


INFORME  
ANÁLISIS DE EFECTOS  
AMBIENTALES, CARGO N°5  
RESOLUCIÓN EXENTA N°1/ROL –  
D- 001-2017

PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO

Julio 2017  
RCA 256/2009

Nombre, profesión y cargo	Firma especialista
Macelo Mussé, Ingeniero Civil	

**INDICE DE CONTENIDOS**

1.	RESUMEN.....	5
2.	INTRODUCCIÓN.....	6
3.	ANTECEDENTES DE ACOPIOS DE MARINA ASOCIADOS AL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO	7
4.	OBJETIVOS.....	8
5.	ÁREA DE ESTUDIO .....	8
6.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
	6.1 Descripción del área de estudio .....	11
	6.2 Metodología y parámetros de evaluación.....	11
7.	RESULTADOS.....	13
	7.1 Sitio de Acopio de Marina N°1, SAM N°1 – Volcán V1.....	13
	7.2 Sitio de Acopio de Suelo N°3, SAM N°3 – Sector Lo Encañado.....	16
	7.3 Sitio de Acopio de Marina N°4 SAM N°4 – Túnel Alfalfal II VA4.....	19
	7.5 Sitio de Acopio de Marina N°8, SAM N°8 – Alfalfal VL8.....	22
	7.6 Sitio de Acopio de Marina N°13, SAM N°13 – El Sauce.....	25
	7.7 Sitio de Acopio de Marina N° 14, SAM N°14 – Sector Km. 8 Ruta G-345.....	28
6.	ANÁLISIS.....	34
7.	CONCLUSIONES.....	35
8.	REFERENCIAS.....	35

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Puntos referenciales de Acopios de marina. (Fuente: Anexo 11 EIA, Listado y localización de obras del proyecto, Obras areales) .....	9
Tabla 2: Puntos referenciales de supervisión SAM N°1. (Datos tomados en terreno). .....	13
Tabla 3: Parámetros Acopio SAM 1.....	13
Tabla 4: Puntos referenciales de supervisión SAM N°3 (Datos de terreno). .....	16
Tabla 5: Parámetros Acopio SAM 3.....	16
Tabla 6: Puntos referenciales de supervisión SAM N°4. (Datos tomados en terreno). .....	19
Tabla 7: Parámetros Acopio SAM 4.....	19
Tabla 8: Puntos referenciales de supervisión SAM N°8. (Datos tomados en terreno). .....	22
Tabla 9: Parámetros Acopio SAM 8.....	22
Tabla 10: Puntos referenciales de supervisión SAM N°13. (Datos tomados en terreno). .....	25

Tabla 11: Parámetros Acopio SAM 13.....	25
Tabla 12: Puntos referenciales de supervisión SAM N°14. (Datos tomados en terreno). ....	28
Tabla 13: Parámetros Acopio SAM 14.....	28

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano general de emplazamiento obras supervisadas. ....	10
Figura 2.Plano emplazamiento SAM N°1. ....	14
Figura 3.Plano emplazamiento SAM N°3. ....	17
Figura 4.Plano emplazamiento SAM N°4. ....	20
Figura 5.Plano emplazamiento SAM N°8. ....	23
Figura 6.Plano emplazamiento SAM N°13. ....	26
Figura 7.Plano emplazamiento SAM N°14. ....	29

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Acopio SAM 1 - Sector superior. Laderas de apoyo.....	15
Fotografía 2. Acopio SAM 1 – Área de trabajo. Material recientemente extraído.....	15
Fotografía 3: Acopio SAM 1 – Heterometría.....	15
Fotografía 4: Acopio SAM 1 - Talud de acopio. Plataforma intermedia. ....	15
Fotografía 5: Acopio SAM 1 - Talud superior de apoyo. Corte de material.....	15
Fotografía 6: Acopio SAM 1 - Talud superior. Heterogeneidad material.....	15
Fotografía 7: Acopio SAM 3 - Heterometría material. ....	18
Fotografía 8: Acopio SAM 3 – Ladera.....	18
Fotografía 9: Acopio SAM 3 - Ladera. Sector hacia posible descarga desvío agua. ....	18
Fotografía 10: Acopio SAM 4 - Acopio de distintos materiales en superficie.....	21
Fotografía 11: Acopio SAM 4 - Talud.....	21
Fotografía 12: Acopio SAM 4 - Sector aguas abajo y piezómetro. ....	21

Fotografía 13: Acopio SAM 4 - Camino en superficie. ....	21
Fotografía 14: Acopio SAM 4 - Ladera poniente. Erosión.....	21
Fotografía 15: Acopio SAM 8 – Talud. ....	24
Fotografía 16: Acopio SAM 8 - Suelo en sector nor-poniente talud. ....	24
Fotografía 17: Acopio SAM 8 - Heterometría material. ....	24
Fotografía 18: Acopio SAM 8 – Espacio ocupado contra cerco perimetral. ....	24
Fotografía 19: Acopio SAM 13 – Talud. ....	27
Fotografía 20: Acopio SAM 13 - Ladera. ....	27
Fotografía 21: Acopio SAM 13 - Superficie. Plataforma acopio materiales. ....	27
Fotografía 22: Acopio SAM 13 - Cerco perimetral. Caída de rocas de baja magnitud. ....	27
Fotografía 23: Acopio SAM 13 - Heterometría material. ....	27
Fotografía 24: Acopio SAM 14 - Talud norte. Diferentes materiales. Erosión.....	30
Fotografía 25: Acopio SAM 14 - Terreno natural y talud marina.....	30
Fotografía 26: Acopio SAM 14 - Construcción de gaviones. ....	30
Fotografía 27: Acopio SAM 14 - Descarga de material.....	30
Fotografía 28: Acopio SAM 14 - Material recientemente descargado. ....	30
Fotografía 29: Acopio SAM 14 - Heterometría material. ....	30

## ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice A. Medidas de contingencia para el manejo de marina con potencial ARD.

Apéndice B. Informe técnico 20170323 – MA - RPT. Detección de marina con potencial de drenaje ácido –  
Reporte de Cierre (23-03-2017)

Apéndice C. Informe técnico 20170502 – MA - RPT. Detección de marina con potencial de drenaje ácido –  
Reporte de Cierre (02-05-2017)

## 1. RESUMEN

El diseño de los acopios considera la colocación del material en capas compactadas y controladas conforme a lo indicado en la ingeniería de detalles, a fin de garantizar su estabilidad (Respuesta 9, Addenda 1 del EIA). Además, se considera la construcción de canales perimetrales que impidan el ingreso de aguas superficiales al acopio (Respuesta 8, Addenda 1 del EIA), conduciéndolas y descargándolas al río.

El análisis de la información de terreno, así como de la información complementaria documental, han dado cuenta que a la fecha la condición de los Sam 1, 3, 4, 8, 13 y 14 es estable (en términos de erosión y estabilidad física de sus taludes), no se registran indicios de erosión de tipo laminar por escorrentía que comprometan la estabilidad de las obras.

Respecto de la existencia de efectos ambientales en la calidad de aguas por la no construcción de obras para el manejo de agua de lluvia, se debe señalar que no se evidenciaron tales efectos, dado que tanto en los SAM que han sido cuestionados (1, 3, 4, 8, 13 y 14), como los restantes del proyecto no se lleva a cabo el acopio de marina con potencial de drenaje ácido (ARD). Los protocolos vigentes y operativos permiten llevar a cabo una identificación anticipada de la ocurrencia de este material a priori a su depositación, para los casos positivos se han implementado las medidas adecuadas para su acopio, tanto en la impermeabilización como en la captación de las aguas, con el objeto de evitar la contaminación de cursos de agua dentro del área de influencia del proyecto.

Por lo cual la no implementación de fosos y contrafosos para fines de saneamiento pluvial no han generado efectos ambientales.

## 2. INTRODUCCIÓN

Durante los días 23, 24,25 y 26 de Febrero de 2016, en virtud de sus competencias y de acuerdo a los Programas y Subprogramas sectoriales de Fiscalización Ambiental de Resoluciones de Calificación Ambiental (RES. SMA. N°04/2014; RES.EXE. SMA N° 769/2014; RES.EXE SMA N° 1223/2015), la Superintendencia del Medio Ambiente lleva a cabo una fiscalización ambiental al Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, en la cual las materias específicas objeto de fiscalización correspondieron a: Manejo de aguas lluvias en marinas, Instalación de Plantas de Riles, Monitoreo de Calidad de Agua, Monitoreo de descargas de plantas de tratamiento, manejo de drenajes Ácidos, Manejo de aguas de afloramiento y Monitoreo de Ruido y vibraciones.

Entre los hechos constatados que representaron hallazgos se estableció la no implementación de obras de saneamiento pluvial de las marinas, entre otros aspectos de interés, los cuales fueron detallados en el informe complementario al Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2016-647-XIII-RCA-IA.

De acuerdo a lo anterior la autoridad constató los siguientes hallazgos referidos a las obras de manejo de aguas lluvias comprometidas en la autorización ambiental de proyecto:

- i. En el SAM N°1 respecto al manejo de las aguas lluvias, la Gerente de Medio Ambiente de Constructora Nuevo Maipo, indicó que éstas son conducidas por gravedad, no existiendo obras construidas para ello y que el contrafoso fue eliminado por los trabajos de construcción del cierre perimetral y que será habilitado una vez finalizada esta obra.
- ii. En el SAM N°3 se constató la inexistencia de foso para el manejo de aguas lluvias en los bordes norte, este y oeste del SAM, se constató la existencia de foso para el manejo de aguas lluvia en el borde sur del SAM, constituido por excavación natural.
- iii. En el SAM N°4, se constató la existencia de un foso para el manejo de aguas lluvias, constituido por excavación, el cual finalizaba en las coordenadas UTM, DATUM WGS 84 huso 19 S 6.272.054 m. N – 392.564 m. E, visualizándose escurrimiento en él, se constató que dicho foso no cubría la totalidad del borde sur del SAM. En el límite norte del SAM (coordenadas UTM, Datum WGS 84 huso 19 S 6.272.027 m. N – 395.154 m. E) se constató la existencia de foso para el manejo de aguas lluvias, constituido por excavación el cual se encontraba obstruido en algunos tramos por el mismo material de relleno y rocas. Se constató que dicho foso no cubría la totalidad del borde norte del SAM. Por último se constató la inexistencia de foso para el manejo de aguas lluvias para los lados este y oeste.
- iv. En el SAM N°8, el Subgerente de Medio Ambiente, respecto de las obras para la canalización de aguas lluvias del SAM N°8, indicó que no existen obras definitivas para el manejo de aguas lluvias aún.
- v. En el SAM N°13, se constató la inexistencia de fosos y/o contrafosos para el manejo de aguas lluvias en lado sur.
- vi. En el SAM N°14, se constató la inexistencia de fosos y/o contrafosos para el manejo de aguas lluvias en el lado este.

En particular, el considerando 7.2.7.5 dela RCA N°256/2009, estableció que el titular debe implementar "Las obras de saneamiento pluvial (contrafosos y otros) y su entorno, deberán estar sujetas a un programa de mantenimiento y monitoreo permanente durante toda la vida útil del proyecto, para evitar posibles procesos de erosión en laderas y garantizar la estabilidad de los depósitos de marina.

El presente documento informa acerca de estado actual de los SAM en lo que respecta a su condición de estabilidad física y química y respecto de la existencia de efectos ambientales por la no implementación de fosos y contrafosos en los SAM N°1, 3, 4, 8, 13 y 14, según consta en la RES.EX N°1/ROL D-001-2017 de la Superintendencia del Medio Ambiente.

La implementación de fosos y contrafosos tiene por objeto la conducción de aguas lluvias para evitar el contacto con el material acopiado impidiendo la posible formación de drenaje ácido y posterior contaminación de las aguas, del mismo modo se pretende evitar la erosión de los taludes por escorrentía de agua lluvia que conlleve una alteración de la estabilidad de estas obras.

La supervisión de los sitios de acopio de marina del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo, ha sido realizado por la empresa consultora ORREMART CONSULTANS, quienes proveen de un profesional especialista<sup>1</sup> quien ha llevado a cabo el monitoreo y la elaboración del presente informe.

### **3. ANTECEDENTES DE ACOPIOS DE MARINA ASOCIADOS AL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ALTO MAIPO**

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (En adelante PHAM) contempla la habilitación de 14 sitios de acopio de marina (en adelante SAM) provenientes de la excavación de los túneles proyectados y un volumen menor de excedentes de material inerte provenientes de la apertura de caminos y construcción de ductos enterrados.

Para el emplazamiento, diseño y normas de manejo de los SAM, se han considerado criterios de tipo técnico, ambiental y de seguridad.

Desde el punto de vista técnico y de seguridad, los sitios de acopio de marina se emplazan lo más próximo posible a las ventanas de túneles y otros frentes de trabajo en superficie, generalmente en zonas sin riesgo de avalanchas ni planos de deslizamiento.

Respecto de los criterios ambientales se ha considerado que el emplazamiento no se realiza en:

- Sectores donde existan vestigios de deslizamientos o arrastres por aguas lluvia u otro tipo de erosión
- A menos de 1.000 metros aguas arriba de pozos de captación de agua subterránea.
- En sectores con niveles freáticos cercanos a la superficie.
- Sectores con presencia de flora y fauna en categoría de conservación.
- A menos de 500 metros de sitios de interés arqueológico o histórico
- En suelos agrícolas con capacidad de Uso I, II y III.
- En sectores donde se interrumpan cursos de agua superficiales o quebradas.

---

<sup>1</sup> Marcelo Mussé, Ingeniero Civil,

- En sitios que no interrumpen el escurrimiento superficial.
- En áreas con ocurrencias de inundaciones con períodos de retorno inferiores a 20 años, tales como, quebradas, vegas, pantanos, etc.

Se ha establecido por parte del proyecto que se priorizará que tanto la altura del material de marina y su morfología final al momento de cierre se ajustará a las características del relieve donde este se emplace. Mientras los sitios se encuentren en construcción, se mantendrá un acceso controlado al área.

La depositación del material de excavación se realiza en forma de terrazas compactado con maquinaria pesada, la disposición de marina se realiza formando plataformas parejas y seguras, con taludes naturales que forma el mismo material, asegurando su estabilidad.

De acuerdo al Estudio de Impacto Ambiental<sup>2</sup>, se indica que en todos los reconocimientos de terreno, sondeos de investigación y mapeos geológicos de superficie efectuados, no se ha detectado evidencia alguna que haga anticipar la presencia de aguas con altas temperaturas o con contaminación mineralógica o ácida.

No obstante lo anterior, las especificaciones establecerán que el contratista deberá, en la cercanía de zonas potencialmente críticas, efectuar sondeos de reconocimiento al avance de entre 25 y 30 m de longitud, a fin de anticipar problemas de filtraciones y poder efectuar los tratamientos de impermeabilización requeridos. Se instruirá al Contratista para poner especial atención en la calidad y condiciones del agua que eventualmente pudiese salir al exterior por las ventanas de acceso, estableciendo en las especificaciones de los contratos de construcción las mediciones que deberán efectuarse y el tratamiento que requerirán para su posterior disposición, de modo de cumplir con las normas de calidad para descargarlas a cauces naturales, según los requerimientos de la normativa vigente.

Para el caso de los acopios de marina, el Titular presentará a la Autoridad los resultados de los test de ABA y TCLP que constaten si el material extraído desde el interior de los túneles (marinas) tiene potencial de drenaje ácido.

#### 4. OBJETIVOS

El objetivo principal de este informe correspondió al siguiente:

“Evidenciar si a la fecha la no implementación de obras para el manejo de aguas lluvias (fosos y contrafosos) en los acopios de marina N° 1, 3, 4, 8,13 y 14, ha generado efectos ambientales en la estabilidad (física) de los taludes y eventos de contaminación por contacto del agua de lluvia con el material acopiado (química)”.

#### 5. ÁREA DE ESTUDIO

Los Sitios de Acopio de marina fueron supervisados en terreno, la campaña abarcó específicamente las áreas de acopios de marina N°1, 3, 4, 8,13 y 14, ubicadas en los sectores del Volcán, Yeso y Río Colorado (Figura 1).

---

<sup>2</sup> Capítulo 7, Tabla 7.2.3.1, Medidas de seguridad adoptadas según los riesgos identificados.



