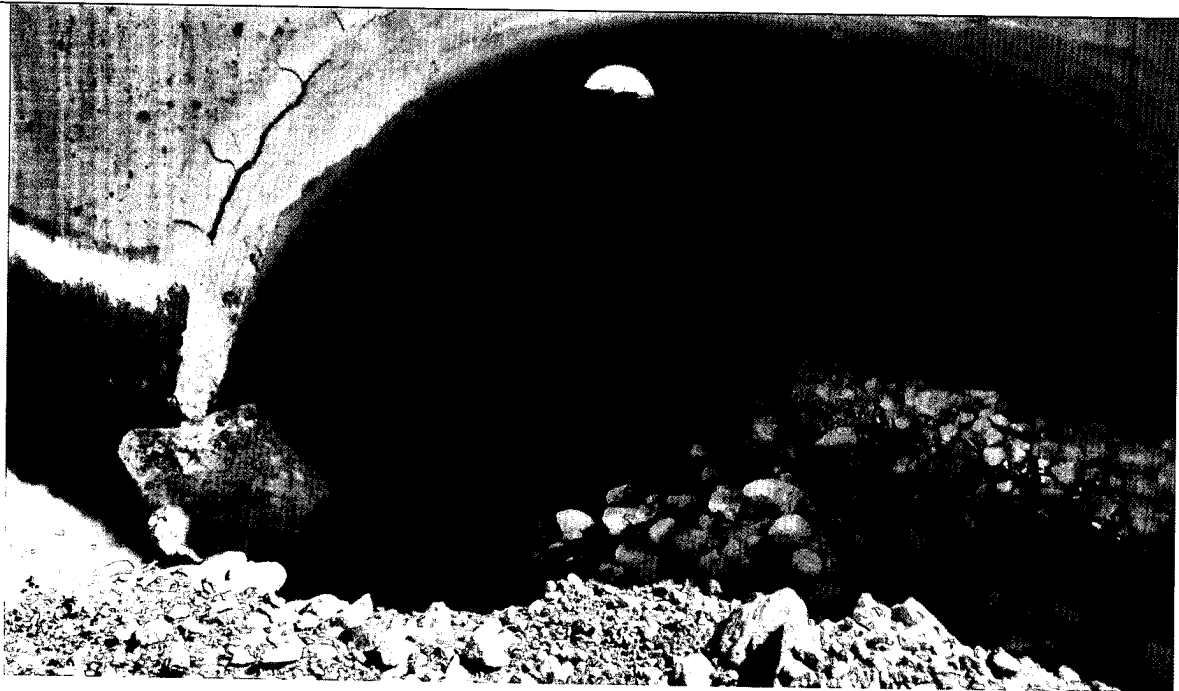


Foto N°4. Alcantarilla N°2 en camino de acceso al puente El Yeso.



Foto N°5. Desagüe alcantarilla N°2.



Foto N° 6. Vega degradada



Foto N° 7. Medición humedad del suelo área degradada.

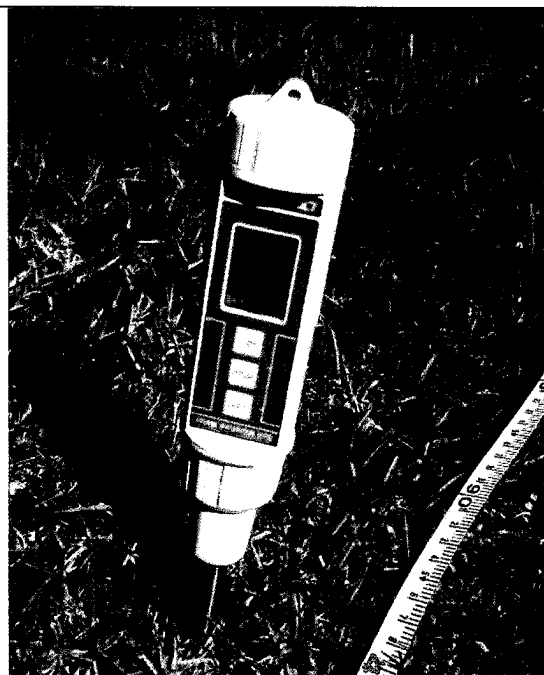


Foto N°8. Medición humedad del suelo vega activa.

Procedimiento SAM-PR-21

Procedimiento:	Procedimiento de cementación de pre y post-excavación			
Versión:	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:
A	OA/BS			05-08-2015
B	BS	SM/UG	KG	18-11-2015
C	AT	AC	JV	13-05-2017

Tabla de contenido

1.	Objetivo	2
2.	El propósito de la inyección	2
3.	Instrucciones para las inyecciones	2
4.	Criterios técnicos para la inyección de lechada y niveles de activación	3
5.	Método general para aplicación de lechada de pre-excavación	4
6.	Perforación exploratoria y lechada	5
6.1.	Perforaciones para túneles D&B	5
6.2.	Perforaciones para túneles con TBM	6
7.	Proceso de cementación.....	7
8.	Control del resultado y lechada complementaria.....	7
9.	Pautas generales para el procedimiento de post-inyecciones.....	8
9.1.	Geometría de perforaciones y configuración de la cortina de inyección.....	8
9.2.	Proceso de inyección.....	9
10.	Pruebas de presión de agua	9
11.	Modificaciones y cambios de procedimiento	11

1. Objetivo

Este documento describe el procedimiento general y las directrices técnicas para controlar los trabajos de estabilidad y/o impermeabilización de túneles.

Los trabajos de impermeabilización, realizados por el contratista, contemplan la aplicación de lechada de cemento al macizo rocoso, la que será definida por Alto Maipo durante la excavación de las obras.

Las especificaciones técnicas de la lechada y del sistema de perforación utilizado dependen de las condiciones locales y serán diferentes para campañas de pre-excavación (pre-grouting) y de post-excavación (post-grouting).

Para este proyecto, se espera que la mayoría de las obras de cementación sean ejecutadas como inyecciones de pre-excavación, sólo excepcionalmente se realizará post-grouting como alternativa o complemento durante la excavación de túneles.

Este documento describe el procedimiento para aplicación de pre-grouting en túneles excavados con D&B y TBM.

Las instrucciones son de carácter general y tendrán que ser ajustadas de acuerdo a las condiciones locales.

2. El propósito de la inyección

El método de inyección de pre-excavación es utilizado para reducir la alta permeabilidad e infiltraciones de agua a fin de mejorar las condiciones de excavación. Además de reducir la afluencia de agua al túnel, el pre-grouting también puede ser aplicado para mejorar la estabilidad general de macizo rocoso. El procedimiento de post-grouting se aplicará excepcionalmente en caso de ser necesario la ulterior reducción de filtraciones de agua detrás de la frente para efectos de continuar con los trabajos de excavación.

3. Instrucciones para las inyecciones

La Ingeniería de Alto Maipo (SAM) instruirá los trabajos de las inyecciones a realizar según las condiciones locales en la sección del túnel, en base a un criterio acordado con el Mandante. Este criterio puede ser modificado en la medida que sea necesario, a solicitud del Mandante o por recomendación de SAM.

La instrucción de inyecciones será expedida y entregada al contratista como "Instrucción del Mandante", y complementada con requisitos técnicos para el proceso y la ejecución de la inyección, incluyendo detalles o planos de referencia si es que fuesen necesarios. Las Instrucciones del Mandante normalmente serán elaboradas sobre la base del presente documento, pero eventualmente podrán indicar otros medios de inyección, adaptándose a las condiciones específicas del terreno que necesita grouting, mezclas de prueba u otras

razones que requieran modificar el concepto de inyección.

Una copia de estas instrucciones de inyecciones será entregada a la Inspección Técnica de Obra (ITO), quien se encargará de supervisar los trabajos según procedimientos independientes e informar de los resultados.