Los puntos referenciales de inspección se indican en la siguiente tabla, así como las características de cada uno de los acopios supervisados (

Tabla 1 ), La visita a terreno se efectuó los días miércoles 26 y 27 de abril de 2017, de acuerdo a la siguiente programación:

- Día 1: SAM 8, 13 y 14 (Colorado)
- Día 2: SAM 1 (Volcán), 3 y 4 (El Yeso)

Tabla 1: Puntos referenciales de Acopios de marina. (Fuente: Anexo 11 EIA, Listado y localización de obras del proyecto, Obras areales)

Sitio	Descripción	Altura	Coordenadas UTM WGS 84	
			N	E
Sitio de acopio de marina N°1 – Volcán V1	Ubicado adyacente al Portal de Acceso del Túnel Volcán, el área considerada está hacia abajo del camino que lleva hasta la bocatoma de El Morado.	2455	6260845	405385
Sitio de acopio de suelo N°3 Sector Lo encañado	Ubicado en la cercanía del portal de salida del túnel el yeso al oriente del camino de servicio de Aguas andina.	2444	6272603	396713
Sitio de acopio de marina N°4 – Túnel Alfalfal II VA4	Ubicado Adyacente al portal de acceso del túnel Alfalfal II, en una hondonada del terreno.	2431	6272311	395345
Sitio de acopio de marina N°8 – Alfalfal VL8	Ubicado en la cercanía del Portal de Acceso del Túnel Las Lajas, en una terraza más baja que el potrero Bellavista situada entre dicho potrero y el Río Colorado.	1350	6291425	387447
Sitio de acopio de marina N°13 – El Sauce	Ubicado en una terraza entre la Ruta G-345 y el Río Colorado.	1145	6287238	379273
Sitio de acopio de marina N°14 – Sector Km 8 – Ruta G-345	Ubicado en el km. 8 de la Ruta G-345, en una terraza entre la ruta G-345 y el Río Colorado	1116	6286479	378307



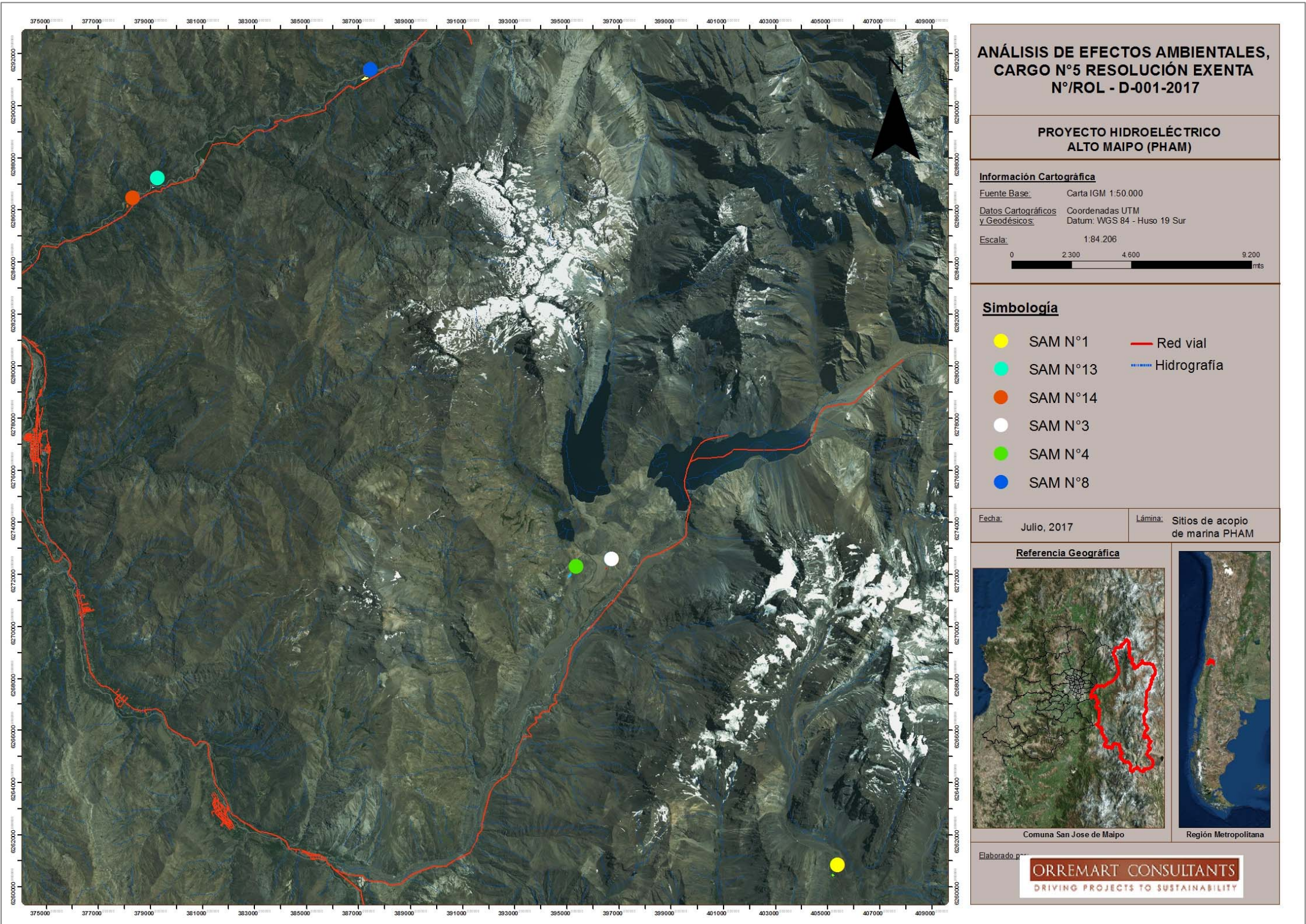


Figura 1. Plano general de emplazamiento obras supervisadas.



## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Descripción del área de estudio

El proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (RCA N°256/09), se localiza al SE de la ciudad de Santiago, en la comuna de San José de Maipo, en la cuenca alta del río Maipo. En esta área se aprecia un marcado régimen nival, con sus mayores caudales en diciembre y enero, producto de los deshielos cordilleranos. El período de menores caudales se observa en los meses de junio, julio y agosto (CADE-IDEPE, 2004).

La litología de la zona, aporta grandes cantidades de sedimentos al cauce. Predominan laderas con escasa vegetación y sedimento suelto. Es posible una escasa infiltración a poca profundidad. La erosión se produce sobre las laderas escarpadas, arrastrando material hacia los lechos encajonados (CADE-IDEPE, 2004).

De acuerdo al análisis realizado a las distintas áreas del Proyecto, se identifican en términos geomorfológicos dos dominios morfogenéticos que corresponden al de alta montaña y al de media montaña. En el primero de ellos operan en forma dominante procesos erosivos, de desgaste de las laderas y de transporte de los materiales. Dentro de este dominio están las áreas del Alto Río Volcán, Yeso y Lo Encañado. El segundo dominio morfogenético corresponde a un medio más estable con una mayor importancia de los procesos pedogenéticos formadores de suelo sobre las laderas; son áreas con una cubierta vegetal continua por lo que existe una mayor actividad biológica en los suelos.

El presente monitoreo abarca la supervisión específicamente las áreas de acopios de marina ubicadas en la cuenca del río Colorado y Sectores del Yeso y El Volcán.

### 6.2 Metodología y parámetros de evaluación

Las evaluaciones efectuadas en terreno son cualitativas y responden a inspección visual de la superficie. Éstas dan cuenta del estado actual de las obras y de la existencia de evidencia de efectos asociados a la inexistencia de obras de manejo de aguas lluvias.

La inspección de terreno fue complementada mediante la revisión de documentos técnicos proporcionados por Alto Maipo, los que incluye:

- Planos:
  - 020-TU-PLA-100 Rev C – SAM 1 y SAM 2
  - 020-TU-PLA-101 Rev C – SAM 3 y SAM 4
  - 020-TU-PLA-104 Rev E – SAM 8 y SAM 9
  - 020-TU-PLA-106 Rev E – SAM 13 y SAM 14
- Protocolos ITO:
  - Protocolo 3483 – SAM 1
  - Protocolo 3450 – SAM 3
  - Protocolo 3451 – SAM 4
  - Protocolo 3357 – SAM 8
  - Protocolo 3437 – SAM 13

## Protocolo 3482 – SAM 14

- Ingeniería Básica:  
601-CA-ETG-001 Rev 1 - Especificación técnica general: caminos de acceso y depósitos de marina
- Informe de fiscalización ambiental:  
DFZ-2016-647-XIII-RCA-IA – Informe Ambiental
- Fotografías aéreas :  
SAM 1  
SAM 3  
SAM 4  
SAM 8  
SAM 13  
SAM 14
- Medidas de contingencia para el manejo de marina con potencial de ADR
- Informe técnico: Detección de marina con potencial de drenaje ácido – Reporte de Cierre (23-03-2017)
- Informe técnico: Detección de marina con potencial de drenaje ácido – Reporte de Cierre ( 02-05-2017)

Los parámetros de interés para la evaluación de estabilidad física y química de los SAM, correspondieron a:

a) Volumen actual y final de la marina: Esta información fue proporcionada por el Cliente en base diseño y controles topográficos (archivo Excel "volúmenes aprobados y actuales.xlsx").

b) Heterogeneidad de los materiales: A partir de la inspección visual, se determina el tipo de material contenido en el acopio de marina. Es una evaluación preliminar solamente, pudiendo identificar en primera instancia si se trata de roca (en algunos casos se podría identificar si existen rocas de distinto origen o tipo) o, por ejemplo, suelo vegetal. Se destaca que esta identificación preliminar aplica sólo al material visible en superficie.

c) Heterometría de los materiales: A partir de la inspección visual, se determina la variación en el tamaño o granulometría de los materiales.

d) Horizonte edafológico (10 cm): Se refiere a la identificación de suelo vegetal en la superficie del acopio (10 cm en este caso).

f) Evidencia de erosión areal o lineal: A partir de la inspección visual se determina si hay indicios de erosión lineal (por ejemplo, cárcavas) o en extensiones mayores de superficie. En este caso, se puede identificar también si hay deslizamientos en masa de los taludes (problemas de inestabilidad). La inspección visual se complementa con antecedentes de los informes semestrales de monitoreo de suelos erosionables asociado a las obras superficiales del proyecto.

g) Informes de contingencia generación marina acida

## 7. RESULTADOS

En el presente capítulo se sistematiza la información recopilada en terreno complementada con documentación facilitada por Alto Maipo.

- Estabilidad Física de SAM – Supervisión de terreno

### 7.1 Sitio de Acopio de Marina N°1, SAM N°1 – Volcán V1

El acopio SAM 1 se encuentra en la parte alta del proyecto, en la zona de El Volcán (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2: Puntos referenciales de supervisión SAM N°1. (Datos tomados en terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM – WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°1 – Volcán V1	2455	6260451	405131
		6260476	405142
		6260491	405187
		6260414	405221
		6260441	405266

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 3:

Tabla 3: Parámetros Acopio SAM 1.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 230.000 m <sup>3</sup> - Volumen actual: 106.209 m <sup>3</sup>
Heterogeneidad de los materiales	Moderada heterogeneidad en los materiales. Presencia de suelo en una área reducida en el sector superior de la marina, cerca del portal del túnel (talud surponiente).
Heterometría de los materiales	Presencia de material grueso y finos, como también rocas de tamaño significativo.
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	No hay evidencias de erosión en los taludes del acopio.

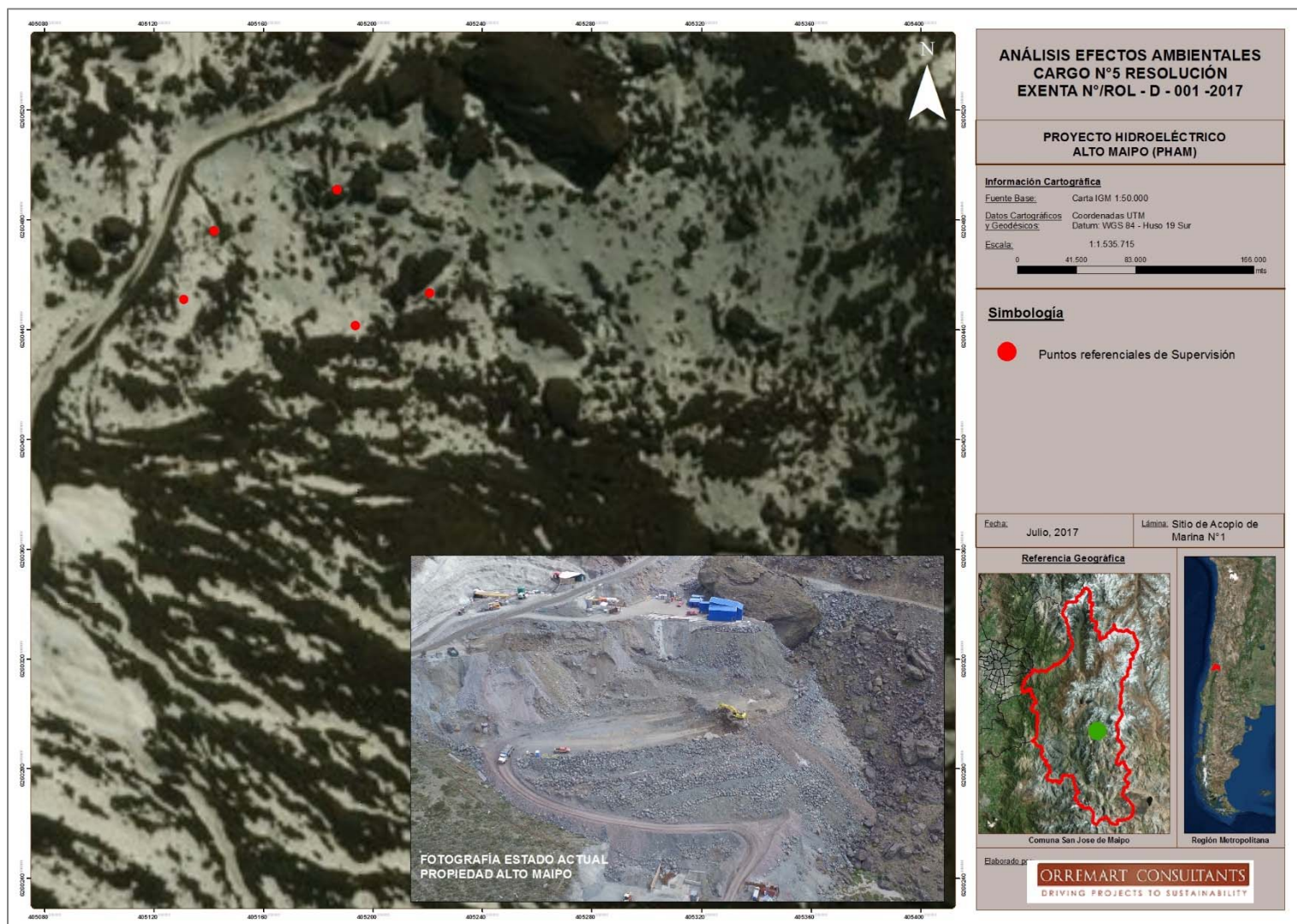


Figura 2.Plano emplazamiento SAM N°1.



Las siguientes imágenes muestran detalles observados durante la visita a terreno.



Fotografía 1. Acopio SAM 1 – Sector superior. Laderas de apoyo.



Fotografía 2. Acopio SAM 1 – Área de trabajo. Material recientemente extraído



Fotografía 3: Acopio SAM 1 – Heterometría.



Fotografía 4: Acopio SAM 1 – Talud de acopio. Plataforma intermedia.



Fotografía 5: Acopio SAM 1 – Talud superior de apoyo. Corte de material.



Fotografía 6: Acopio SAM 1 – Talud superior. Heterogeneidad material.

<b>ALTO MAIPO</b>	ANÁLISIS DE EFECTOS AMBIENTALES, CARGO N°5 RESOLUCIÓN EXENTA N°/ROL – D- 001-2017
	Rev. A

## 7.2 Sitio de Acopio de Suelo N°3, SAM N°3 – Sector Lo Encañado

El acopio SAM 3 se encuentra en la parte alta del proyecto, en la zona de El Yeso (Tabla 4 y Figura 3).