La instrucción del Mandante deberá complementarse con el formulario que figura en el apéndice 1. En este documento se incluirán la ubicación, longitud e inclinación de las perforaciones, relación agua/cemento de la lechada, cantidad máxima de lechada, presión máxima de inyección, GIN y otros datos relevantes para la zona de trabajo

4. Criterios técnicos para la inyección de lechada y niveles de activación

El procedimiento de inyecciones se establece como medida para reducir la permeabilidad del macizo rocoso y la infiltración de agua en el túnel, ya sea por razones constructivas o de estabilidad.

La Ingeniería del Mandante instruirá inyecciones de pre-excavación cuando lo considere necesario para reducir la infiltración de agua en la frente del túnel, o cuando sea necesario mejorar la estabilidad del mismo. En caso de ser requeridas inyecciones de post-excavación, éstas también serán instruidas por la Ingeniería del Mandante y aplicarán a la sección excavada del túnel.

Por regla general, la necesidad de implementar inyecciones de pre-excavación se determina en base a las perforaciones de exploración, salvo que se decida implementar pre-inyecciones en forma sistemática, en cuyo caso no se requieren perforaciones de exploración adicionales. En el caso de pre-inyecciones sistemáticas, se deberá dejar registro de dos de las perforaciones para inyecciones, de la misma manera que si se tratara de perforaciones de exploración normales.

Si no es el caso, esto es, si no se ha decidido implementar preinyecciones sistemáticas, se debe seguir el siguiente procedimiento para la perforación exploratoria:

- Si una perforación de exploración es obligatoria, el agujero debe ser perforado en la línea del túnel.
- Si se visualiza descarga de agua en estas perforaciones, dos perforaciones más se realizarán como parte del paragua de inyección.

En los túneles, donde se sospecha se encontrará agua, las perforaciones de exploración serán en las mismas direcciones que las perforaciones de inyección, en los lugares donde es más probable la presencia de agua. El nivel de activación se establecerá sobre la base de las observaciones y las infiltraciones de agua de fracturas abiertas en la frente, y perforaciones exploratorias, cada una de 21-30 m de longitud.

Los siguientes valores deberán activar las instrucciones de pre-inyecciones:

- Al menos 2,5 l/seg desde cualquier perforación.
- Al menos 2,5 l/seg de tres perforaciones.
- Al menos 0,8 l/seg en cualquier perforación y la presión del agua al menos 5 bar en la perforación.
- Al menos 0,5 l/seg en cualquier perforación y la presión del agua al menos 8 bar en la perforación.

Lo siguiente también puede activar pre-inyecciones:

- Permeabilidad medida mayor que 5 Lugeon.
- Zona débil y/o roca fracturada, donde la consolidación del macizo rocoso se considere necesario.

El nivel de activación para la aplicación de este procedimiento de inyección será continuamente re-evaluado conjuntamente por el Mandante y su Ingeniería, además dependerá de varios factores, tales como la excavación del túnel en declive o inclinación, superficie o ubicación profunda en el túnel, el total de agua entrando en el túnel, estabilidad/calidad de macizo rocoso delante de la frente del túnel, etc.

Además, el nivel de activación será modificado con el avance de la frente en el túnel y los resultados obtenidos de inyección. La re-evaluación del nivel de activación incluirá una comparación de las cantidades de lechada/perforación/tiempo y el resultado alcanzado por cada campaña de inyección será realizado por la Oficina Técnica de SAM.

5. Método general para aplicación de lechada de pre-excavación

Normalmente se realizará una perforación exploratoria por delante de la frente, con una superposición de 4-5 m y el resultado de esa exploración deberá desencadenar acciones de inyección.

Detalles complementarios pueden ser especificados en una instrucción hecha a medida que puede establecerse para cada lugar o situación o parte de la sección del túnel. Sobre la base de los resultados de las perforaciones exploratorias y los criterios locales de inyecciones, el siguiente procedimiento se aplicará cuando la inyección de pre-excavación es instruida por SAM:

- Medir la infiltración de agua en las perforaciones exploratorias.
- Medir la presión de agua in situ.

- Realizar ensayos Lugeon cuando sea especificado.
- Comprobar la dirección de la zona de rodamiento de agua desde la perforación exploratoria.
- Perforar y realizar el lavado con agua de las perforaciones antes de iniciar las inyecciones, en conformidad con las especificaciones técnicas.
- Control de las inyecciones y re-inyección (en caso de ser necesario) como se describe en la instrucción de SAM.

SAM recopila datos de inyecciones, informes y aprueba los trabajos de inyección.

6. Perforación exploratoria y lechada

6.1. Perforaciones para túneles D&B

Se utilizará equipo de perforación de percusión para las perforaciones de exploración e inyección, a no ser que SAM requiera otro método.

Además de los sondajes exploratorios especificados en la sección 5, las siguientes exploraciones pueden ser ejecutadas para verificar la dirección de la zona con alta permeabilidad, si se observan:

- Se realiza una perforación en cada uno de los hombros de la excavación, de 9-12 m de largo, con inclinación positiva de 45°, ver figura 1.

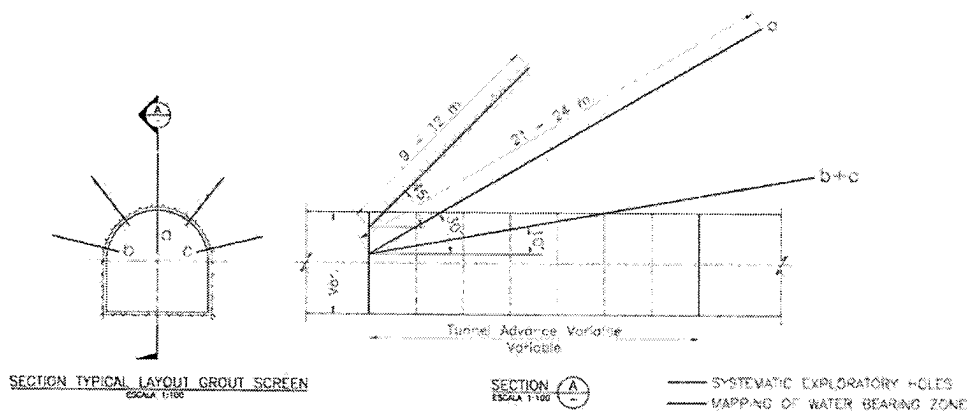


Figura 1. Principio de perforaciones exploratorias adicionales fuera del perímetro del túnel

- La primera ronda de inyección normalmente consta de 10-18 perforaciones distribuidas uniformemente en techo, paredes, frente y piso, dependiendo del tamaño del túnel. Cada perforación deberá estar en la dirección de avance y con una longitud de 21-27 metros, salvo se indique otra cosa en la instrucción de la Ingeniería del Mandante. Las

perforaciones serán en forma de un paragua con una inclinación de unos 14-20° con respecto al eje del túnel, dependiendo de la longitud de las perforaciones. El objetivo de los ángulos es terminar las perforaciones 6 m fuera del túnel.

Las perforaciones deben ser localizadas en el perímetro del túnel tan cerca como sea posible de la frente.

Si la zona de alta permeabilidad está cruzando perpendicularmente el avance del túnel, diferentes sistemas de perforación deben ser considerados. Estos pueden ser perforaciones adicionales con ángulos mayores a 90° con respecto al eje del túnel para impermeabilizar la zona más cercana a la frente.

6.2. Perforaciones para túneles con TBM

Los requerimientos de perforación exploratoria y la distribución de perforaciones deben ser ajustados para túneles que se excavan con TBM.

Las limitaciones en la inclinación de las perforaciones deben ser compensadas con perforaciones más largas, con el objetivo que el paragua de inyección alcance a situarse fuera del túnel.