Tabla 4: Puntos referenciales de supervisión SAM N°3 (Datos de terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM – WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°3 Sector Lo encañado	Ubicado en la cercanía del portal de salida del túnel el yeso al oriente del camino de servicio de Aguas andina.	6272274	396504
		6272264	396499
		6272208	396487
		6272197	396489
		6272253	396541

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 5:

Tabla 5: Parámetros Acopio SAM 3.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 70.000 m3 - Volumen actual: 2.917 m3
Heterogeneidad de los materiales	Se observa en general homogeneidad en los materiales.
Heterometría de los materiales	Presencia de material grueso y finos.
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	No hay evidencias de erosión en los taludes del acopio



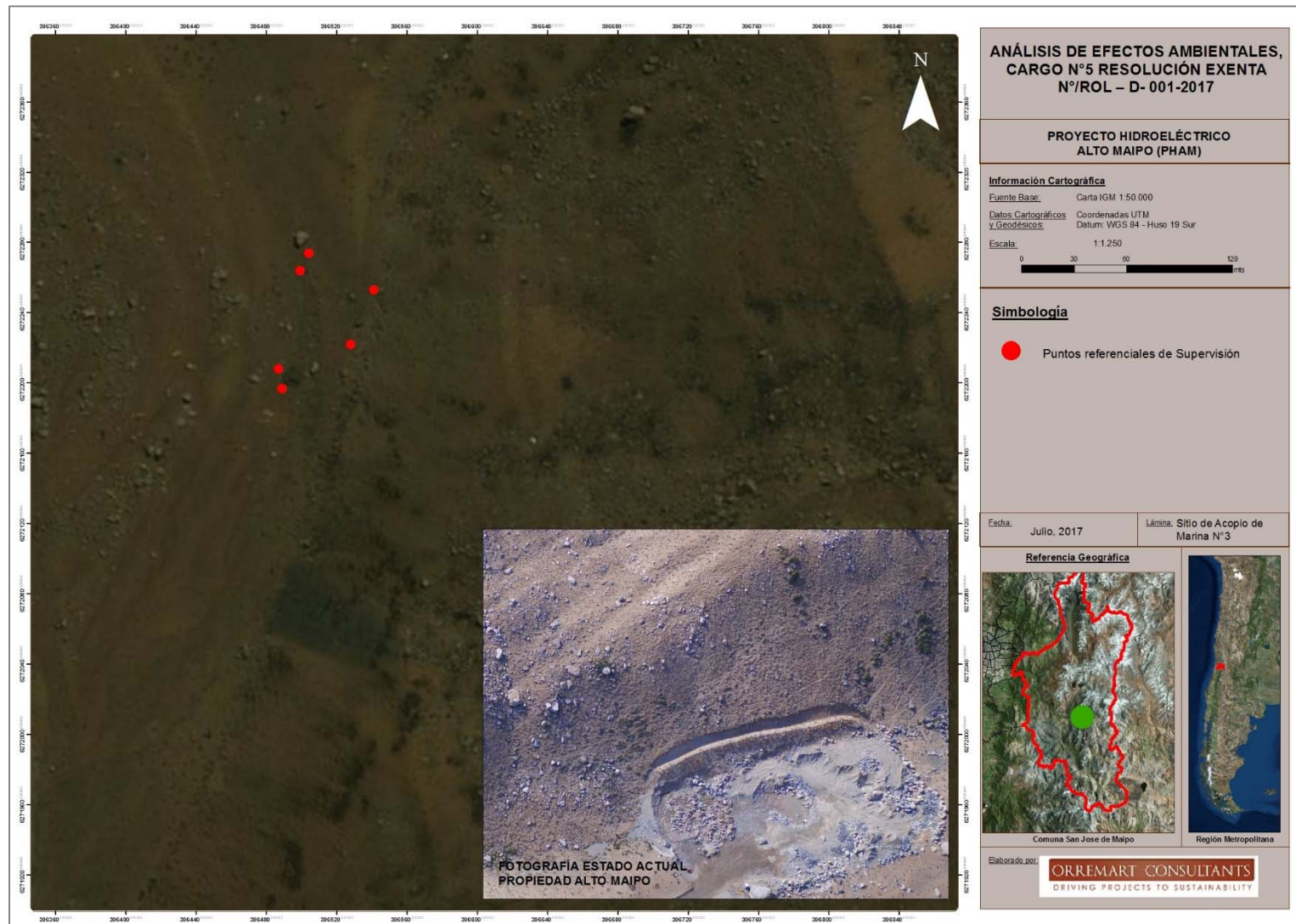


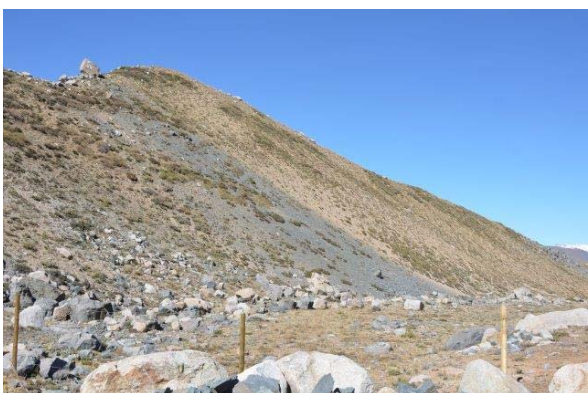
Figura 3.Plano emplazamiento SAM N°3.



Fotografía 7: Acopio SAM 3 - Heterometría material.



Fotografía 8: Acopio SAM 3 – Ladera.



Fotografía 9: Acopio SAM 3 - Ladera. Sector hacia posible  
descarga desvío agua.

## 7.3 Sitio de Acopio de Marina N°4 SAM N°4 – Túnel Alfalfal II VA4

El acopio SAM 4 se encuentra en la parte alta del proyecto, en la zona de El Yeso ( Tabla 6 y Figura 4 ).

Tabla 6: Puntos referenciales de supervisión SAM N°4. (Datos tomados en terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM -WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°4 – Túnel Alfalfal II VA4	Ubicado Adyacente al portal de acceso del túnel Alfalfal II, en una hondonada del terreno.	6272061	395189
		6272038	395163
		6272004	395155
		6271996	395161

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 7:

Tabla 7: Parámetros Acopio SAM 4.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 275.000 m3 - Volumen actual: 123.242 m3
Heterogeneidad de los materiales	Se observa en general homogeneidad en los materiales.
Heterometría de los materiales	Presencia de material grueso y finos. Se realiza clasificación de materiales destinando fracción fina al sector central para tránsito y fracción gruesa a taludes.
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	No hay evidencias de erosión en los taludes del acopio. Sí en terreno base de ladera poniente ubicada más arriba del área de depósito, por lo que no compromete la estabilidad del área del SAM.



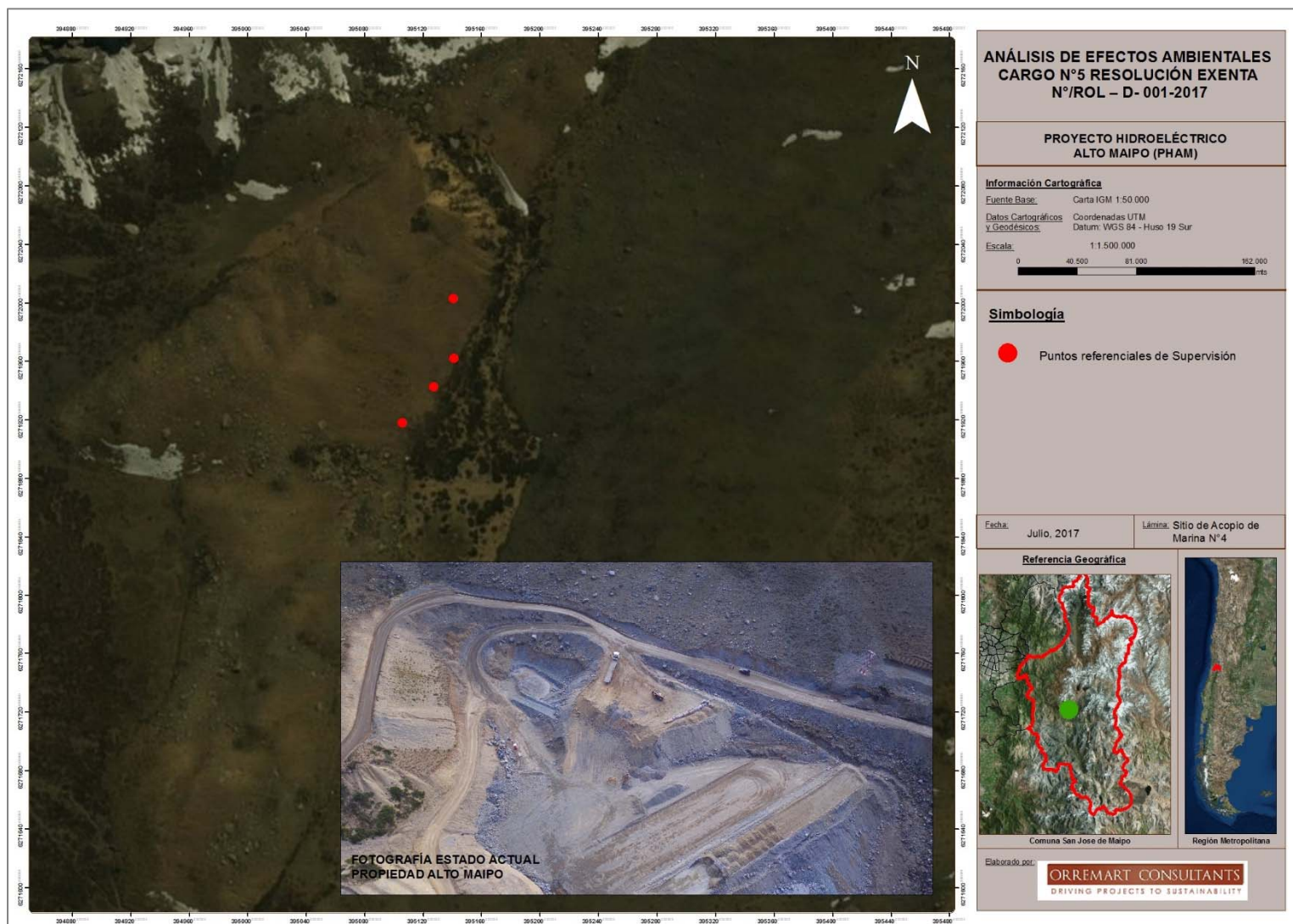


Figura 4.Plano emplazamiento SAM N°4.

Las siguientes imágenes muestran detalles observados durante la visita a terreno.



Fotografía 10: Acopio SAM 4 - Acopio de distintos materiales en superficie.



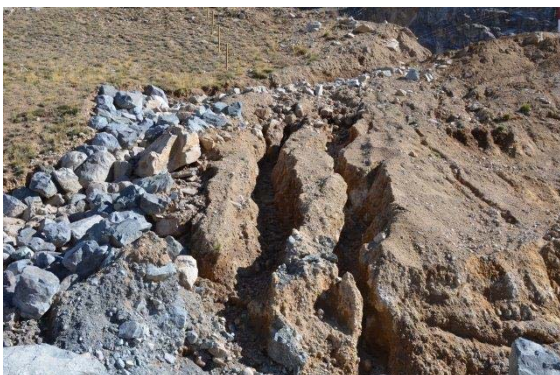
Fotografía 11: Acopio SAM 4 - Talud.



Fotografía 12: Acopio SAM 4 - Sector aguas abajo y piezómetro.



Fotografía 13: Acopio SAM 4 - Camino en superficie.



Fotografía 14: Ladera poniente aguas arriba del área SAM 4. Erosión.



## 7.5 Sitio de Acopio de Marina N°8, SAM N°8 – Alfalfal VL8

El acopio SAM 8 se encuentra en la zona de Alfalfal (Tabla 8 y Figura 5).

Tabla 8: Puntos referenciales de supervisión SAM N°8. (Datos tomados en terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM – WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°8 – Alfalfal VL8	Ubicado en la cercanía del Portal de Acceso del Túnel Las Lajas, en una terraza más baja que el potrero Bellavista situada entre dicho potrero y el Río Colorado.	6291074	387105
		6291074	387112
		6291073	387124
		6291070	387144
		6291070	387167
		6291076	387179
		6291086	387186
		6291125	387234
		6291122	387245
		6291113	387264
		6291097	387281
		6291070	387169

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 9:

Tabla 9: Parámetros Acopio SAM 8.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 212.000 m3 - Volumen actual: 105.406 m3
Heterogeneidad de los materiales	Se observa en general homogeneidad en los materiales.
Heterometría de los materiales	En su mayoría, material grueso con bajo contenido de finos. Se observa cantidades menores de suelo fino en sector muy localizado, de pequeñas dimensiones y espesor (sector nor-poniente de talud).
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	No hay evidencias de erosión en los taludes del acopio.

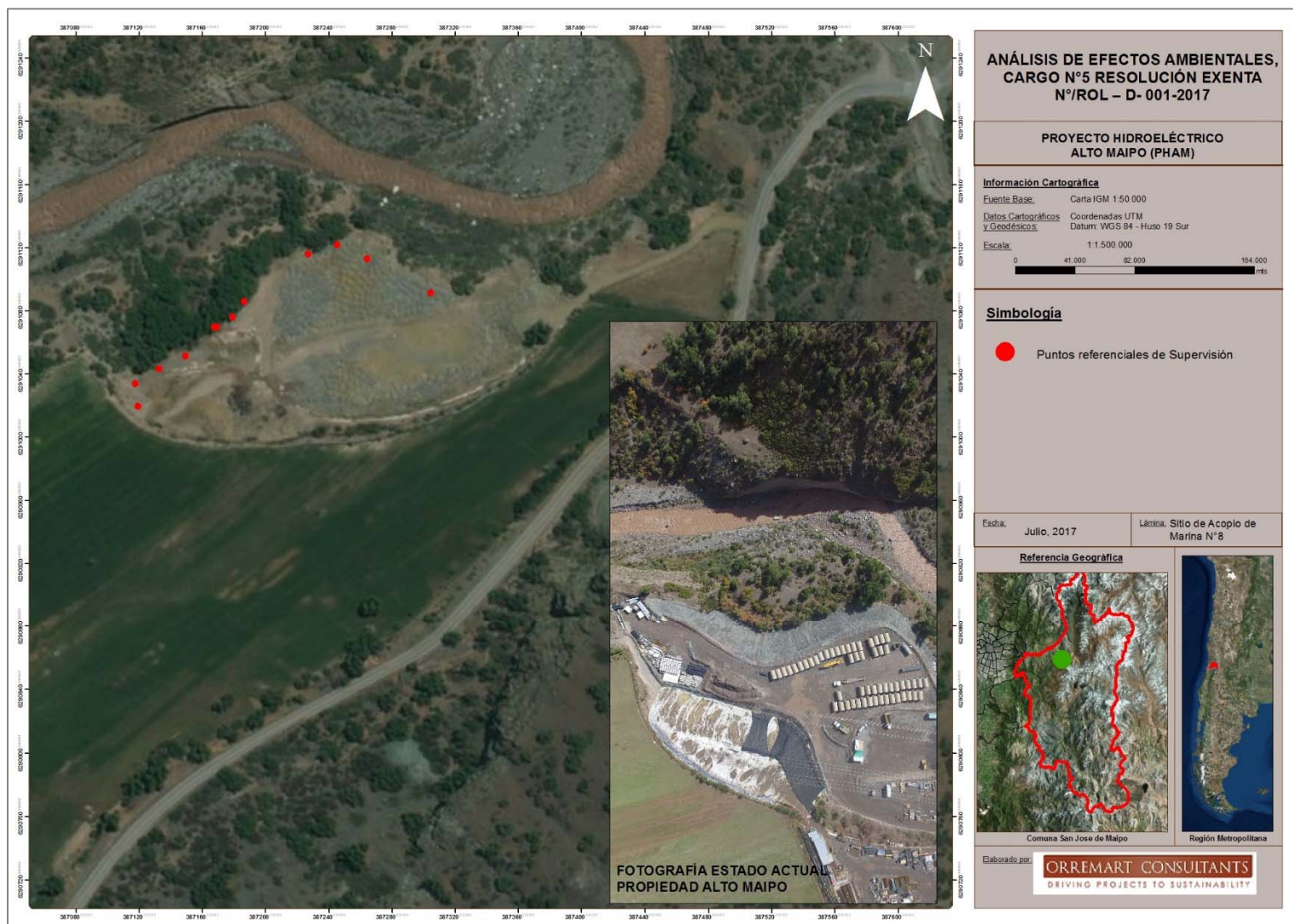


Figura 5.Plano emplazamiento SAM N°8.