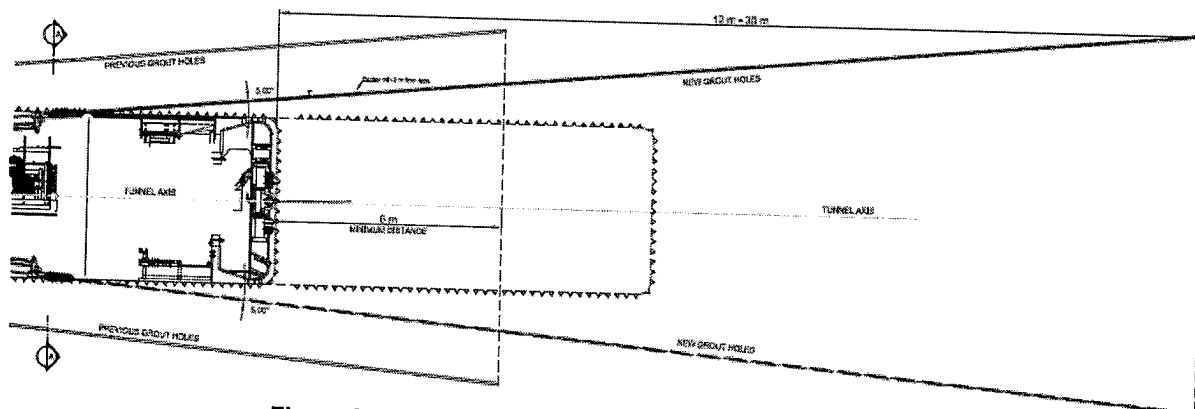


Figura 2. TBM perforaciones de inyección. Vista en planta

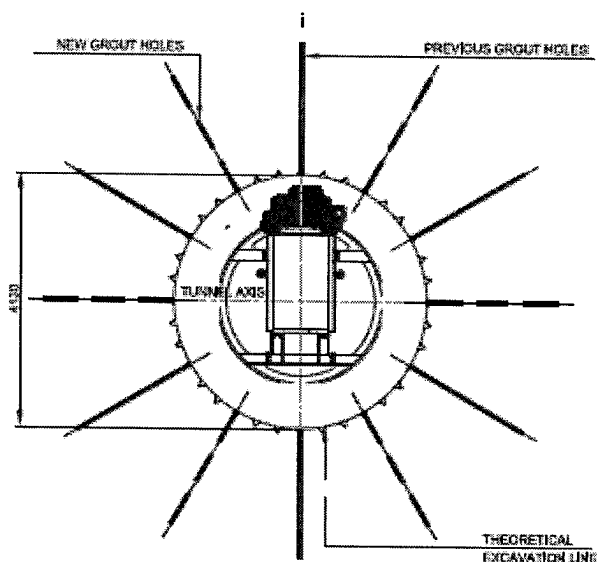


Figura 3. TBM perforaciones de inyección. Sección transversal

7. Proceso de cementación

Las inyecciones seguirán el método GIN que se caracteriza por:

- El uso de una mezcla de lechada estable ($WCR = 0,65$). Será agregado Plastificante y/o micro- sílice.
- Uso de cortinas intercaladas (es decir, perforaciones primarias, secundarias y si es necesario, perforaciones terciarias.).
- El criterio de cierre consta de tres componentes: presión máxima de inyección, volumen máximo inyectado por pozo y el criterio de cierre de GIN (Grouting Intensity Number). Criterios de cierre serán especificados en las hojas de instrucciones y podrán ser modificados durante el proceso de inyecciones en caso necesario.
- Se realizará supervisión en tiempo real y adaptación de la presión en tiempo real y supervisión de flujo durante el proceso de inyección.

La inyección se considerará finalizada cuando se cumpla uno de los criterios de cierre.

8. Control del resultado y lechada complementaria

Después de terminar el proceso de inyección para todas las perforaciones, se realizarán perforaciones de control. Se realizarán 4 perforaciones de control donde la toma de lechada en la primera ronda fue mayor. Las perforaciones de control serán 4 m más cortas que las perforaciones usadas en el paraguas de inyección, pero con la misma inclinación. Los criterios

para la ejecución de un nuevo paragua en esta ubicación serán definidos con base en el nivel de infiltraciones aceptable especificado en la sección 4.

9. Pautas generales para el procedimiento de post-inyecciones

El procedimiento de post-inyecciones se aplicará excepcionalmente durante la construcción de túneles y sólo si es necesario una mayor reducción de las infiltraciones de agua detrás del frente. Los criterios para iniciar este procedimiento serán establecidos para cada ubicación/sección del túnel por separado. Esto dependerá de diferentes parámetros como la situación real de infiltraciones de agua en el túnel, la capacidad de tratamiento para las aguas de infiltración, las condiciones geológicas y la interferencia que puedan producir altas infiltraciones de agua en el proceso constructivo del túnel.

Cuando las post-inyecciones son requeridas, una instrucción específica para post-inyección adaptada al sitio será establecida por SAM, en cooperación con el contratista.

El desafío principal para todas las post-inyecciones es penetrar y llenar las diaclasas con lechada evitando la pérdida de lechada en el túnel y manteniendo la presión de inyección en el nivel requerido. Un procedimiento específico de inyección deberá establecer una adecuada configuración de las perforaciones para inyectar y definir claramente el proceso de inyección a seguir. Las pautas que se indican en los siguientes puntos deberán ser tomadas en cuenta para desarrollar un procedimiento específico.

9.1. Geometría de perforaciones y configuración de la cortina de inyección

Las perforaciones, en general, deberán ser realizadas en filas y perpendiculares al eje central del túnel, con una distancia entre cada fila de 4-8 m, dependiendo de las condiciones del macizo rocoso y los límites de infiltración requeridos, ver figura 4.

Las filas de perforaciones cubrirán el perímetro completo del túnel, con una distancia entre cada perforación de 1-3 m. En situaciones especiales, las filas de perforación pueden cubrir sólo partes del perímetro del túnel.

El ángulo de las perforaciones se adaptará a la orientación de las diaclasas, en un rango de 90° a 45° con respecto al eje central. El objetivo será perforar perpendicular a la zona de infiltración.

La longitud de las perforaciones puede variar dependiendo de la situación, en un rango de 6-12 m. Sin embargo, la experiencia muestra que los mejores resultados se obtienen con perforaciones más largas.

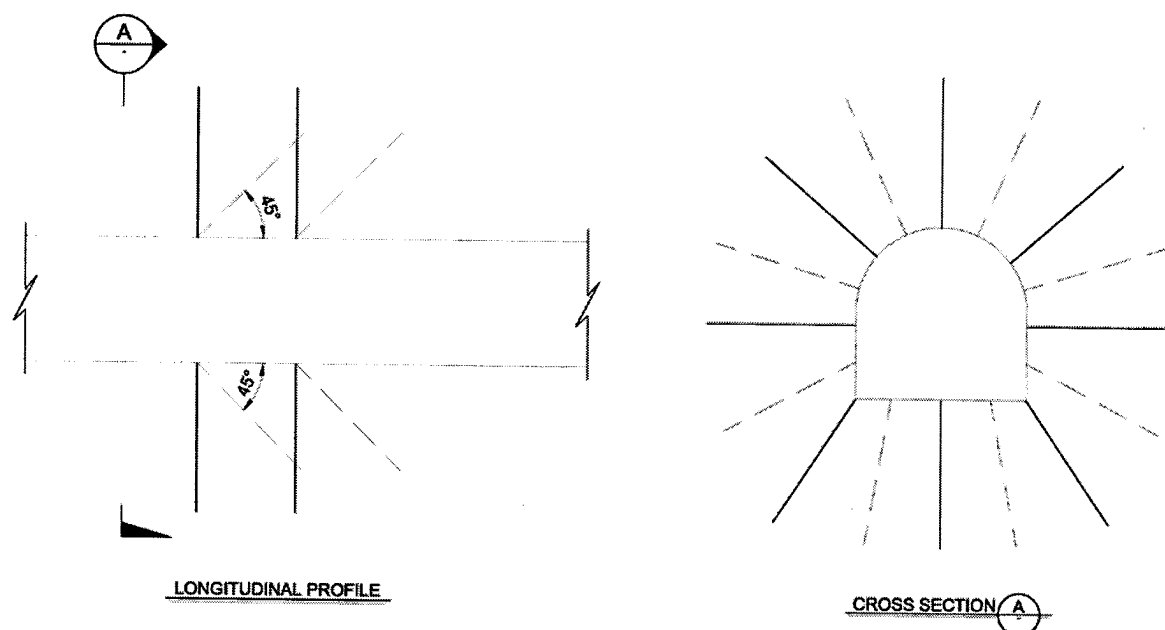


Figura 4. Geometría Principal de perforaciones para post inyecciones

9.2. Proceso de inyección

La profundidad del packer se adaptará a la presión real de la inyección y las condiciones geológicas, como la orientación de las diaclasas, grado de fracturamiento, etc., pero debe estar en un rango de 1.5 a 4 m en la perforación.