Las siguientes imágenes muestran detalles observados durante la visita a terreno.



Fotografía 15: Acopio SAM 8 – Talud.



Fotografía 16: Acopio SAM 8 - Suelo en sector nor-poniente talud.



Fotografía 17: Acopio SAM 8 - Heterometría material.



Fotografía 18: Acopio SAM 8 – Espacio ocupado contra cerco perimetral.



<b>ALTO MAIPO</b>	ANÁLISIS DE EFECTOS AMBIENTALES, CARGO N°5 RESOLUCIÓN EXENTA N°/ROL – D- 001-2017
	Rev. A

## 7.6 Sitio de Acopio de Marina N°13, SAM N°13 – El Sauce

El acopio SAM 13 se encuentra en la zona de El Sauce (Tabla 10 y Figura 6).

Tabla 10: Puntos referenciales de supervisión SAM N°13. (Datos tomados en terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM – WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°13 – El Sauce	Ubicado en una terraza entre la Ruta G-345 y el Río Colorado.	6286836	379081
		6286852	379081
		6286872	379091
		6286872	379099
		6286864	379121
		6286853	379157
		6286846	379180

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 11:

Tabla 11: Parámetros Acopio SAM 13.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 91.000 m3 - Volumen actual: 40.014 m3
Heterogeneidad de los materiales	Se observa en general homogeneidad en los materiales.
Heterometría de los materiales	En su mayoría, material grueso con bajo contenido de finos.
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	No hay evidencias de erosión en los taludes del acopio.

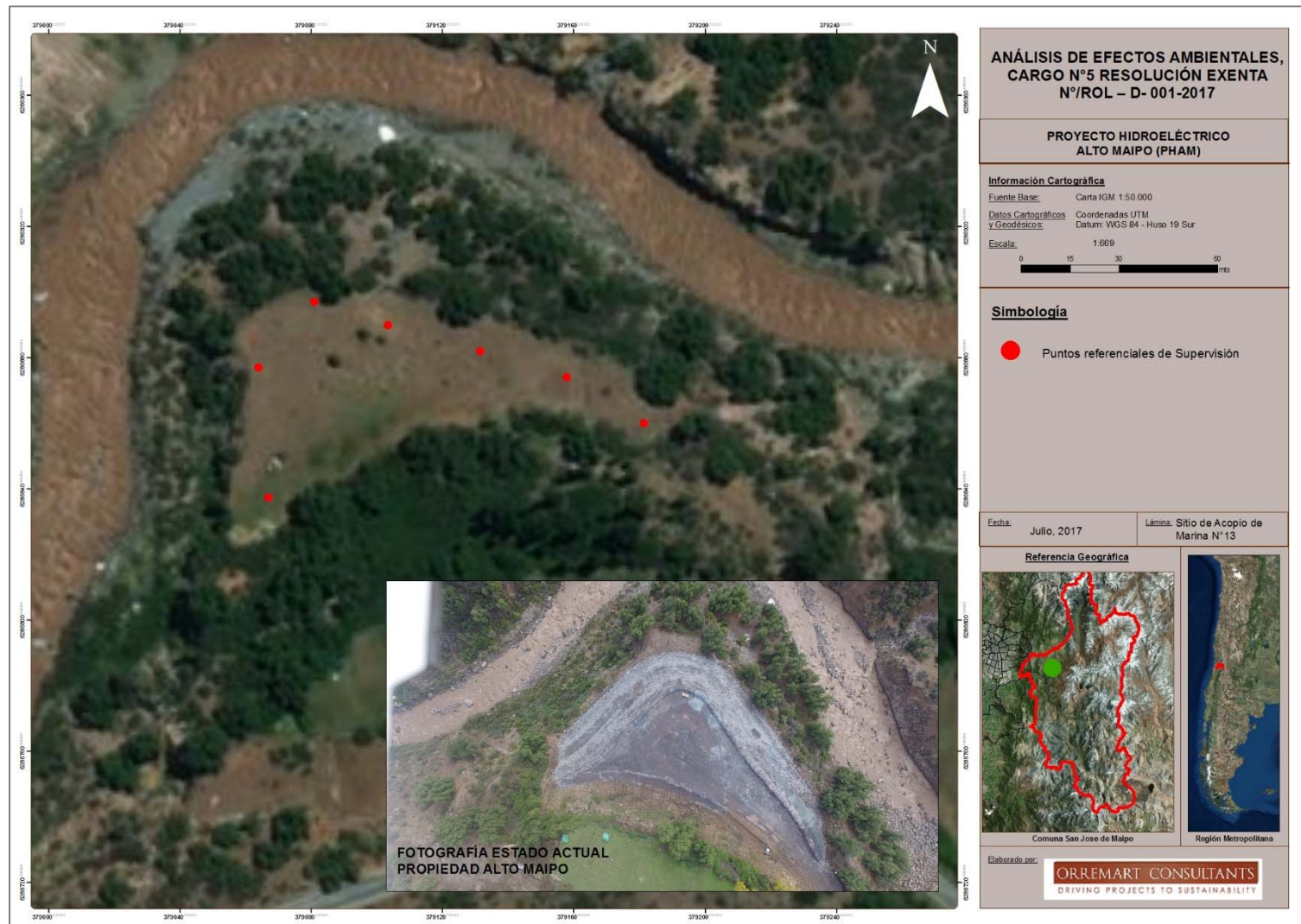


Figura 6.Plano emplazamiento SAM N°13.



Las siguientes imágenes muestran detalles observados durante la visita a terreno.



Fotografía 19: Acopio SAM 13 – Talud.



Fotografía 20: Acopio SAM 13 - Ladera.



Fotografía 21: Acopio SAM 13 - Superficie. Plataforma acopio materiales.



Fotografía 22: Acopio SAM 13 - Cerco perimetral. Caída de rocas de baja magnitud.



Fotografía 23: Acopio SAM 13 - Heterometría material.

<b>ALTO MAIPO</b>	ANÁLISIS DE EFECTOS AMBIENTALES, CARGO N°5 RESOLUCIÓN EXENTA N°/ROL – D- 001-2017
	Rev. A

## 7.7 Sitio de Acopio de Marina N° 14, SAM N°14 – Sector Km. 8 Ruta G-345

El acopio SAM 14 se encuentra en la zona de Río Colorado ( Tabla 12 y Figura 7 )

Tabla 12: Puntos referenciales de supervisión SAM N°14. (Datos tomados en terreno).

Sitio	Altura	Coordenadas UTM –WGS 84	
		N	E
Sitio de acopio de marina N°14 – Sector Km 8 – Ruta G-345	Ubicado en el km. 8 de la Ruta G-345, en una terraza entre la ruta G-345 y el Río Colorado	6286099	378099
		6286105	378095
		6286111	378080
		6286128	378081
		6286175	378086
		6286180	378094
		6286181	378142
		6286190	378106

Los principales parámetros observados se indican en Tabla 13:

Tabla 13: Parámetros Acopio SAM 14.

Parámetro	Descripción
Volumen de la marina	Volumen autorizado: 345.000 m3 - Volumen actual: 82.864 m3
Heterogeneidad de los materiales	Se observa en general, moderada a baja heterogeneidad en los materiales.
Heterometría de los materiales	En su mayoría, material grueso con bajo contenido de finos (distribución irregular).
Horizonte edafológico (10 cm)	No se observa horizonte edafológico.
Cobertura vegetal	No hay indicios de existencia de cobertura vegetal.
Evidencia de erosión areal o lineal	Se observan evidencias de erosión moderada en talud sector norte, pero dada su baja magnitud no compromete la estabilidad del SAM.



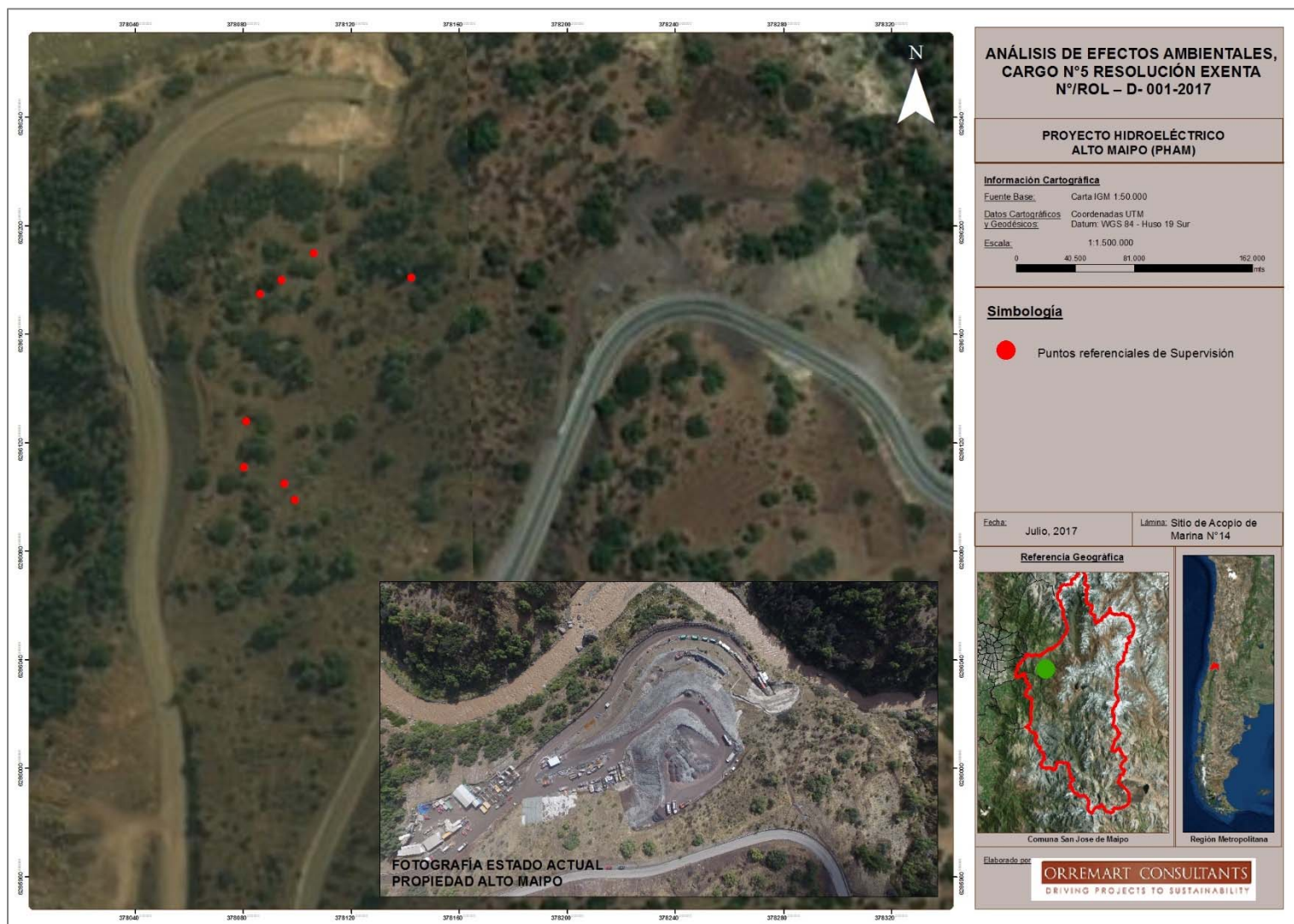


Figura 7.Plano emplazamiento SAM N°14.



Las siguientes imágenes muestran detalles observados durante la visita a terreno.



Fotografía 24: Acopio SAM 14 - Talud norte.  
Heterogeneidad. Erosión moderada.



Fotografía 25: Acopio SAM 14 - Terreno natural y talud  
marina.



Fotografía 26: Acopio SAM 14 - Construcción de  
gaviones.



Fotografía 27: Acopio SAM 14 - Descarga de material.



Fotografía 28: Acopio SAM 14 - Material recientemente  
descargado.



Fotografía 29: Acopio SAM 14 - Heterometría material.

- Estabilidad Química de SAM

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) ha implementado un programa de caracterización sistemática de la roca en los frentes de excavación de cada túnel, con la finalidad de establecer si los materiales extraídos tienen potencial de generación de drenaje ácido. Esta última información es utilizada para la gestión de los materiales de excavación de los túneles y su disposición apropiada en los Sitios de Acopio de Marina (SAM) del proyecto, con la finalidad de evitar la generación de drenaje ácido de roca (ARD por sus siglas en inglés) en dichos sitios.

El protocolo en cuestión regula los siguientes aspectos referidos al manejo de marina con potencial de ARD (para mayores antecedentes ver apéndice A):

- a. Caracterización geológica de las rocas y determinación del destino de la marina extraída.
  - Determinación preliminar del destino de la marina extraída.
  - Toma de muestras de roca desde los túneles.
  - Análisis de laboratorio de las muestras de roca.
  - Escenarios para la toma de decisión sobre el destino definitivo de las marinas.
  - Seguimiento del origen y del destino de las marinas.
  - Disposición definitiva de marina con potencial de ARD.
- b. Control de volumen de material depositado y aguas generadas en SAM de marina con potencial ARD.

- a. Caracterización geológica de las rocas y determinación del destino de la marina

Durante el proceso de perforación en la frente de avance de cada túnel, el equipo de geólogos del proyecto realiza la evaluación geotécnica y geológica de los materiales presentes, esta información es registrada en informes técnicos preparados por el mismo equipo de geólogos, los cuales permiten identificar los materiales que potencialmente pueden ser generadores de ARD.

El criterio experto del equipo de geólogos, en base a la evaluación durante el proceso de excavación, establece en primera instancia si el material examinado al interior de cada túnel presenta o no potencial, con lo cual se determina el destino de la roca extraída, de acuerdo a lo siguiente:

- Si la roca no tiene un potencial ácido, es dispuesta en los SAM para roca inerte.
- Si la roca tiene un potencial ácido, es dispuesta en un sitio de disposición acondicionado para evitar la exposición de las rocas a condiciones favorables para potenciales lixiviaciones generadas por ARD.

Junto con la aplicación del criterio experto del equipo de geólogos del PHAM para determinar el destino de la roca extraída, cada 25 a 50 metros se toman muestras de roca al interior de cada túnel conforme el avance de los trabajos de excavación, y también cuando se estima existe un cambio significativo en el tipo de roca.

Las muestras de roca son guardadas en bolsas resistentes con una etiqueta de identificación del túnel y ubicación específica del avance en la excavación (distancia o posición de avance del túnel en metros).

Las muestras son enviadas para su análisis a un laboratorio externo.

Las pruebas utilizadas para determinar el potencial de generación de drenaje ácido de las muestras de roca son las siguientes:

**Test ABA (Acid-Base Accounting):** Balance entre los compuestos potencialmente generadores de ácido (minerales sulfurosos reactivos) y aquellos que son potencialmente neutralizadores de ácido en la muestra (carbonatos, hidróxidos, silicatos y arcillas).

**Test TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure):** Procedimiento que utiliza un derivado del ácido acético como extractante (ácido débil) para determinar la movilidad de especies tóxicas orgánicas e inorgánicas presentes en la muestra.

Todas las pruebas de laboratorio son realizadas por un ente externo que cuenta con acreditación en el Sistema Nacional de Acreditación del INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN bajo Laboratorio de Ensayo según NCh-ISO 17025.Of2005 en el área química para minerales, concentrados y otros.

- Ocurrencia de drenaje ácido

A la fecha se han registrado dos eventos de ocurrencia de marina con potencial de drenaje ácido (ARD) (Ver Apéndice B y C):

- 17 de Febrero de 2017 – originada en Túnel L-1, Las Lajas
- 17 de Abril de 2017 – originada en Túnel VA - 2

Para ambas ocasiones se activa el Protocolo de manejo de marina ARD y la adopción de las medidas de manejo inmediatas adoptadas en el marco del cumplimiento del considerando 7.4.3 de la RCA 256/2009. Ambas situaciones han sido reportadas a la SMA.

- Evento 17/02/2017 - Túnel Las Lajas

El 7 de febrero de 2017, específicamente en el sondeo exploratorio realizado en el Túnel L-1 (Las Lajas) desde el pK 1+158.2 hasta el pK 1+190.2, los geólogos identificaron en el tramo 1+162.2 a 1+188.2 (30 m) la presencia de pirita (FeS<sub>2</sub>), mineral con potencial para generación de drenaje ácido. Dado lo anterior, se dio inicio al protocolo establecido para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), con la suspensión inmediata del traslado de marina desde la plataforma de recepción de la correa transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina No. 12 (SAM 12). Cabe señalar que en la plataforma se encontraba la marina acopiada desde el pK 1+158.9 (Turno A), es decir, no hubo traslado de marina con potencial ácido hacia el SAM 12.

El protocolo implementado para el manejo de marina con potencial para generar drenaje ácido contempla medidas para la separación y manejo de la marina en el sitio de extracción, así como su transporte y acopio en un sitio transitorio para su posterior disposición final, también manejo de aguas de contacto en el sitio de extracción y en el sitio de disposición transitorio, y traslado de estas aguas para su tratamiento.

La implementación de lo anterior se ha realizado a través de:

La marina llega inicialmente desde el interior del túnel a la plataforma de descarga de la correa transportadora que extrae la marina desde el interior del túnel L1, la plataforma está compuesta por una losa de hormigón y cuenta con un sistema de drenaje ciego.

Desde el 7 de febrero, la marina fue aislada y segregada en esta plataforma, evitando cualquier tipo de contacto hacia el entorno.



1. Junto con lo anterior se tomaron muestras representativas de marina para su análisis en laboratorio mediante los Test ABA y TCLP según lo establecido en la RCA y protocolo de manejo interno.
2. Entre los días 8 y 10 de febrero, se habilitó en el SAM 9 un acopio transitorio para marina con potencial ARD. Este sitio cuenta con geotextil y liner que garantizan la impermeabilización del suelo, cuenta con recuperación de drenajes y dispone de un sistema de recepción de estas aguas de 5.000 m3 capacidad.
3. Las aguas captadas tanto en la plataforma de descarga L-1 (sistema de drenaje ciego L- 1) y sistema de recuperación de drenajes en acopio especial del SAM-9 fueran llevadas a la Planta de Tratamiento de Riles del sector VL-8, autorizada mediante Resolución Exenta 14142/2015 de la SEREMI de Salud de la RM.
4. Desde del 10 de febrero y hasta el 28 de febrero, se trasladó la marina acopiada en la plataforma de descarga de TBM del L-1 al acopio transitorio para marina con potencial ARD del SAM 9, llevándose un control de volumen diario.
5. Hasta el 28-02-2017 mediante camión cisterna se retiraron 3.500 litros desde el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM-9, para tratamiento en la Planta de VL-8.
6. Hasta el 28-02-2017 mediante camión cisterna se retiraron 260 m3 desde sistema de drenaje ciego L-1 para tratamiento en la Planta de VL-8.
7. Se realizó medición de los parámetros de pH, turbiedad y temperatura de los drenajes recuperados del acopio transitorio del SAM 9, previo tratamiento en la Planta de VL8.

- Evento 17/05/2017 - Túnel VA – 2

El 01 de abril de 2017, específicamente en el sondeo exploratorio realizado en el Túnel VA-2 desde el pK 2+280.0 hasta el pK 2+306.6, los geólogos identificaron en la sección del pk 2+292 la presencia de pirita (FeS<sub>2</sub>), mineral con potencial para generación de drenaje ácido. Dado lo anterior, se dió inicio al protocolo establecido para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), con la suspensión inmediata del traslado de marina desde la plataforma de recepción de la correa transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina No. 5.

El protocolo implementado para el manejo de marina con potencial para generar drenaje ácido contempla medidas para la separación y manejo de la marina en el sitio de extracción, así como su transporte y acopio en un sitio transitorio para su posterior disposición final, también manejo de aguas de contacto en el sitio de extracción y en el sitio de disposición transitorio, y traslado de estas aguas para su tratamiento.

La implementación de lo anterior se ha realizado a través de:

1. La marina llega inicialmente desde el interior del túnel a la plataforma de descarga de la correa transportadora que extrae la marina desde el interior del túnel VA-2, la plataforma está compuesta por una losa de hormigón y cuenta con un sistema de drenaje.
2. Desde el 01 de abril, la marina fue aislada y segregada en esta plataforma, evitando cualquier tipo de contacto hacia el entorno.
3. Junto con lo anterior se tomaron muestras representativas de marina para su análisis en laboratorio mediante los Test ABA y TCLP según lo establecido en la RCA y protocolo de manejo interno.
4. Como ya fue declarado en el reporte técnico 20170217-MA-RPT, notificado a la Superintendencia de Medio Ambiente con el certificado código RIA1989 de fecha 17.02.2017 ingresado al Sistema de

Seguimiento Ambiental, entre los días 8 y 10 de febrero, se habilitó en el SAM 9 un acopio transitorio para marina con potencial ARD. Este sitio cuenta con geotextil y polietileno que garantizan la impermeabilización del suelo, con recuperación de drenajes y dispone de un sistema de recepción de aguas de drenaje para su tratamiento. En esta instalación, se optimizaron las condiciones para contar con una capacidad mayor a la previamente utilizada durante la recepción de marina con potencial ácido generada por el túnel L-1.

5. Los días 10 y 11 de abril 2017 se habilitó un segundo acopio temporal de marina con potencial ácido ARD dentro del SAM 6.
6. Se estableció que las aguas captadas en el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM 9 fueran llevadas a la Planta de Tratamiento de Riles del sector VL-8, autorizada mediante Resolución Exenta 14142/2015 de la SEREMI de Salud de la RM. No obstante lo anterior, el túnel VA-2 posee características secas, lo que genera que la extracción y manejo de marina sea un proceso principalmente seco.
7. Desde del 03 de abril y hasta el 25 de abril, se trasladó la marina acopiada en la plataforma de descarga de TBM del VA-2 a los acopios transitorios para marina con potencial ARD del SAM 9 y SAM 6, llevándose un control de volumen diario.
8. Hasta el 25-04-2017 mediante camión cisterna se retiraron 750 litros desde el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM-9, para tratamiento en la Planta de VL-8.
9. Se realizó medición de los parámetros de pH, turbiedad y temperatura de los drenajes recuperados del acopio transitorio del SAM 9, previo tratamiento en la Planta de VL8.

En síntesis, se puede indicar el correcto accionar de los protocolos para eventos de ocurrencia de marina con drenaje ácido. Se debe recalcar que tanto las marinas con sospecha de ser ARD y aquellas que su resultado ha sido positivo en sus test de análisis ABA y TCLP, han sido acopiadas en sitios transitorios los cuales cuentan con las condiciones adecuadas para su almacenamiento (geotextil y polietileno que garantizan la impermeabilización del suelo, con recuperación de drenajes y dispone de un sistema de recepción de aguas de drenaje para su tratamiento), en definitiva no se han utilizado los sitios de acopio de marina del proyecto incluidos los SAM 1,3,4,8,13 y 14, para el acopio de marina ADR, ya que de acuerdo a protocolo la sola sospecha de esta condición, implica un acopio transitorio en condiciones de aislamiento y seguridad, evitando de esta forma la contaminación de las aguas de los cursos aledaños al proyecto.

## 6. ANÁLISIS

El diseño de los acopios considera la colocación del material en capas compactadas y controladas conforme a lo indicado en la ingeniería de detalles, a fin de garantizar su estabilidad (Respuesta 9, Addenda 1 del EIA). Además, se considera la construcción de canales perimetrales que impidan el ingreso de aguas superficiales al acopio (Respuesta 8, Addenda 1 del EIA), conduciéndolas y descargándolas al río.

El análisis de la información de terreno, así como de la información complementaria documental, han dado cuenta que a la fecha la condición de los Sam 1, 3, 4, 8, 13 y 14 es estable (en términos de erosión y estabilidad física de sus taludes), no registrando indicios de erosión de tipo laminar por escorrentía que comprometan la estabilidad de las obras.

Respecto de la existencia de efectos ambientales en la calidad de aguas por la no construcción de obras para el manejo de agua de lluvia, se debe señalar que no se evidenciaron tales efectos, dado principalmente que tanto en los SAM que han sido cuestionados (1, 3, 4, 8, 13 y 14), como los restantes del proyecto no se lleva a cabo el acopio de marina con potencial de drenaje ácido (ARD). Los protocolos vigente y operativos permiten llevar a cabo una identificación anticipada de la ocurrencia de este material a priori a su depositación, para los casos positivos se han implementado las medidas adecuadas para su acopio, tanto en la impermeabilización como en la captación de las aguas, con el objeto de evitar la contaminación de cursos de agua dentro del área de influencia del proyecto.

Por lo cual la no implementación de fosos y contrafosos para fines de saneamiento pluvial no ha generado efectos ambientales.

## 7. CONCLUSIONES

A partir de lo observado durante la visita a las SAM (26 y 27 de abril de 2017) y las inspecciones periódicas del área, se pueden emitir las siguientes conclusiones.

### Estabilidad física:

- No se observa erosión, derrumbes o indicios de inestabilidad física en taludes de acopios de marina, ni cárcavas, producto de escurrimientos de agua debido a la no implementación de fosos y contrafosos.
- No se observa en laderas naturales erosión que pudiese comprometer la estabilidad de los acopios o sus características geomecánicas, por la no implementación de fosos y contrafosos.

### Estabilidad química:

El material producto de la excavación de los túneles, en general, no presenta potencial de generación de ácido de roca (ARD). No obstante el proyecto ha contemplado las medidas de contingencia necesarias para el manejo en caso de ocurrencia, mediante un protocolo de identificación de potencial ARD en los frentes de excavación de los túneles y la habilitación, en casos excepcionales de material con potencial generación de ARD, de sitios especiales para su disposición definitiva (documento 20170503-MA-RPT: "Propuesta de medidas de contingencia para el manejo de marina con potencial de ARD" del 3 de mayo de 2017).

En definitiva la activación oportuno de los protocolos en cuestión, han sido efectivos en el control de marina ARD, evitando así una potencial contaminación de las aguas. Por lo anterior no se han registrado efectos ambientales por contaminación de las aguas por la no construcción de obras de manejo de aguas de lluvia, ya que existe un manejo adecuado y anticipado de material ARD, previo a su acopio.

## 8. REFERENCIAS

Informe de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) – Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (Exp. N° 105), destacando:

- Anexo 6 EIA - 3119-0000-MA-INF-004 Rev 0 – Plan de manejo ambiental para sitios de acopio de marina
- ADDENDA 1, ADDENDA 2, ADDENDA 3
- RCA 256/09
- Planos:
  - 020-TU-PLA-100 Rev C – SAM 1 y SAM 2
  - 020-TU-PLA-101 Rev C – SAM 3 y SAM 4
  - 020-TU-PLA-104 Rev E – SAM 8 y SAM 9
  - 020-TU-PLA-106 Rev E – SAM 13 y SAM 14

Además, el Cliente proporcionó la siguiente documentación:

- Protocolos ITO:
  - Protocolo 3483 – SAM 1
  - Protocolo 3450 – SAM 3
  - Protocolo 3451 – SAM 4
  - Protocolo 3357 – SAM 8
  - Protocolo 3437 – SAM 13
  - Protocolo 3482 – SAM 14
- Ingeniería Básica:
  - 601-CA-ETG-001 Rev 1 - Especificación técnica general: caminos de acceso y depósitos de marina
- Informe de fiscalización ambiental:
  - DFZ-2016-647-XIII-RCA-IA – Informe Ambiental
- Fotografías aéreas:
  - SAM 1
  - SAM 3
  - SAM 4
  - SAM 8
  - SAM 13
  - SAM 14
- Volúmenes aprobados y actuales
- Medidas de contingencia para el manejo de marina con potencial de ADR
- Informe técnico: Detección de marina con potencial de drenaje ácido – Reporte de Cierre (23-03-2017)
- Informe técnico: Detección de marina con potencial de drenaje ácido – Reporte de Cierre (02-05-2017)

**APÉNDICE A**

# ALTO MAIPO

Proyecto Hidroeléctrico  
Alto Maipo

Rosario Norte 532, Piso 19, Las Condes, Santiago, Chile  
Km. 14, Ruta Los Maitenes, San José de Maipo, Región  
Metropolitana, Chile

Tel: (+56) 2 2686 8900

Fax: (+56) 2 2686 8916

## Informe Técnico

Informe N°:	20170503-MA-RPT
Título:	Propuesta de Medidas de contingencia para el manejo de marina con potencial de ARD.
Planta:	Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
Participantes:	Andrés Cabello – Elio Bucarey – Raúl Caceres – Daniel Calderon

Fecha:	03 de Mayo 2017
Sección:	Control Ambiental
Responsable:	Nelson Saieg
Firma del responsable:	

### Resumen ejecutivo:

Este informe describe el procedimiento de identificación del potencial de drenaje ácido de roca (ARD) en los frentes de excavación de los túneles del Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) y la habilitación de sitios de disposición definitiva de dicho material, como medidas de contingencia que se pretenden implementar en cumplimiento de lo dispuesto en el considerando 7.4.3. de la Resolución de Calificación Ambiental N° 256/2009.

Condiciones de archivo
1.
2.
3.
4.

Distribución:	
No distribuir	
Distribución limitada	
Distribución Libre	
Especial	X

Este documento y todas sus secciones son propiedad de Alto Maipo SpA. No se autorizan copias a menos que exista autorización por escrito.  
Copias impresas son documentos no controlados.

# Contenido

1.- Introducción .....	3
2.- Propuesta de medidas de contingencia para disposición de marina con potencial de ARD .....	4
3.- Caracterización geológica de las rocas y determinación del destino de la marina extraída.....	4
3.1.- Determinación preliminar del destino de la marina extraída.....	4
3.2. Toma de muestras de roca desde los túneles.....	5
3.3.- Análisis de laboratorio de las muestras de roca.....	5
3.4. Escenarios para la toma de la decisión sobre el destino definitivo de las marinas .....	6
3.5.- Seguimiento del origen y del destino de las marinas .....	7
3.6.- Disposición definitiva de marina con potencial de ARD .....	8
4.- Control del volumen del material depositado y aguas generadas en el SAM de marina con potencial ARD .....	10
Anexos: Planos Depósitos de Marina con potencial de ARD .....	11
a.- 6271-HI-PLA-3000 Deposito de Marina 6 .....	11
b.- 6177-HI-PLA-0001 Depósito de Marina 3.....	11

## 1.- Introducción

El Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) ha implementado un programa de caracterización sistemática de la roca en los frentes de excavación de cada túnel, con la finalidad de establecer si los materiales extraídos tienen potencial de generación de drenaje ácido. Esta última información es utilizada para la gestión de los materiales de excavación de los túneles y su disposición apropiada en los Sitios de Acopio de Marina (SAM) del proyecto, con la finalidad de evitar la generación de drenaje ácido de roca (ARD por sus siglas en inglés) en dichos sitios.

En dicho marco y en cumplimiento a lo estipulado en el considerando 7.4.3 de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 256/2009, específicamente las medidas de contingencia asociadas a “Drenajes desde acopios de marinas o túneles”, el presente documento tiene por finalidad describir el procedimiento que actualmente desarrolla PHAM para la identificación del potencial ARD de la roca en los frentes de excavación y que incluye las medidas de contingencia para el manejo de estos materiales, consistentes en la habilitación de sitios de disposición definitiva de dicho material con impermeabilización del suelo, recuperación de drenaje y neutralización de las aguas previa a su descarga. Conforme a la citada exigencia, estas medidas deben ser consensuadas con la Autoridad Ambiental y contar con los permisos sectoriales aplicables, si correspondiere.

Al respecto, conviene hacer presente que las áreas que serán utilizadas para la habilitación de los sitios de disposición definitiva, como bien se pasará a exponer en esta presentación, corresponden a sitios de acopio de marina (SAM) que fueron objeto de evaluación ambiental según da cuenta la RCA 256/2009 y que cuentan con sus respectivos permisos sectoriales. En el mismo sentido, cabe tener en consideración que la neutralización de las aguas que pudiesen ser generadas desde los sitios de disposición definitiva, se efectuará en plantas de tratamiento de Riles que forman parte del proyecto evaluado ambientalmente y que cuentan con la respectiva autorización sanitaria. A continuación se entrega una síntesis del protocolo general del PHAM para identificar y gestionar de forma correcta la marina con potencial de generación de ARD, además de las medidas a implementar.



## **2.- Propuesta de medidas de contingencia para disposición de marina con potencial de ARD**

Como bien se indicase, conforme al considerando 7.4.3. de la RCA 256/2009, en caso que los test ABA y TCLP revelen la existencia de aguas acidas o básicas, el titular del proyecto se compromete a implementar medidas de contingencias que deberán ser consensuadas con la Autoridad Ambiental y que contará con todos los permisos ambientales sectoriales que sean aplicable.