El material de inyección y la mezcla serán seleccionados y adaptados a las condiciones del macizo rocoso y el nivel de infiltración requerida. En general, la lechada de tipo A y B (cemento portland normal sin o con aditivos) deberán ser utilizadas. Excepcionalmente la lechada de tipos C y D (micro-cementos) podrán ser requeridas.

La presión de la inyección se adaptará a la calidad del macizo rocoso, estabilidad del túnel y sostenimiento de roca, la presión de agua subterránea y la futura presión de agua. Normalmente, la presión de inyección post-excavación estará en un rango de 15-60 bares, dependiendo de las condiciones geológicas locales.

Las instrucciones detalladas de post-inyecciones podrán ser modificadas por la Ingeniería del Mandante basadas en observaciones de rendimiento, las condiciones locales y los resultados obtenidos.

10. Pruebas de presión de agua

El ensayo Lugeon es un método de ensayo in-situ ampliamente utilizado para estimar la permeabilidad hidráulica promedio del macizo rocoso. Básicamente, el ensayo Lugeon es un ensayo con presión constante para estimar la permeabilidad en sectores aislados de perforaciones con un packer único o con packer doble.

Durante el ensayo de agua se inyecta en la parte aislada de la perforación usando un tubo rasurado que está delimitado por el packer inflado. Un transductor de presión está también ubicado en ese sector para medir la presión.

Una presión máxima (Pmax) de ensayo se define para asegurar que no exceda el estrés in-situ mínimo estimado de la roca, evitando hidrofracturamiento. La presión mínima será 5 bares más alta que la medida de presión de agua in situ.

El ensayo se llevará en cinco etapas. En cada etapa, se aplica una presión constante durante un intervalo de 10 minutos, con bombeo constante de agua. La presión del agua y el caudal se mide cada minuto. Las cinco fases de carga y descarga forman un ciclo de presión con los siguientes intervalos de presión:

Etapa	La presión
1 ^a	0.50 P _{máx.}
2 ^o	0.75 P _{máx.}
3 ^a	P _{máx.}
4 ^o	0.75 P _{máx.}
5 ^o	0.50 P _{máx.}

Tabla 1. Intervalos de presión

Siguiendo la definición original empírica del ensayo, la permeabilidad hidráulica se expresa en términos de unidad Lugeon, siendo la permeabilidad necesaria para un caudal de 1 litro por minuto por cada metro de perforación permeable inyectado a presión constante de 10 bar. El valor Lugeon para cada prueba se calcula como sigue:

$$\text{Valor Lugeon} = (Q/L) \times (P_0 / P)$$

Donde:

Q - Caudal [lit/min].

L - Longitud de intervalo analizado [m]

P₀ - Presión de referencia de 10 bares [bar]

P - Presión en cada etapa [bar]

La presión de referencia de 10 bar es introducida para siempre calibrar los datos de ensayo a 10 bar según se requiera, asumiendo la validez de la Ley de Darcy. Esto significa que las presiones de ensayo se pueden seleccionar según las condiciones del terreno y las presiones de ensayo pueden ser inferiores o superiores a 10 bares.

Los resultados del ensayo de cinco etapas de presión individuales son luego interpretados con respecto a la forma de curvas (laminar, turbulento, dilatación, bloqueo de fisuras, limpieza de fisuras) como se muestra en el ejemplo en la siguiente figura 5.

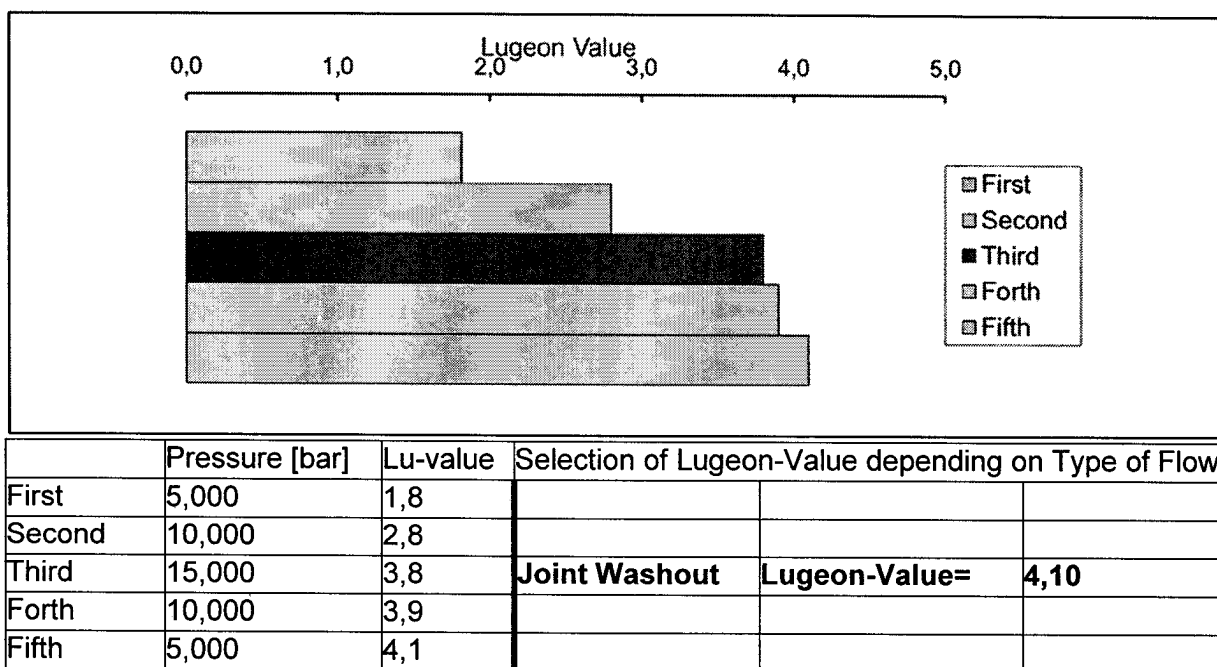


Figura 5: Interpretación de datos Lugeon.

Cuando los ensayos de permeabilidad son instruidos por SAM, el ensayo deberá realizarse de acuerdo con las especificaciones técnicas que se detallan a continuación:

- Enganche el equipo de ensayo a la perforación. Instale el packer a 2-3 m en el interior de la perforación y apretar el packer.
- Si la perforación posee flujo de agua, medir su presión y caudal.

Iniciar el flujo de agua en la perforación. Una roca permeable exigirá mucha agua para estabilizar la presión, lo que puede causar pérdidas de agua a través de las estructuras de la roca. Si es así, el largo de la cámara de ensayo debe acortarse a longitudes menores a 5 m.

11. Modificaciones y cambios de procedimiento

Este procedimiento general puede ser modificado de acuerdo a la experiencia adquirida durante el proyecto. Instrucciones del Mandante según el formulario serán utilizados para indicar la inyección y las instrucciones pueden desviarse de este procedimiento para adaptarse a circunstancias especiales. Respecto a versión anterior, se realizan las siguientes modificaciones:

- El procedimiento originalmente elaborado en inglés es traducido al español.
- El procedimiento se enfoca en los aspectos técnicos del procedimiento de pre y post grouting.