En dicho contexto, a continuación se entrega una síntesis del protocolo general del PHAM para identificar y gestionar de forma correcta la marina con potencial de generación de ARD, que incluye como medida de contingencia el uso de los SAM como sitios de disposición definitiva de marina con potencial de ARD.

El protocolo en cuestión regula los siguientes aspectos referidos al manejo de marina con potencial de ARD:

- Caracterización geológica de las rocas y determinación del destino de la marina extraída.
  - Determinación preliminar del destino de la marina extraída.
  - Toma de muestras de roca desde los túneles.
  - Análisis de laboratorio de las muestras de roca.
  - Escenarios para la toma de decisión sobre el destino definitivo de las marinas.
  - Seguimiento del origen y del destino de las marinas.
  - Disposición definitiva de marina con potencial de ARD.
- Control de volumen de material depositado y aguas generadas en SAM de marina con potencial ARD.

## **3.- Caracterización geológica de las rocas y determinación del destino de la marina extraída.**

Durante el proceso de perforación en la frente de avance de cada túnel, el equipo de geólogos del proyecto realiza la evaluación geotécnica y geológica de los materiales presentes, esta información es registrada en informes técnicos preparados por el mismo equipo de geólogos, los cuales permiten identificar los materiales que potencialmente pueden ser generadores de ARD.

### **3.1.- Determinación preliminar del destino de la marina extraída**

El criterio experto del equipo de geólogos, en base a la evaluación durante el proceso de excavación, establece en primera instancia si el material examinado al interior de cada túnel presenta o no potencial, con lo cual se determina el destino de la roca extraída, de acuerdo a lo siguiente:

- a) Si la roca no tiene un potencial ácido, es dispuesta en los SAM para roca inerte.

- b) Si la roca tiene un potencial ácido, es dispuesta en un sitio de disposición acondicionado para evitar la exposición de las rocas a condiciones favorables para potenciales lixiviaciones generadas por ARD, que en la presente propuesta, según se expone, corresponden a los SAM N° 3 y N° 6 que operarán como sitios de disposición definitiva en caso que los análisis de laboratorio confirmen el potencial por ADR de la marina en ellos dispuesta.

### 3.2. Toma de muestras de roca desde los túneles

Junto con la aplicación del criterio experto del equipo de geólogos del PHAM para determinar el destino de la roca extraída, cada 25 a 50 metros se toman muestras de roca al interior de cada túnel conforme el avance de los trabajos de excavación, y también cuando se estima existe un cambio significativo en el tipo de roca.

Las muestras de roca son guardadas en bolsas resistentes con una etiqueta de identificación del túnel y ubicación específica del avance en la excavación (distancia o posición de avance del túnel en metros).

Las muestras son enviadas para su análisis a un laboratorio externo de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Obligatoria y sistemáticamente cada 10 muestras extraídas de cada túnel en construcción o bien la muestra que represente un avance de aproximadamente 500 m;
- b) A solicitud del equipo de geólogos, cuando la observación visual experta de la muestra extraída arroja señales de ser potencialmente generadora de drenaje ácido; o
- c) A solicitud del equipo de geólogos, con la finalidad de completar la descripción mineralógica de los materiales a lo largo del túnel.

Las muestras que no son sometidas a análisis químicos en laboratorio, son almacenadas con sus etiquetas de identificación.

### 3.3.- Análisis de laboratorio de las muestras de roca

Las pruebas utilizadas para determinar el potencial de generación de drenaje ácido de las muestras de roca son las siguientes:

- **Test ABA (*Acid-Base Accounting*)**: Balance entre los compuestos potencialmente generadores de ácido (minerales sulfurosos reactivos) y aquellos que son potencialmente neutralizadores de ácido en la muestra (carbonatos, hidróxidos, silicatos y arcillas).

**Tabla 1: Interpretación del Test ABA**

Potencial neto de neutralización (PNN)	Ratio del potencial de neutralización (PNR)	Interpretación
<20	1 a 3	Potencial marginal de generación de ácido

Entre -20 y 20	>3	Bajo potencial de generación de ácido
>20	>3	Bajo o nulo potencial de generación de ácido
Negativo	<1	Alto potencial de generación de ácido

Fuente: Andes Analytical Assay Ltda.

Dónde: PNN= PN (Potencial de neutralización) – PA (Potencial de acidez); PNR= PN/PA

El potencial de acidez (PA), se calcula por diferencia entre el azufre total y el azufre de sulfatos. Esto da como resultado el azufre de sulfuros, cuyo % se expresa como Kg de carbonato de calcio por tonelada de material.

- **Test TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*):** Procedimiento que utiliza un derivado del ácido acético como extractante (ácido débil) para determinar la movilidad de especies tóxicas orgánicas e inorgánicas presentes en la muestra.

También se considera la aplicación de las siguientes pruebas de laboratorio, en el caso de requerir descartar o confirmar algún resultado luego de aplicar las pruebas anteriores:

- **Test NAG (*Net Acid Generation*):** Establece el Potencial Neto de Generación de Ácido causado por una oxidación acelerada de los sulfuros, determinando la cantidad final de ácido producida luego del consumo de ácido por los álcalis contenidos en el material analizado.
- **Test SPLP (*Synthetic Precipitation Leaching Procedure*):** Procedimiento que utiliza ácido nítrico/sulfúrico como extractante (ácido fuerte) para determinar la movilidad de especies inorgánicas tóxicas presentes en la muestra.

Todas las pruebas de laboratorio son realizadas por un ente externo que cuenta con acreditación en el Sistema Nacional de Acreditación del INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN bajo Laboratorio de Ensayo según NCh-ISO 17025.Of2005 en el área química para minerales, concentrados y otros.

### 3.4. Escenarios para la toma de la decisión sobre el destino definitivo de las marinas

Las muestras que son enviadas para análisis permiten confirmar la evaluación que los geólogos realizan como primera instancia en terreno sobre el potencial ácido de las rocas extraídas en los frentes de excavación de los túneles, y en base a dichos resultados se pueden generar tres escenarios alternativos con respecto a la disposición definitiva de la marina extraída dispuesta inicialmente en un SAM acondicionado para marina con potencial ARD:

- **Escenario 1:** el análisis de laboratorio confirma la evaluación inicial que el geólogo realizó en origen, en el sentido que el material tiene potencial de ARD, y en consecuencia, la marina se ha dispuesto en el sitio acondicionado para este tipo de material.

- Escenario 2: el análisis de laboratorio descarta la evaluación inicial del geólogo sobre la potencialidad ARD del material, entonces la marina antes destinada a depósito para marina con ARD, puede ser dispuesta en el SAM para roca inerte.
- Escenario 3: este es un escenario de muy baja probabilidad, en el cual inicialmente el geólogo identificó en origen un material sin potencial ARD, y en consecuencia, la marina ha sido dispuesta en SAM para roca inerte. Transcurridos 15 días, los test ABA y/o TCLP, revelan preliminarmente un potencial ARD, entonces se aplican adicionalmente los test NAG y SPLP cuyos resultados están al día 30, confirmando o descartando la existencia de un potencial ARD del material.

De presentarse el Escenario 3, existe un riesgo potencial de lixiviación del material en cuestión dispuesto en SAM para roca inerte. Por lo tanto, confirmado el potencial que reveló el test ABA mediante la realización de test NAG y SPLP, la medida para controlar este riesgo es la remoción del material con potencial ARD desde el SAM actual para marina inerte, y disponerlo de forma definitiva en el SAM acondicionado para marina con potencial ARD.

### 3.5.- Seguimiento del origen y del destino de las marinas

El manejo de una situación del Escenario 3, como se ha dicho, de baja probabilidad de ocurrencia, requiere tener conocimiento preciso del origen y el lugar donde ha sido dispuesto el material en cuestión. Este conocimiento se apoya en la información que proveen los registros de dos instrumentos de terreno:

- **Registro de origen y destino de la marina.** Este registro identifica el lugar del depósito donde se encuentra el material para el cual el análisis de laboratorio reveló un potencial ARD.
- **Registro de Levantamiento topográfico de los SAM.** Corresponde a un levantamiento topográfico de los SAM, realizado por la Inspección Técnica de Obra de PHAM semanalmente. Este registro tiene como objetivo primario controlar el crecimiento de los SAM, llevando sistemáticamente la cubicación de la marina con respecto a la capacidad máxima dada por el diseño de cada depósito. Así también, permite identificar el lugar dentro del área de depósito donde se ha dispuesto la marina después de emitido el informe del levantamiento topográfico de la semana previa.

Con estos dos instrumentos es posible determinar el SAM, y específicamente el lugar dentro del SAM donde se ha dispuesto la marina en el último periodo. Lo anterior, mediante comparación directa (diferencia de cotas y cálculos topográficos) entre los registros topográficos consecutivos, además del volumen depositado diariamente.

Esto posibilita que en el caso de depositar marina con potencial ácido en algún SAM para roca inerte, sea removida y dispuesta de forma definitiva en el SAM acondicionado para marina con potencial ARD, si corresponde.



### 3.6.- Disposición definitiva de marina con potencial de ARD

Con el objeto de depositar de manera definitiva las marinas en las cuales se haya confirmado un potencial de generación ácido, y considerando criterios de ubicación geográfica, logística de transporte y capacidad, se determinó que los SAM que se habilitarán para disponer marina con potencial de ARD de forma definitiva serán el N° 3 y N° 6, ambos depósitos de marina evaluados en la RCA 256/2009.

A continuación se describen los SAM para disponer marina con potencial de ARD de forma definitiva:

- d) **SAM N°3:** Sitio de acopio de marina ubicado en el sector de Lo Encañado y que cuenta con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 70.000 m<sup>3</sup>, el cual será inicialmente destinado en su totalidad para ser utilizado en caso de encontrar marina con potencial ARD. La caracterización técnica de la alternativa de disposición propuesta se especifica en el Plano 6177-HI-PLA-0001 que se adjunta a esta presentación.

#### Ubicación SAM 3:



- e) **SAM N°6:** Sitio de acopio de marina ubicado en el sector de Aucayes Alto y que considerará disponer de una parte de su capacidad total para implementar un área de acopio de marina con potencial de ARD. Inicialmente el diseño corresponde a un área de acopio de marina con potencial de ARD que permitirá depositar definitivamente aproximadamente 15.000 m<sup>3</sup>, los cuales podrán ser ampliables de acuerdo a la necesidad del proyecto y a las cantidades reales de marina con potencial de ARD que identificada durante la construcción. La caracterización técnica de la alternativa de disposición propuesta se especifica en el Plano 6271-HI-PLA-3000 que se adjunta a esta presentación.

### Ubicación SAM 6:



La forma en que se habilitarán los SAM antes especificados, será la siguiente:

- **Preparación de plataforma.**

Se preparará una plataforma lisa que considere las pendientes necesarias para movilizar el agua hacia las líneas de recolección.

- **Instalación de capa de Geotextil**

Se instalará capa geotextil como una herramienta de separación y protección para la superficie de trabajo.

- **Instalación de capa de Geomembrana.**

Se instalará una capa de Geomembrana de material aislante para impedir el traspaso de agua desde el área para acopio de marina hacia el exterior.

- **Instalación de capa gravilla filtrante.**

Sobre las capas impermeabilizadoras se colocará una capa de gravilla filtrante, para protección del manto impermeable y para facilitar la conducción de aguas.

- **Sistema de colector de aguas de drenaje.**

Sobre las Geomembranas se instalará un sistema de recolección de aguas que consiste en una serie de tuberías perforadas y corrugadas que llevarán las aguas hacia una cámara de recolección.

- **Cámara de recepción de aguas de drenaje.**

Se instalará una cámara para la recepción de las aguas que pudiesen ser generadas desde el material almacenado. Esta cámara será estanca, contará con techumbre y tendrá un pretil que evite el ingreso de aguas lluvias.

Las aguas recuperadas en la cámara de recepción serán retiradas de forma periódica y trasladadas a las Plantas de Tratamiento de Riles autorizadas del PHAM para su neutralización y posterior disposición a cauce superficial o utilización en humectación cumpliendo en ambos casos con los estándares que correspondan.

- **Cobertura para el caso de lluvias:**

En caso que el área de acopio se encuentre en operación y las condiciones climáticas indiquen la presencia de precipitaciones de agua o nieve, se cubrirá la zona de acopio con una carpa de material aislante para impedir que las aguas lluvias lleguen directamente sobre el material almacenado y evitar el aumento de generación de aguas hacia la cámara de drenaje.

- **Cierre del acopio definitivo:**

Una vez alcanzada la capacidad máxima del depósito definitivo de marina con potencial ARD, este será cubierto con geomembrana, que permitirá aislar el material. Posteriormente, se instalará una capa geotextil y se dispondrá sobre dicha capa un material diferente al almacenado, que podrá ser marina inerte o material vegetal, dando cumplimiento a lo indicado respecto a los SAM en el Plan de Restauración de la Vegetación, Anexo 29 de la Evaluación de Impacto Ambiental del PHAM.

En Anexo I se entregan los planos donde se pueden revisar las principales características de los depósitos definitivos para el acopio de marina con potencial ARD (Acopios 3 y 6).

#### **4.- Control del volumen del material depositado y aguas generadas en el SAM de marina con potencial ARD**

Una vez identificado, sea a través del equipo de geólogos o los test ABA/TCLP, el potencial ARD de la marina generada en alguno de los túneles del PHAM, los controles a implementar son los siguientes:

- Medición de pH agua túnel: se medirá el pH del agua generada de los túneles y el agua captada en la cámara de captación de drenajes del sitio de marina con potencial ARD en forma diaria.
- Control de volumen de marina: se mantendrá un registro diario del volumen de marina con potencial ARD depositado en el sitio acondicionado para tales efectos.

- Medición del pH agua afluyente de la Planta de Tratamiento: se realizará un registro diario del pH en el afluyente generado desde la Planta de Tratamiento de Riles en la cual sean descargadas las aguas recuperadas en las cámaras de drenaje de los sitios de acopio de marina con potencial ARD.

### **Anexos: Planos Depósitos de Marina con potencial de ARD**

a.- 6271-HI-PLA-3000 Deposito de Marina 6

b.- 6177-HI-PLA-0001 Depósito de Marina 3



<b>ALTO MAIPO</b>	ANÁLISIS DE EFECTOS AMBIENTALES, CARGO N°5 RESOLUCIÓN EXENTA N°/ROL – D- 001-2017
	Rev. A

## **APÉNDICE B**

Rosario Norte 532, Piso 19, Las Condes, Santiago, Chile  
Km. 14, Ruta Los Maitenes, San José de Maipo, Región  
Metropolitana, Chile

Tel: (+56) 2 2686 8900  
Fax: (+56) 2 2686 8916

## Informe Técnico

Informe N°:	<b>20170323-MA-RPT</b>
Título:	<b>DETECCIÓN DE MARINA CON POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO – REPORTE DE CIERRE</b>
Planta:	<b>Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo</b>
Participantes:	<b>Raúl Cáceres - Luis Tovar – Andrea Acuña - Andrés Cabello</b>

Fecha:	23.03.2017
Sección:	Control Ambiental
Responsable:	Nelson Saieg
Firma del responsable:	

### Resumen ejecutivo:

Este documento, complementario al Informe Técnico 20170217-MA-RPT, tiene por objeto dar cierre al aviso de contingencia entregado a la Superintendencia de Medio Ambiente con fecha 17.02.2017. Dicho aviso fue realizado a través del Sistema de Seguimiento Ambiental, lo cual se certificó con el código RIA1989.

Condiciones de archivo
1.
2.
3.
4.

Distribución:	
No distribuir	
Distribución limitada	
Distribución Libre	
Especial	X

Este documento y todas sus secciones son propiedad de Alto Maipo SpA. No se autorizan copias a menos que exista autorización por escrito.  
Copias impresas son documentos no controlados.