Apéndice 1

1.1 Formulario de Instrucciones de inyecciones para D&B túneles

ALTO MAIPO SpA

Grouting Instruction



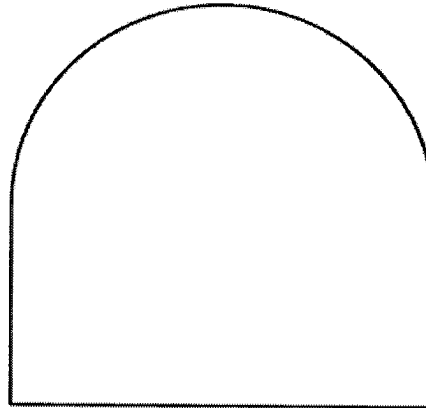
Tunnel	
Instruction N°	

Geologist	
Date:	

Chainage	
Total Inflow face	
Total Inflow Probe hole	
Water pressure measured	

N° of Grout holes	
Grout curtain length	
Grout curtain angle ref Tunnel axis	

Position of Grout holes:



Design Mix (Type A,B,C, D or E)	
---------------------------------	--

WCR	
-----	--

Closure criteria

Pmax	
Vmax (l/m borehole)	
GIN	

Name Signature



1.2 Formulario de Instrucciones de inyecciones para TBM túneles

ALTO MAIPO SpA Grouting Instruction TBM tunnel

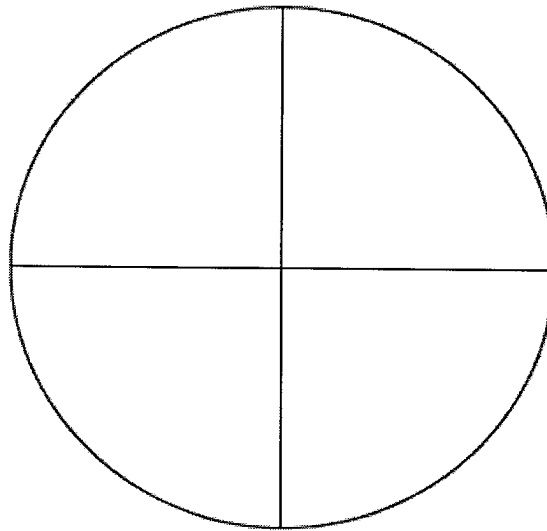
Tunnel	
Instruction N°	

Instructed by:	
Instruction date:	

Chainage	
Total Inflow face	
Total Inflow Probe hole	
Water pressure measured	

N° of Grout holes	
Grout holes length (m)	
Grout hole angle ref Tunnel axis	

Position of Grout holes:



Design Mix (Type A,B,C, D or E)	
---------------------------------	--

WCR	
-----	--

Closure Criteria

Pmax	
Vmax (l/m borehole)	
GIN	

Name Signature



Apéndice 3

3.1 Ejemplo de instrucción del Cliente de pre-inyecciones

ALTO MAIPO	OWNER'S INSTRUCTION Section 2.29 PHAM-PLN12-INS-0003	
Contract: <input type="checkbox"/> AM-CO610/620B <input checked="" type="checkbox"/> AM-CO630/620A	SI 6340 / Nº 0528	
Scope Segment Description: <i>Supply of 4 PH pre-injections</i>	Scope Segment ID: 3.4	
Location: <i>CA: 0+930</i>	Time for Compliance: <i>8:00 AM - 4:00 PM</i>	
<p>Contractor shall immediately proceed with the Work described below, in accordance with the terms and conditions of the Contract. This instruction is limited to maximum of 1000 UF or USD \$ 50,000., and without impact on the lump sums or schedule (except for Equivalent Times in the BOQ).</p>		
<p>Instruction:</p> <p><i>THE CONTRACTOR IS HEREBY INSTRUCTED TO COMPLETE THE ENERGY CURTAIN DESCRIBED IN THE OWNER'S INSTRUCTION Nº 229 AS INDICATED IN THE SKETCH ATTACHED</i></p> <p><i>NOTE: MEASURE WATER FLOW AND ESTIMATED PRESSURE IN ALL HOLES</i></p>		
<p>Owner estimate of impact is: Per Units in BOQ <input checked="" type="checkbox"/> ; or cost _____ ; &/or Time _____</p>		
<p>If Contractor believes that this instruction constitutes a Change, Contractor shall promptly provide Notice according to Section 11 of the Contract.</p> <p>Contractor comments (if any):</p>		
<p>Issued by</p> <p>Name: _____ Sign: _____ Designation: _____ Date: <i>10/19/2015</i> Time: <i>11:00 AM</i></p>		<p>Received by Contractor</p> <p>Name: <i>Reneval Simon</i> Sign: _____ Designation: _____ Date: <i>13/1/2015</i> Time: <i>16:00</i></p>

(copy 1): OE



ALTO MAIPO SpA



Grouting Instruction VL4 FIRST GROUT FAN

Tunnel	VL4 (W=6,9-H=6,9)
Instruction N°	528

Instructed by:	E. Gonzalez
Instruction date:	13.11.2015

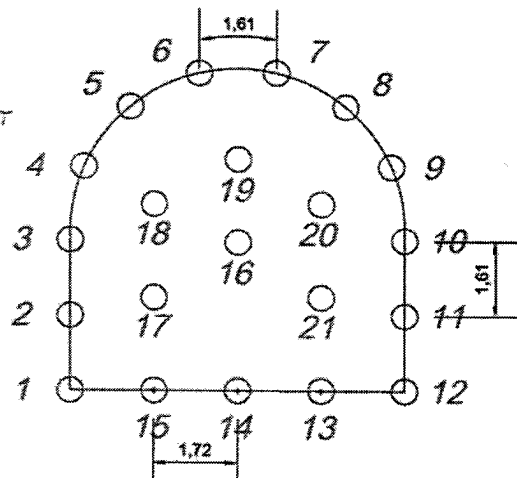
Chainage	0+963,3
Total Inflow face	
Total Inflow Probe hole	
Water pressure measured	

HOLES 16-21	
N° of Grout holes	6 10
Grout holes length (m)	24 24
Grout hole angle ref Tunnel axis	0° 15°

Position of Grout holes 1st grout round:

Mark additional holes with x and number
Erase holes not to be used

- DRILL HOLES: 1 TO 14 WITH ANGLE 15°
 • PRIMARY ROUND: 1, 7, 4, 11, 9 AND GROUT
 • SECONDARY ROUND: 3, 6, 12, 10, 14 AND GROUT
- DRILL HOLES: 16, 17, 18, 19, 20, 21 PARALLEL WITH THE TUNNEL AND GROUT. THE PACKER SHOULD BE INSTALLED BETWEEN 1,5 AND 3,0 M (DEPENDING OF ROCK MASS CONDITIONS, REF. LEAKAGE).