# Contenido

1.	Resumen Ejecutivo .....	3
2.	Antecedentes de la contingencia .....	3
3.	Implementación del Protocolo de Manejo de Marina con Potencial de ARD en L-1 .....	4
4.	Confirmación de potencial de ARD en Marina L-1 y Cuantificación de la marina con potencial ácido	7
5.	Acopio definitivo de Marina con Potencial Acido.....	7
6.	Anexos .....	7

## **1. Resumen Ejecutivo**

Con fecha 17 de febrero de 2017, Alto Maipo, mediante Informe Técnico 20170217-MA-RPT remitido a la SMA a través del Sistema de Seguimiento Ambiental en su Plataforma de Incidentes, dió aviso de la aplicación del protocolo de manejo aplicado en el túnel L-1 Las Lajas, para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), y de la adopción de las medidas de manejo inmediatas adoptadas en el marco de del cumplimiento del considerando 7.4.3 de la RCA 256/2009 por la cual se califica ambientalmente el Proyecto Alto Maipo.

El citado considerado establece las medidas de control para riesgos identificados en la evaluación ambiental, entre los cuales se encuentra, la posibilidad de drenaje ácido desde la marina, estableciendo que en el caso que los test ABA y TCLP revelen la existencia de éste, el Titular se compromete como medida de contingencia la habilitación de un sistema de impermeabilización de suelo, recuperación de drenajes y neutralización de aguas previas a la descarga. Estas medidas u otras deben ser consensuadas con la Autoridad Ambiental.

A través del presente documento se informan las medidas adoptadas para cerrar la contingencia, según lo especificado en la misma resolución de calificación ambiental.

En resumen, las medidas adoptadas, posteriores a la fecha del anterior reporte, fueron las siguientes: Acopio transitorio de marina, recuperación de drenajes y neutralización de aguas previas a la descarga.

En función de los últimos resultados del test ABA y TCLP realizados a las muestras de roca extraída de la construcción del Túnel L-1, las cuales muestran un bajo o nulo potencial de generación ácido, se determinó a partir del día 29 de febrero 2017 retomar el procedimiento normal de disposición de Marina y dar cierre a la contingencia.

## **2. Antecedentes de la contingencia**

En el proceso de excavación de túneles, ya sea mediante el método tradicional con perforación y tronadura (D&B) o excavación con tuneladora (TBM), se realizan sistemáticamente sondajes exploratorios previo al avance de la excavación, con la finalidad de evaluar las características y condiciones geotécnicas de la roca y detectar situaciones que requieran manejo especial según lo establecido en el Anexo 6 del EIA. Este proceso se realiza de manera continua, sistemática y progresiva en todos los túneles del Proyecto Alto Maipo bajo la supervisión técnica de un equipo de profesionales geólogos y geotécnicos.

El 7 de febrero de 2017, específicamente en el sondaje exploratorio realizado en el Túnel L-1 (Las Lajas) desde el pK 1+158.2 hasta el pK 1+190.2, los geólogos identificaron en el tramo 1+162.2 a 1+188.2 (30 m) la presencia de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), mineral con potencial para generación de drenaje ácido. Dado lo anterior, se dio inicio al protocolo establecido para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), con la suspensión inmediata del traslado de marina desde la plataforma de recepción de la correa transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina No. 12 (SAM 12). Cabe señalar que en la plataforma se encontraba la marina acopiada desde el pK 1+158.9 (Turno A), es decir, no hubo traslado de marina con potencial ácido hacia el SAM 12.

A este respecto, es importante señalar que en cumplimiento de las disposiciones señaladas en el considerando 7.4.2 de la RCA:



- El Titular realizó los sondeos exploratorios para anticipar la presencia de material ARD e implementó las medidas de manejo y aislamiento del material para su adecuada disposición. Los materiales identificados con presencia de pirita fueron enviados a laboratorio para la verificación del potencial de generación de drenaje ácido mediante test ABA y TCLP.
- Los resultados de los test ABA y TCLP fueron recibidos a partir del día 17 de febrero de 2017 por parte del Laboratorio Externo Andes Analytical Assay LTDA.
- Mediante informe de incidente de fecha 17/02/2017, Alto Maipo SpA, informó a la SMA los resultados que constataron la presencia de marina con potencial de generar drenaje ácido y las medidas adoptadas.

### 3. Implementación del Protocolo de Manejo de Marina con Potencial de ARD en L-1

El protocolo implementado para el manejo de marina con potencial para generar drenaje ácido contempla medidas para la separación y manejo de la marina en el sitio de extracción, así como su transporte y acopio en un sitio transitorio para su posterior disposición final, también manejo de aguas de contacto en el sitio de extracción y en el sitio de disposición transitorio, y traslado de estas aguas para su tratamiento.

La implementación de lo anterior se ha realizado a través de:

- 3.1 La marina llega inicialmente desde el interior del túnel a la plataforma de descarga de la correa transportadora que extrae la marina desde el interior del túnel L1, la plataforma está compuesta por una losa de hormigón y cuenta con un sistema de drenaje ciego.
- 3.2 Desde el 7 de febrero, la marina fue aislada y segregada en esta plataforma, evitando cualquier tipo de contacto hacia el entorno.
- 3.3 Junto con lo anterior se tomaron muestras representativas de marina para su análisis en laboratorio mediante los Test ABA y TCLP según lo establecido en la RCA y protocolo de manejo interno., conforme al detalle que se indica a continuación:

**Tabla 1 Identificación de muestras enviadas para análisis**

Fecha	pK	No. Solicitud	Identificación
09/02/2017	1+171.4	76	80913
10/02/2017	1+171.8	77	75199
10/02/2017	1+175.0	77	80914
13/02/2017	1+176.3	78	74895
20/02/2017	1+213.1	80	80920
24/02/2017	1+223.4	81	80923
27/02/2017	1+227.9	82	80927

- 3.4 Entre los días 8 y 10 de febrero, se habilitó en el SAM 9 un acopio transitorio para marina con potencial ARD. Este sitio cuenta con geotextil y liner que garantizan la impermeabilización del suelo, cuenta con recuperación de drenajes y dispone de un sistema de recepción de estas aguas de 5.000 m<sup>3</sup> capacidad.
- 3.5 Las aguas captadas tanto en la plataforma de descarga L-1 (sistema de drenaje ciego L-1) y sistema de recuperación de drenajes en acopio especial del SAM-9 fueran llevadas a la Planta de Tratamiento de Riles del sector VL-8, autorizada mediante Resolución Exenta 14142/2015 de la SEREMI de Salud de la RM.
- 3.6 Desde del 10 de febrero y hasta el 28 de febrero, se trasladó la marina acopiada en la plataforma de descarga de TBM del L-1 al acopio transitorio para marina con potencial ARD del SAM 9, llevándose un control de volumen diario según lo presentado en la Tabla 2.

**Tabla 2 Volumen depositado en Acopio Especial**

Fecha	Volumen (m³)
10-02-2017	315
11-02-2017	260
12-02-2017	0
13-02-2017	380
14-02-2017	360
15-02-2017	300
16-02-2017	180
17-02-2017	240
18-02-2017	260
19-02-2017	0
20-02-2017	300
21-02-2017	260
22-02-2017	340
23-02-2017	276
24-02-2017	320
25-02-2017	140
26-02-2017	0
27-02-2017	260
28-02-2017	320
<b>TOTAL (m3)</b>	<b>4.511</b>

- 3.7 Hasta el 28-02-2017 mediante camión cisterna se retiraron 3.500 litros desde el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM-9, para tratamiento en la Planta de VL-8.
- 3.8 Hasta el 28-02-2017 mediante camión cisterna se retiraron 260 m³ desde sistema de drenaje ciego L-1 para tratamiento en la Planta de VL-8.
- 3.9 Se realizó medición de los parámetros de pH, turbiedad y temperatura de los drenajes recuperados del acopio transitorio del SAM 9, previo tratamiento en la Planta de VL8. Los resultados son los siguientes:

**Tabla 3 Registros pH, T° y Turbiedad aguas recuperadas drenaje SAM 9**

Fecha y Hora	pH	Temperatura °C	Turbiedad (NTS)
17-02-2017 15:46	9,05	22,55	2,4
20-02-2017 16:20	9,52	21,32	6,6
21-02-2017 17:00	8,67	20,35	2,5
22-02-2017 14:30	9,03	20,78	7,2
23-02-2017 14:35	9,56	21,66	7,1
24-02-2017 16:35	9,24	22,32	5,4
27-02-2017 15:24	9,38	21,12	5,6
28-02-2017 15:15	8,67	21,79	4,7
01-03-2017 14:45	10,12	20,18	8,9
02-03-2017 15:39	10,11	19,25	10,1
03-03-2017 15:39	9,89	19,13	9,2
06-03-2017 16:28	9,78	19,17	2,5

El pH del agua que aflora de la construcción en esa sección muestra los siguientes resultados:

**Tabla 4 Registros pH, T° y conductividad agua aflorada**

Fecha	PK	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS)
16-01-2017	1+103	9.6	19.5	114.4
21-01-2017	1+117	9.7	18.8	63.0
25-01-2017	1+135	9.6	21.0	123.0
02-02-2017	1+151	10.4	22.8	206.0
07-02-2017	1+167	10.1	22.0	215.0
12-02-2017	1+184	9.0	21.0	139.0
16-02-2017	1+200	8.8	19.0	151.0
21-02-2017	1+214	8.6	21.0	153.8

De acuerdo a la información presentada en las tablas anteriores, se puede verificar que el PH de las aguas recuperadas del drenaje del SAM 9 y el pH de las aguas que afloran del túnel L1 posee características alcalinas.

Además, se tomaron muestras diarias de pH a la salida de la planta de VL8. Es importante señalar que esta planta no está descargando a cauces superficiales, por lo que el agua tratada es utilizada para humectación de caminos y procesos constructivos.

En la siguiente tabla se detalla el promedio diario de pH a la salida de la planta de tratamiento de Riles de VL8:

**Tabla 5 Registros pH, T° efluente PT Riles**

Fecha	pH efluente VL8
17-02-2017	7,7
18-02-2017	7,6
19-02-2017	7,9
20-02-2017	7,6
21-02-2017	7,9
23-02-2017	7,6
24-02-2017	7,1
25-02-2017	7,1
26-02-2017	7,5
27-02-2017	7,4
28-02-2017	7,4
01-03-2017	7,5
02-03-2017	7,4
03-03-2017	7,3
04-03-2017	7,7
05-03-2017	7.8

Con los datos anteriores se puede verificar que los valores de pH se encuentran dentro de los límites que establece la normativa aplicable.

Cabe señalar, que cualquier drenaje que se produzca en el futuro desde el sitio transitorio habilitado en el SAM 9, será trasladado a la planta de tratamiento de Riles de VL8.

#### 4. Confirmación de potencial de ARD en Marina L-1 y Cuantificación de la marina con potencial ácido

En el periodo comprendido entre el 17 de febrero de 2017 y el 27 de febrero de 2017 se recibieron los resultados de los ensayos ABA y TCLP, elaborados por el Laboratorio Externo Andes Analytical Assay LTDA, que se acompañan en Anexo de este informe. Los resultados de los ensayos corresponden a los siguientes:

**Tabla 6 Resultados ensayos test ABA y TCLP**

Id	Fecha	Pk	Potencial Acido
80913	09/02/2017	1+171.4	Positivo
75199	10/02/2017	1+171.8	Positivo
80914	10/02/2017	1+172.0	Positivo
74895	13/02/2017	1+176.3	Positivo
80920	20/02/2017	1+213.1	Negativo
80923	24/02/2017	1+223.4	Negativo
80927	27/02/2017	1+227.9	Negativo

Según los resultados de los ensayos generados en el frente de trabajo de L-1, la marina con potencial de generación ácido corresponde al tramo entre el pk 1+158.9 al pk 1+213.1, no obstante, dado el desfase del día que se toma la muestra y la comprobación de potencial ARD que entrega el laboratorio, el traslado de marina desde la plataforma de descarga de TBM del L-1 al acopio transitorio para marina con potencial ARD del SAM 9 continuó hasta el pk 1+240, correspondiente al día 28-02-2017, totalizando 4.511 m<sup>3</sup> de marina en el sitio transitorio para marina con potencial ARD.

A la fecha los análisis de roca extraída desde el Túnel L-1 y los otros túneles del Proyecto se ejecutan normalmente de acuerdo al protocolo.

#### 5. Acopio definitivo de Marina con Potencial Acido

En paralelo al manejo transitorio de marina con potencial ARD realizado durante el periodo de contingencia, se ha elaborado una propuesta para la habilitación de un acopio definitivo como depósito de marina con potencial ARD en una sección del depósito de marina N°06 (SAM6), con una capacidad para 15.000 m<sup>3</sup>. En caso de encontrarse nuevamente marina con potencial ARD, está será depositada en el sitio de acopio definitivo señalado en el párrafo anterior. Además, la marina acopiada en el sitio temporal habilitado en el SAM 9, será trasladada al acopio definitivo una vez se encuentre operativo. Los antecedentes conceptuales de este acopio definitivo para marina ARD se pondrán a disposición de la Superintendencia del Medio Ambiente para ser consensuados e implementados.

#### 6. Anexos

6.1. Copia de comprobante de reporte en plataforma seguimiento ambiental SMA, código RIA1989.

6.2. Figura Plataforma de descarga de TBM del L-1

6.3. Informes de ensayos Andes Analytical



#### **Anexo 6.1**

**Copia de comprobante de reporte en plataforma Seguimiento Ambiental SMA, código  
RIA1989.**

17/2/2017



Superintendencia  
del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

### COMPROBANTE REPORTE DE AVISO/CONTINGENCIA/INCIDENTE

La División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente informa a Ud, que se ha recibido mediante el Sistema de Seguimiento Ambiental la siguiente información:

<b>Plan de Contingencia:</b>	SI		
<b>Proyecto:</b>	PROYECTO HIDROELECTRICO ALTO MAIPO EXP, N°105		
<b>Titular:</b>	ALTO MAIPO SPA.		
<b>Resolución Exenta N°:</b>	256	<b>Organismo:</b>	
<b>Año:</b>	2009	<b>Región:</b>	Región Metropolitana
<b>Considerando:</b>	7,4,3 Medidas de Control de Accidentes	<b>Condiciones, compromisos o medidas de la RCA:</b>	En caso que los test ABA y TCLP, revelen la existencia de aguas ácidas o básicas, el Titular se compromete a implementar como medida contingencia la habilitación de un sistema de impermeabilización del suelo, recuperación de drenajes, y neutralización de las aguas previa descarga.
<b>Fecha y Hora del Aviso/Contingencia/Incidente</b>	17-02-2017 12:20:00		
<b>Tipo Aviso/Contingencia/Incidente:</b>	- Fallas operacionales o en sistemas de control		
<b>Dirección:</b>	Camino Al Volcán 8899, San José de Maipo, Chile		
<b>Descripción:</b>	El 7 de febrero de 2017, el equipo de geología detectó mediante el sondaje exploratorio en el Túnel L-1 (Las Lajas) realizado entre los pK 1+158,2 a 1+190,2 la presencia de trazas de Pirita (FeS <sub>2</sub> ), mineral potencialmente generador de drenaje ácido. Por lo anterior, desde el día que el profesional geólogo detectó la presencia de Pirita, se implementaron las acciones establecidas en el plan de contingencia de la RCA 256/2009, y el material fue aislado y dispuesto en un lugar acondicionado para tales efectos. Siguiendo el protocolo interno, inmediatamente se enviaron muestras del material de dicho sondaje para la realización de test ABA y TCLP al laboratorio Andes Analytical Assay LTDA. El resultado de estos análisis fue informado a Alto Maipo el día 17 de febrero 2017, en particular el test ABA confirmó un alto potencial de generación de ácido en la muestra. Cabe mencionar que no se generó afectación a ningún componente ambiental y se activo el protocolo detallado en el adjunto.		
<b>Componente Ambiental Afectada</b>	- Suelo		
<b>Medidas Implementadas:</b>	1.- Suspensión de traslado de marina desde la plataforma de recepción de la banda transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina N° 12, 2.- Disposición del material con potencial ácido en sitio de acopio de marina impermeabilizado y con recuperación de drenaje. 3.- Las aguas recuperadas hasta el momento han sido dispuestas en la Planta de Tratamiento de Riles VL7-VL8 para su tratamiento. El detalle de medidas y protocolo implementado se entrega en el documento adjunto. ;		
<b>Los documentos adjuntos:</b>	Documento Incidente - 20170217-MA-RPT_Deteccion Marina con Potencial de Drenaje Acido.pdf		



Cod: RIA1989  
Fecha: 17-02-2017 23:20:34



El presente certificado únicamente da cuenta de la recepción de la información reportada en el Sistema de Seguimiento Ambiental, cuya integridad y veracidad es de exclusiva responsabilidad del titular del proyecto.