Design Mix (Type A,B,C, D or E)	A
---------------------------------	---

WCR	0,65
-----	------

Closure criteria

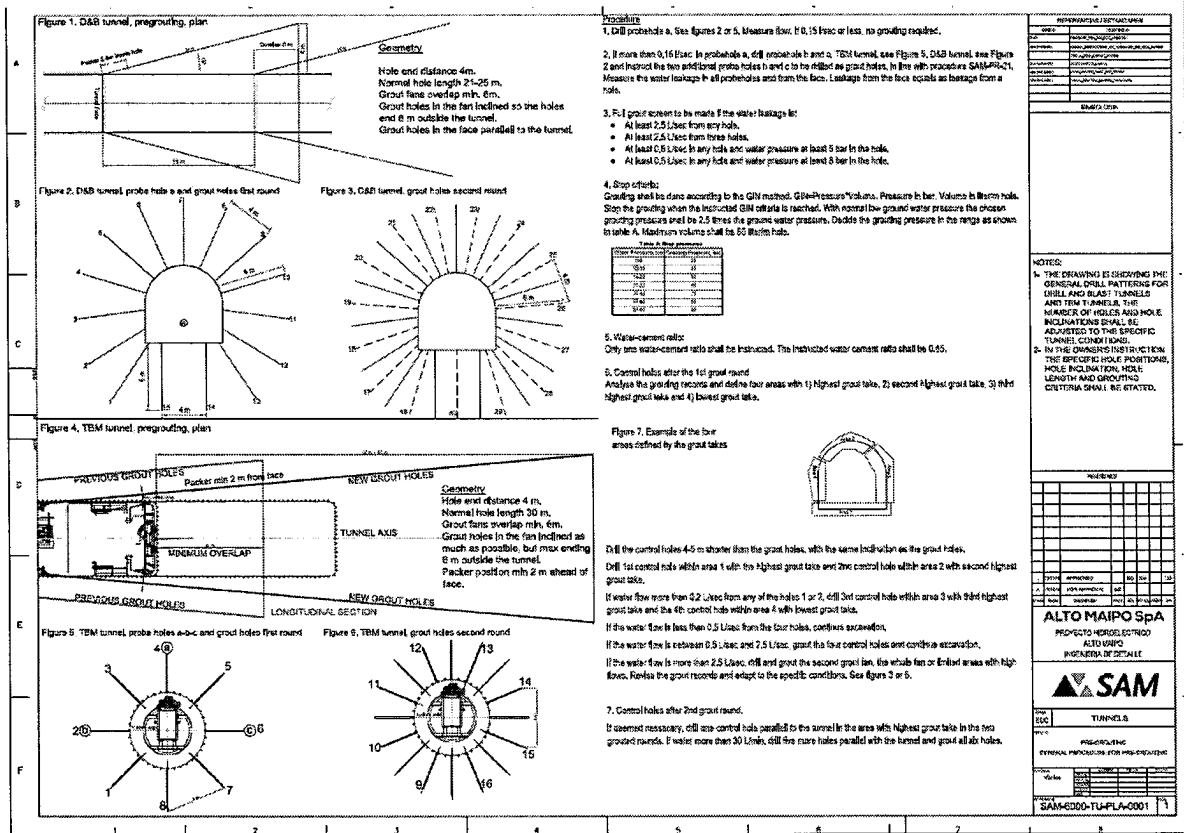
Pmax bar	25
Vmax (l/m borehole)	85
GIN	1.000

→ IF GROUND WATER PRESSURE HIGHER THAN 10 BAR THEN APPLY GROUT PRESSURE OF 3.5 TIMES GROUNDWATER PRESSURE

E. Gonzalez H. 
 Name Signature

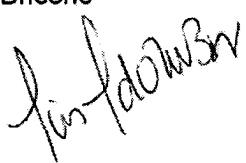
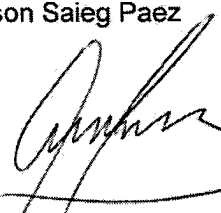

Apéndice 4

4.1 Plano SAM-6000-TU-PLA-001 Pre-inyecciones



GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

CONTENIDO	
1. OBJETIVO	
2. ALCANCE	
3. DEFINICIONES	
4. RESPONSABILIDADES	
5. DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	
6. CONTROL DE REGISTROS	
7. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
8. CONTROL DE MODIFICACIONES	

FORMALIZACION DE PROCEDIMIENTO			
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	FECHA
Luis Fernando Tovar Briceño  Supervisor Ambiental	Nelson Saieg Paez  Gerente de Control Ambiental	Andrés Cabello Blanco  Gerente de Medio Ambiente	17.05.2017

Copias impresas son documentos no controlados.
Documento confidencial y propietaria de Alto Maipo SpA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

1. OBJETIVO

Protocolizar las acciones y comunicaciones que se implementan para el manejo de aguas de infiltración desde el macizo rocoso hacia los túneles, ante eventos que generen flujos superiores a la capacidad de tratamiento de los sistemas de tratamiento para aguas de infiltración.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los túneles del PHAM y los correspondientes Sistemas de Tratamiento de Aguas de Infiltración.

3. DEFINICIONES

- **Agua de Infiltración:** Agua que ingresa o aflora desde el macizo rocoso hacia el túnel producto de las actividades excavación.
- **Monitoreo de calidad de agua de infiltración:** Actividad de medición, muestreo y análisis del agua de infiltración con el fin de determinar, en los términos establecidos en la normativa vigente, la cantidad y calidad del efluente vertido en un cuerpo de agua superficial.
- **Sistemas de tratamiento de aguas de infiltración (STI):** Infraestructura existente para captación, bombeo, almacenamiento temporal, conducción, tratamiento y descarga de aguas de infiltración proveniente de los túneles.
- **Descarga por contingencia:** Descarga de agua de infiltración hacia un cuerpo de agua superficial en una situación de evento extraordinario de infiltración en el macizo rocoso que supere la capacidad de tratamiento de los STI.
- **Clasificación WL:** Clasificación de las filtraciones de agua en los túneles definida en el Anexo 45 del EIA.
- **Clasificación WL 1 - Moderada:** Corresponde a infiltraciones de agua menores a 30 l/s, con presiones moderadas en un medio rocoso de resistencia media a alta. Se aplica también a caudales pequeños en medios rocosos de resistencia baja y relativamente seca (goteos y filtraciones) y de pobre a extremadamente pobre masas de roca.
- **Clasificación WL 2 - Alta:** Infiltraciones de agua mayores a 30 l/s, con presiones moderadas a altas, encontradas en un medio rocoso de resistencia media a alta. Se aplica también a caudales medios a altos en rocas de resistencia media a baja, y a bajos caudales en masas de roca pobres a extremadamente pobres.
- **RILES:** Residuos Líquidos Industriales.

Copias impresas son documentos no controlados.
Documento confidencial y propietaria de Alto Maipo SpA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

4. RESPONSABILIDAD

Gerente de Construcción PHAM

- Responsable del manejo de la contingencia por exceso de aguas de infiltración en túneles.
- Establecer medidas que se requieran para el control del ingreso de agua de infiltración al interior de los túneles.

Site Manager o Gerente de Construcción Contratista.

- Evalúa las condiciones de la contingencia e implementa las medidas pertinentes para el control del agua de infiltración al interior de los túneles.
- Suspender, si corresponde, las actividades productivas al interior del túnel durante la contingencia.
- Gestionar los recursos para implementar las medidas de control.
- Garantizar la Operatividad de los STI.

Gerente de Medio Ambiente PHAM

- Participar en el manejo de las contingencias con los Gerentes de Construcción para evaluar las medidas de control ambiental.
- Garantizar la difusión de este procedimiento a todo el personal involucrado en el alcance del mismo.

Geólogo PHAM

- Evaluar las características del macizo rocoso para establecer los eventos de infiltración WL1 o WL2, y reportar al Gerente de Construcción PHAM para establecer medidas de control.
- Participar en la elaboración de alternativas para el control de infiltraciones de agua al interior del túnel.

Superintendente de Minería Contratista

- Controlar las actividades al interior del túnel durante el tiempo que dure la contingencia.
- Controlar y ejecutar actividades que garanticen la operatividad de los STI.

Gerente de Medio Ambiente Contratista

- Garantizar los recursos para la toma de muestras y gestionar la contratación del laboratorio ETFA para el análisis.
- Establecer los procedimientos de muestreo de acuerdo a las condiciones de su contrato y la normativa vigente.
- Entregar los lineamientos de capacitación para los Operadores de planta en materia de muestreo y actuación durante la contingencia.

Copias impresas son documentos no controlados.
Documento confidencial y propietaria de Alto Maipo SpA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

Supervisor Ambiental de Terreno Contratista

- Garantizar que los puntos de muestreo de las descargas se encuentren en condiciones adecuadas para la toma de muestra según lo establecido en la normativa aplicable.
- Supervisar el adecuado funcionamiento de las plantas de tratamiento y el control de los registros que se deben mantener durante la contingencia.
- Gestionar los Kits de Monitoreo requeridos según este procedimiento.
- Reportar internamente los incidentes ambientales asociados a la contingencia.
- Reportar el manejo de la contingencia al Supervisor Ambiental PHAM.

Operador Planta de Tratamiento de infiltración Contratista

- Encargado de la operación de la planta de tratamiento, la disponibilidad de insumos y el mantenimiento de la misma.
- Informar al Supervisor Ambiental del Contratista problemas operacionales de la planta de tratamiento y desviaciones en las condiciones típicas de funcionamiento.
- Realizar mediciones de Caudal y pH de la planta de tratamiento.
- Acompañar la ejecución de los monitoreos periódicos que se realizan en la Planta.
- Ejecutar el muestreo de calidad de agua descargada a cauce superficial durante la contingencia.
- Garantizar el cumplimiento de la cadena de custodia de las muestras tomadas.

Laboratorio de Calidad de Agua. ETFA

- Analizar las muestras tomadas por el contratista durante la contingencia.
- Asesorar al Contratista en el cumplimiento normativo asociado a la toma de muestras.
- Capacitar, en conjunto con el contratista, sobre la metodología para toma de muestras a los operadores de las plantas de tratamiento.
- Reportar el resultado de los análisis de laboratorio.
- Dar cumplimiento a los lineamientos establecidos por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) respecto al actuar de las ETFAs.

ITO Minero PHAM

- Verificar que se detengan todas las faenas de producción al interior del túnel durante la contingencia.

ITO Medio Ambiente PHAM

- Verificar en terreno las medidas de control establecidas por el Supervisor Ambiental.
- Verificar que el operador de la planta de tratamiento realice el muestreo requerido.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

Supervisor Ambiental PHAM

- Evaluar en terreno, junto al equipo de construcción, que las medidas implementadas hayan sido implementadas y que estas cumplan lo dispuesto en el presente procedimiento y los compromisos ambientales del PHAM.
- Generar el reporte de la emergencia y consolidar un informe con las medidas implementadas y sus resultados.
- Verificar que el contratista cuente con los recursos necesarios para atender la contingencia.

Subgerente de Estudios Ambientales PHAM

- Realizar un análisis comparativo de las condiciones de calidad de agua descargada vs calidad de agua del cauce.

Analista de Aguas PHAM

- Apoyar la toma de muestras de agua.

Jefe de Reportes Ambientales PHAM

- Reportar la contingencia en la plataforma de incidentes del Sistema de Seguimiento Ambiental de la SMA.

Gerente de Control Ambiental PHAM

- Asegurar el cumplimiento de este procedimiento y el reporte a la Autoridad Ambiental.

5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

5.1 Generalidades

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo ha implementado medidas para el manejo de aguas de infiltración en los túneles según lo establecido en la RCA, en específico en los considerandos 7.4.2 y 7.4.3, y en el Anexo 45 del EIA y el Adenda 1.

Adicionalmente, el Anexo 45 mencionó aquellas situaciones en las cuales existe probabilidad de tener eventos de infiltración de aguas de Clasificación WL-2 Alta, los cuales serán manejados técnicamente de acuerdo a la evaluación del equipo de geología y construcción del proyecto.

Sin embargo, se debe considerar que pueden existir eventos en los cuales la cantidad de agua del evento de clasificación WL-2 supere la capacidad de los STI, requiriendo activar una serie de medidas que permitan contener el flujo y, eventualmente, descargar aguas de infiltración

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

directamente al cauce más cercano para implementar las medidas de control de infiltración (v.g. grouting, postgrouting, etc.)

5.2 Detección de exceso de agua de infiltración en la frente de los Túneles

Durante la excavación de túneles, (ya sea usando TBM (tuneladora) o perforación y tronadura (D&B)), el equipo de Geología realiza sistemáticamente sondajes exploratorios previo al avance con el fin de determinar la cantidad de agua y la presión de la misma, según lo establecido en el procedimiento SAM-PR-21. Sin embargo, es posible que en eventos puntuales, el sondaje exploratorio subestime la infiltración de agua esperada al momento de realizar el avance (ya sea mediante tronadura o corte de roca con TBM), y por ende existe la posibilidad que el flujo de agua que infiltra al interior del túnel supere la capacidad de tratamiento de los STI, evento ante el cual se activa el presente procedimiento y se genera la inmediata comunicación desde el Contratista al Gerente de Construcción PHAM, Gerente de Medio Ambiente PHAM, Supervisor Ambiental PHAM y Gerente de Control Ambiental PHAM.

5.3 Activación de la contingencia

Cuando al interior del túnel se detecta una situación de infiltración de agua en exceso producto de un evento WL1 o WL2, generando un incremento considerable en los caudales, se deberá informar de inmediato al Gerente de Construcción de PHAM, Superintendente de Minería y Supervisor Ambiental del Contratista para que el Operador de la Planta tome las siguientes medidas:

5.3.1 Monitorear el caudal de salida del túnel y los niveles de las piscinas y tanques de acumulación, de tal forma que se pueda comparar con el caudal de tratamiento de la planta. Si durante un periodo superior al tiempo de retención que toma el tratamiento en la planta, el caudal saliente del túnel supera la capacidad de tratamiento de la misma y se alcanza el nivel máximo de acumulación, se declarará la contingencia conforme al numeral 5.10, procediendo del siguiente modo:

- El Operador deberá evaluar si cuenta con otra planta de infiltración cercana y solicitar al Site Manager del Contratista disponer el envío agua usando camiones aljibe o bombeo durante el periodo de contingencia para su tratamiento y descarga, lo cual deberá registrar e informar al Supervisor Ambiental de terreno del Contratista. También debe verificar si tiene tanques de almacenamiento al interior del túnel que le permitan retener el agua. De ser posible, todas estas medidas serán implementadas en forma previa a la descarga directa al cauce y quedarán debidamente registradas

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

- Si no es posible adoptar las medidas precedentemente expuestas, el flujo en exceso a la capacidad de tratamiento será descargado directamente al cauce más cercano, mientras se implementan las medidas de control de infiltración adicionales establecidas por el equipo de construcción.

5.3.2 Monitorear las piscinas de bombeo al interior túnel y verificar que el sistema se encuentre completamente operativo y a máxima capacidad. Si se detecta una superación de la capacidad de bombeo al interior túnel, se establecerán medidas de bombeo adicional para evacuar el agua, llevándola a la planta de tratamiento, manteniendo el seguimiento y las mismas medidas del punto 5.3.1.

5.4 Actividades al interior túnel durante la contingencia

Una vez activada la contingencia, y en el caso que sea necesaria la descarga de aguas infiltradas directamente al cauce, se suspenderán las actividades constructivas al interior del túnel con el fin de evitar la generación de RILES y garantizar que toda el agua sea clasificada como agua de infiltración. Las actividades de construcción se retomarán una vez se controle la contingencia y el caudal de aguas de infiltración permita el correcto funcionamiento de los STI.

5.5 Manejo de la contingencia

El equipo de construcción del Contratista, liderados por el Site Manager, en conjunto con el Gerente de Construcción PHAM, evaluarán la contingencia y deberán estimar su duración, asegurando la implementación de las medidas de control y los recursos necesarios para su correcta aplicación.

5.6 Monitoreo de la descarga de aguas infiltradas al cauce superficial

Una vez declarada la contingencia, el Operador de la planta de tratamiento deberá garantizar que se registre el caudal de descarga y se tomen muestras del agua descargada sin tratamiento a cauce superficial, de acuerdo a la siguiente metodología de toma de muestras.

5.6.1 Medición de Caudal: El Supervisor Ambiental del Contratista, junto al Operador de la planta de tratamiento garantizarán que el ducto de descarga de emergencia cuente con un medidor de caudal, cuyo registro de volumen debe ser tomado previo a la descarga y se reportará con la fecha y hora de inicio de descarga. Una vez que se detenga la descarga, el Operador deberá registrar el volumen del medidor, la fecha y hora de término del evento. Si por condiciones operacionales el medidor de caudal falla o no se logra instalar a tiempo, el

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

Operador de la Planta deberá hacer un aforo volumétrico cada 60 minutos durante el periodo de descarga.

5.6.2 Toma de muestras del agua infiltrada a descargar: Se tomarán muestras puntuales horarias de 15 litros usando 3 bidones de 5 Litros durante el tiempo que dure la descarga a cauce superficial, tomando la primera muestra en el momento que inicie la descarga y esta se considerará la muestra 1, etiquetándola con ese número. Este procedimiento se realizará durante el tiempo que dure la descarga, siendo el último muestreo realizado al final de la emergencia en función de la estimación de duración de la misma realizada previamente por el Site Manager del Contratista y el Gerente de Construcción PHAM.

Con las muestras puntuales se formará una muestra compuesta según los requerimientos del DS 90/2000 MINSEGPRES, en función de lo siguiente:

- Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración inferior a cuatro (4) horas.
- Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas.

Las muestras deben ser representativas del periodo de tiempo descargado. Además, luego de formar la muestra compuesta, esta se distribuirá en los envases con preservantes pertinentes, se refrigerará y se transportará a un laboratorio ETFA.

5.6.3 Materiales para toma de muestras: El Contratista debe contar con kits para toma de muestras, compuestos de los siguientes materiales:

- 18 Bidones plásticos de 5 Litros
- 1 Nevera (Cooler) de 50 Litros
- 1 Set de Botellas acondicionadas por un Laboratorio ETFA para análisis del agua descargada según Tabla 1 DS 90/00 y NCh 411/Of. 96.
- 3 Bolsas de Refrigerante (ICE PACK, Thermos o Similar)
- 1 Bidón de 20 Litros para realizar muestra compuesta.

El contratista debe contar con un número de kits de toma de muestras igual al número de Plantas de Infiltración existentes.

Adicionalmente el Analista de Aguas PHAM deberá contar con 2 kits de toma de muestra de respaldo.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

5.7 Monitoreo del cuerpo receptor

En paralelo a la actividad de monitoreo de la descarga, se realizará el monitoreo de la calidad del agua del cuerpo receptor en puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga.

Este monitoreo se deberá realizar al menos una vez durante la contingencia. Las muestras de agua se deberán tomar 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. En caso que el acceso no sea posible, se establecerán los puntos más cercanos posibles a las distancias antes indicadas.

Al momento de la toma de las muestras de agua se deberá medir en cada punto de monitoreo los siguientes parámetros (parámetros *in situ*): pH, Temperatura y Conductividad.

Los parámetros para cada muestra de agua tomada corresponden a los establecidos en el considerando 8.4 de la Res. Ex. N° 256/2009 (RCA) del PHAM, que establece la condiciones del programa de monitoreo de calidad de agua en la etapa de construcción del Proyecto. En la siguiente tabla se indica el listado de parámetros exigidos en dicho considerando:

Lista de parámetros a analizar (Concentración Total)

1	Aceites y grasas
2	Alcalinidad fenolftaleína
3	Alcalinidad
4	Amonio (N-NH4)
5	Conductividad
6	Demanda Bioquímica de Oxígeno
7	Fósforo
8	Nitrato (N-NO3)
9	Nitrito (N-NO2)
10	Nitrógeno orgánico total
11	Ortofosfato (P-PO4)
12	Oxígeno Disuelto
13	pH
14	Sólidos totales disueltos
15	Sólidos totales suspendidos

Copias impresas son documentos no controlados.
Documento confidencial y propietaria de Alto Maipo SpA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

16	Sulfato
17	Temperatura
18	Hidrocarburos fijos, volátiles y totales
19	Aluminio
20	Arsénico
21	Bario
22	Boro
23	Berilio
24	Cadmio
25	Calcio
26	Cianuro
27	Cobalto
28	Cobre
29	Cromo
30	Hierro
31	Litio
32	Magnesio
33	Manganeso
34	Mercurio
35	Molibdeno
36	Níquel
37	Plata
38	Plomo
39	Selenio
40	Vanadio
41	Cinc

El material para la realización del muestreo y la preservación de las muestras de aguas del cuerpo receptor será entregado por el respectivo laboratorio EFTA.

5.8 Control de calidad de resultados

Las muestras tomadas serán enviadas al laboratorio manteniendo la cadena de custodia respectiva para su análisis de acuerdo a los métodos establecidos para cada uno de los parámetros requeridos

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

por la normativa. Posteriormente, el laboratorio ETFA, deberá asegurar la correcta conservación de las muestras y su ulterior análisis.

5.9 Análisis de los resultados de calidad de agua

El Supervisor Ambiental PHAM entregará al Subgerente de Estudios Ambientales PHAM los resultados de los parámetros de calidad de agua medidos *in situ* por el Contratista y los obtenidos por el Laboratorio ETFA, adjuntando los respectivos registros e informes de ensayo.

El Subgerente de Estudios Ambientales PHAM realizará un análisis ex-post de la calidad de agua descargada una vez se reciban los informes de ensayo del laboratorio, para lo cual comparará la calidad del agua descargada y los registros históricos existentes. Adicionalmente, se analizará si hubo cambios en la calidad de las aguas del cuerpo receptor, aguas abajo de la descarga de contingencia, contrastando estos resultados con los correspondientes a aguas arriba de la descarga.

5.10 Reporte de la contingencia

Cuando se detecte la contingencia el Supervisor Ambiental PHAM iniciará la investigación en terreno de la situación y elaborará el reporte preliminar del incidente, enviando esta información al Jefe de Reportes Ambientales PHAM a más tardar 12 hrs después de activada la contingencia.

En caso de haber descargado agua sin tratamiento previo directamente a un cauce superficial, el Jefe de Reportes Ambientales PHAM reportará la contingencia a la autoridad según lo establecido en la RCA 256/09 considerando 8.3.2 y Resolución Ex. 885/2016 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Todas las medidas de control serán consolidadas por el Supervisor Ambiental PHAM de terreno en un reporte que será enviado al Jefe de Reportes PHAM una vez finalizada la contingencia. Lo anterior sumado a los resultados y análisis que genere la Subgerencia de Estudios PHAM, serán insumos para que el Jefe de Reportes PHAM confeccione el reporte de cierre del incidente y lo ingrese a la plataforma de la SMA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

6 CONTROL DE REGISTROS

Nombre del Registro	Código	Retención			Disposición
		Medio	Tiempo	Responsable de Custodia	
Planilla de terreno toma de Muestras	ENV-PCD-013/F1	Físico		Medio Ambiente PHAM	

7 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Nombre del Documento	Código	Tipo de Documento (Interno/Externo)	Disponible en:
Resolución Exenta No. 256/09	RCA256/09	Externo	SEIA
Anexo 45 EIA Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, hidrogeología de las obras subterráneas.	Sin Código	Interno	Servidor PHAM
Procedimientos para trabajos de pre-grouting y post-grouting	SAM-PR-21	Interno	SAM
Drawing SAM-6000-TU-PLA-001 Pre-grouting	SAM-6000-TU-PLA-001	Interno	SAM
Calidad del Agua. Muestreo. Parte 10: Muestreo de aguas residuales. Recolección y manejo de las muestras	NCh 411/10	Externo	INN

Copias impresas son documentos no controlados.
Documento confidencial y propietaria de Alto Maipo SpA.

GRL-PCD-0007/05	MANEJO DE CONTINGENCIA POR SUPERACIÓN DE CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE INFILTRACIÓN
ALTO MAIPO	ENV-PCD-013
	Rev. 1

8 CONTROL DE MODIFICACIONES

Las modificaciones que se hagan a este Procedimiento ENV-PCD-0013 control de emergencias por superación de capacidad de sistemas de tratamiento de aguas de infiltración, deberán quedar registradas en la siguiente tabla:

Revisión	Fecha	Descripción de Modificaciones
0	31.08.2016	<ul style="list-style-type: none"> Versión inicial, sin aprobación interna ni distribución a los Contratistas.
1		<ul style="list-style-type: none"> Se modifican las responsabilidades dada la creación de la Gerencia de Control Ambiental Se actualizan los nombres y firmas de quien elabora, revisa y aprueba en la portada del procedimiento