Figura 6.2 Plataforma de descarga de TBM del L-1



### **Anexo 6.3**

#### **Informes de ensayos Andes Analytical**





**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716374

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 78

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 17 de Febrero de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80913	4.901300	23.666300	-18.765000	0.207200	Alto potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80913	4.9200	23.9375	-18.5467	0.2252	Alto potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716374

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 78

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 17 de Febrero de 2017

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80913	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80913	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
 Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716414

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 77

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
 DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
 PROYECTO: PHAM  
 TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
75199	3.957604	41.284375	-37.326700	0.095864	Alto potencial de generación de ácido
80914	6.617983	32.384375	-25.766400	0.204358	Alto potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
75199	3.851318	41.700000	-37.848700	0.092357	Alto potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
 Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
 Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716414

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 77

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
 DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
 PROYECTO: PHAM  
 TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
75199	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
80914	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
75199	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
 Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716426

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 78

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
74895	17.2392	31.8625	-14.6233	0.5514	Alto potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
74895	16.9618	31.8063	-14.8445	0.5333	Alto potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO K <sub>d</sub> DE CaCO <sub>3</sub> /TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716426

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 78

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
74895	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
74895	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716611

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 80

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80920	8.3096	7.5719	0.7977	1.1054	

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80920	8.1450	7.6156	0.5294	1.0695	Potencial marginal de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N.  
Gerente Aseguramiento de Calidad

6 HECTOR VARGAS A.  
Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716611

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 80

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 02 de Marzo de 2017

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80920	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80920	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N.  
Gerente Aseguramiento de Calidad

6 HECTOR VARGAS A.  
Gerente General

Pág. 1 / 1





**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716686

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 81

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.

DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO

PROYECTO: PHAM

TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 06 de Marzo de 2017

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80923	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Hg	Pb	Se
Name	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
80923	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N.  ó HECTOR VARGAS A.   
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: FE1716686

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 81

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.

DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO

PROYECTO: PHAM

TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 06 de Marzo de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80923	12.3980	0.1031	12.2929	120.1358	Bajo potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	(Kg CaCO3/T)	
80923	12.0792	0.0938	11.9854	128.7761	Bajo potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N.  ó HECTOR VARGAS A.   
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1





**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: MZ1716773

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 82

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 09 de Marzo de 2017

Sample Name	PN (Kg CaCO3/T)	PA (Kg CaCO3/T)	PNN (PN-PA) (Kg CaCO3/T)	PNR(PN/PA) (Kg CaCO3/T)	Según los resultados, las muestras presentan:
80927	20.4529	0.0094	20.4435	2175.8400	Bajo o nulo potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample Name	PN (Kg CaCO3/T)	PA (Kg CaCO3/T)	PNN (PN-PA) (Kg CaCO3/T)	PNR(PN/PA) (Kg CaCO3/T)	Según los resultados, las muestras presentan :
80927	19.9040	0.0094	19.8946	2117.4500	Bajo o nulo potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Total 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: MZ1716773

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 82

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 09 de Marzo de 2017

Sample Name	Ag (mg/l)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)
80927	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
Valor máx. Permitido (D.S.N°148)	5.0	5.0	100	1.00	5.0	0.2	5.0	1.00

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample Name	Ag (mg/l)	As (mg/l)	Ba (mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	Se (mg/l)
80927	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02
BK	<0.1	<0.1	<2	<0.02	<0.1	<0.05	<0.1	<0.02

CONCLUSIÓN : Según los antecedentes presentados en este reporte de análisis, la aplicación del TEST TCLP (US EPA Method 1311), indica que NINGUNA muestra, presenta la característica de toxicidad por lixiviación

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1

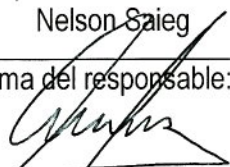
**APÉNDICE C**

Rosario Norte 532, Piso 19, Las Condes, Santiago, Chile  
Km. 14, Ruta Los Maitenes, San José de Maipo, Región  
Metropolitana, Chile

Tel: (+56) 2 2686 8900  
Fax: (+56) 2 2686 8916

## Informe Técnico

Informe N°:	20170502-MA-RPT
Título:	DETECCIÓN DE MARINA CON POTENCIAL DE DRENAJE ÁCIDO – REPORTE DE CIERRE
Planta:	Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo
Participantes:	Raúl Cáceres - Luis Tovar

Fecha:	02 de Mayo 2017
Sección:	Control Ambiental
Responsable:	Nelson Saieg
Firma del responsable:	

### Resumen ejecutivo:

Este documento, complementario al Informe Técnico 170417-MA-RPT, tiene por objeto dar cierre al aviso de contingencia entregado a la Superintendencia de Medio Ambiente con fecha 17.04.2017. Dicho aviso fue realizado a través del Sistema de Seguimiento Ambiental, lo cual se certificó con el código RIA2261.

Condiciones de archivo
1.
2.
3.
4.

Distribución:	
No distribuir	
Distribución limitada	
Distribución Libre	
Especial	X

# Contenido

- 1. Resumen Ejecutivo .....3
- 2. Antecedentes de la contingencia .....3
- 3. Implementación del Protocolo de Manejo de Marina con Potencial de ARD en L-1 .....4
- 4. Confirmación potencial de ARD en Marina VA-2 y Cuantificación marina con potencial ácido.....6
- 5. Acopio definitivo de Marina con Potencial Acido.....6
- 6. Anexos .....7

## 1. Resumen Ejecutivo

Con fecha 17 de abril de 2017, Alto Maipo, mediante Informe Técnico 170417-MA-RPT remitido a la SMA a través del Sistema de Seguimiento Ambiental en su Plataforma de Incidentes, dió aviso de la aplicación del protocolo de manejo aplicado en el túnel VA-2, para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), y de la adopción de las medidas de manejo inmediatas adoptadas en el marco del cumplimiento del considerando 7.4.3 de la RCA 256/2009 por la cual se califica ambientalmente el Proyecto Alto Maipo.

El citado considerado establece las medidas de control para riesgos identificados en la evaluación ambiental, entre los cuales se encuentra, la posibilidad de drenaje ácido desde la marina, estableciendo que en el caso que los test ABA y TCLP revelen la existencia de éste, el Titular se compromete como medida de contingencia a la habilitación de un sistema de impermeabilización de suelo, recuperación de drenajes y neutralización de aguas previas a la descarga. Estas medidas u otras deben ser consensuadas con la Autoridad Ambiental.

A través del presente documento se informan las medidas adoptadas para cerrar la contingencia, según lo especificado en la misma Resolución de Calificación Ambiental.

En resumen, las medidas adoptadas, posteriores a la fecha del anterior reporte, fueron las siguientes: acopio transitorio de marina, recuperación de drenajes y neutralización de aguas previas a la descarga.

En función de los últimos resultados del test ABA y TCLP realizados a las muestras de roca extraída de la construcción del Túnel VA-2, las cuales muestran un nulo potencial de generación ácido, se determinó a partir del día 25 de abril 2017 retomar el procedimiento normal de disposición de Marina y dar cierre a la contingencia.

## 2. Antecedentes de la contingencia

En el proceso de excavación de túneles, ya sea mediante el método tradicional con perforación y tronadura (D&B) o excavación con tuneladora (TBM), se realizan sistemáticamente sondajes exploratorios previo al avance de la excavación, con la finalidad de evaluar las características y condiciones geotécnicas de la roca y detectar situaciones que requieran manejo especial según lo establecido en el Anexo 6 del EIA. Este proceso se realiza de manera continua, sistemática y progresiva en todos los túneles del Proyecto Alto Maipo bajo la supervisión técnica de un equipo de profesionales geólogos y geotécnicos.

El 01 de abril de 2017, específicamente en el sondaje exploratorio realizado en el Túnel VA-2 desde el pK 2+280.0 hasta el pK 2+306.6, los geólogos identificaron en la sección del pk 2+292 la presencia de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), mineral con potencial para generación de drenaje ácido. Dado lo anterior, se dio inicio al protocolo establecido para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARD), con la suspensión inmediata del traslado de marina desde la plataforma de recepción de la correa transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina No. 5.

A este respecto, es importante señalar que en cumplimiento de las disposiciones señaladas en el considerando 7.4.2 de la RCA:

- El Titular realizó los sondajes exploratorios para anticipar la presencia de material ARD e implementó las medidas de manejo y aislamiento del material para su adecuada disposición. Los materiales identificados con presencia de pirita fueron enviados a laboratorio para la verificación del potencial de generación de drenaje ácido mediante test



ABA y TCLP.

- Los resultados de los test ABA y TCLP fueron recibidos a partir del día 17 de abril de 2017 por parte del Laboratorio Externo Andes Analytical Assay LTDA.
- Mediante informe de incidente de fecha 17/04/2017, Alto Maipo SpA, informó a la SMA los resultados que constataron la presencia de marina con potencial de generar drenaje ácido y las medidas adoptadas.

### 3. Implementación del Protocolo de Manejo de Marina con Potencial de ARD en L-1

El protocolo implementado para el manejo de marina con potencial para generar drenaje ácido contempla medidas para la separación y manejo de la marina en el sitio de extracción, así como su transporte y acopio en un sitio transitorio para su posterior disposición final, también manejo de aguas de contacto en el sitio de extracción y en el sitio de disposición transitorio, y traslado de estas aguas para su tratamiento.

La implementación de lo anterior se ha realizado a través de:

- 3.1 La marina llega inicialmente desde el interior del túnel a la plataforma de descarga de la correa transportadora que extrae la marina desde el interior del túnel VA-2, la plataforma está compuesta por una losa de hormigón y cuenta con un sistema de drenaje.
- 3.2 Desde el 01 de abril, la marina fue aislada y segregada en esta plataforma, evitando cualquier tipo de contacto hacia el entorno.
- 3.3 Junto con lo anterior se tomaron muestras representativas de marina para su análisis en laboratorio mediante los Test ABA y TCLP según lo establecido en la RCA y protocolo de manejo interno, conforme al detalle que se indica a continuación:

**Tabla 1 Identificación de muestras enviadas para análisis**

Fecha	pK	No. Solicitud	Identificación
01/04/2017	2+292	85	80943
09/04/2017	2+330	86	80945
12/04/2017	2+354	87	80948

- 3.4 Como ya fue declarado en el reporte técnico 20170217-MA-RPT, notificado a la Superintendencia de Medio Ambiente con el certificado código RIA1989 de fecha 17.02.2017 ingresado al Sistema de Seguimiento Ambiental, entre los días 8 y 10 de febrero, se habilitó en el SAM 9 un acopio transitorio para marina con potencial ARD. Este sitio cuenta con geotextil y polietileno que garantizan la impermeabilización del suelo, con recuperación de drenajes y dispone de un sistema de recepción de aguas de drenaje para su tratamiento. En esta instalación, se optimizaron las condiciones para contar con una capacidad mayor a la previamente utilizada durante la recepción de marina con potencial ácido generada por el túnel L-1.
- 3.5 Los días 10 y 11 de abril 2017 se habilitó un segundo acopio temporal de marina con potencial ácido ARD dentro del SAM 6.
- 3.6 Se estableció que las aguas captadas en el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM 9 fueran llevadas a la Planta de Tratamiento de Riles del sector

VL-8, autorizada mediante Resolución Exenta 14142/2015 de la SEREMI de Salud de la RM. No obstante lo anterior, el túnel VA-2 posee características secas, lo que genera que la extracción y manejo de marina sea un proceso principalmente seco.

- 3.7 Desde del 03 de abril y hasta el 25 de abril, se trasladó la marina acopiada en la plataforma de descarga de TBM del VA-2 a los acopios transitorios para marina con potencial ARD del SAM 9 y SAM 6, llevándose un control de volumen diario según lo presentado en la Tabla 2.

**Tabla 2 Volumen depositado en Acopios ARD**

Fecha	Volumen (m³)	Destino
03-04-2017	180	SAM 9
04-04-2017	180	SAM 9
05-04-2017	400	SAM 9
08-04-2017	360	SAM 9
09-04-2017	320	SAM 9
10-04-2017	240	SAM 9
12-04-2017	100	SAM 6
18-04-2017	580	SAM 9
19-04-2017	300	SAM 6
25-04-2017	860	SAM 6
<b>TOTAL (m3)</b>	<b>3520</b>	

- 3.8 Hasta el 25-04-2017 mediante camión cisterna se retiraron 750 litros desde el sistema de recuperación de drenajes en acopio transitorio del SAM-9, para tratamiento en la Planta de VL-8.

- 3.9 Se realizó medición de los parámetros de pH, turbiedad y temperatura de los drenajes recuperados del acopio transitorio del SAM 9, previo tratamiento en la Planta de VL8. Los resultados son los siguientes:

Fecha y Hora	pH	Temperatura (°C)	Conductividad
17-04-2017	8.43	17.6	3073

De acuerdo a la información presentada en la tabla anterior, se puede verificar que el PH de las aguas recuperadas del drenaje del SAM 9 posee características alcalinas.

Además, se tomaron muestras de pH a la salida de la planta de VL8. Es importante señalar que esta planta no está descargando a cauces superficiales, por lo que el agua tratada es utilizada para humectación de caminos y procesos constructivos.

En la siguiente tabla se detalla el pH registrado a la salida de la planta de tratamiento de Riles de VL8:

Fecha	pH efluente PT Riles VL8
25-04-2017	8.40

Con los datos anteriores se puede verificar que los valores de pH se encuentran dentro de los límites que establece la normativa aplicable.

Cabe señalar, que cualquier drenaje que se produzca en el futuro desde el sitio transitorio habilitado en el SAM 9, será trasladado a la planta de tratamiento de Riles de VL8.

#### 4. Confirmación potencial de ARD en Marina VA-2 y Cuantificación marina con potencial ácido

En el periodo comprendido entre el 01 de abril de 2017 y el 25 de abril de 2017 se recibieron los resultados de los ensayos ABA y TCLP, elaborados por el Laboratorio Externo Andes Analytical Assay LTDA, que se acompañan en Anexo 6.2 de este informe. Los resultados de los ensayos corresponden a los siguientes:

Id	Fecha	Pk	Potencial Acido
80943	17/04/2017	2+292	Positivo
80945	25/04/2017	2+330	Negativo
80948	26/04/2017	2+354	Negativo

Según los resultados de los ensayos generados en el frente de trabajo de VA-2, la marina con potencial de generación ácido corresponde al tramo entre el pk 2+292 al pk 2+330, no obstante, dado el desfase del día que se toma la muestra y la comprobación de potencial ARD que entrega el laboratorio, el traslado de marina desde la plataforma de descarga de TBM del VA-2 a los acopios transitorios para marina con potencial ARD del SAM 9 y SAM 6 continuó hasta el pk 2+450, correspondiente al día 25-04-2017, totalizando 3.520 m<sup>3</sup> de marina depositada en los sitios transitorios para marina con potencial ARD.

A la fecha los análisis de roca extraída desde el Túnel VA-2 y los otros túneles del Proyecto se ejecutan normalmente de acuerdo al protocolo.


#### 5. Acopio definitivo de Marina con Potencial Acido

En paralelo al manejo transitorio de marina con potencial ARD realizado durante el periodo de contingencia, se ha elaborado una propuesta para la habilitación de un acopio definitivo como depósito de marina con potencial ARD en una sección del depósito de marina N°06 (SAM6), con una capacidad para 15.000 m<sup>3</sup>. En caso de encontrarse nuevamente marina con potencial ARD, esta será depositada en el sitio de acopio definitivo señalado en el párrafo anterior. Además, la marina acopiada en los sitios temporales habilitados en el SAM 9 y SAM 6, será trasladada al acopio definitivo una vez se encuentre operativo. Los antecedentes conceptuales de este acopio definitivo para marina ARD se pondrán a disposición de la Superintendencia del Medio Ambiente para ser consensuados e implementados.

## 6. Anexos

### 6.1. Copia de comprobante de reporte en plataforma SNIFA, código RIA2261.

TS/2017

 **SMA** Superintendencia del Medio Ambiente Gobierno de Chile

**COMPROBANTE REPORTE DE AVISO/CONTINGENCIA/INCIDENTE**


La División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente informa a Ud. que se ha recibido mediante el Sistema de Seguimiento Ambiental la siguiente información:

<b>Plan de Contingencia:</b>	SI		
<b>Proyecto:</b>	PROYECTO HIDROELECTRICO ALTO MAIPO EXP. N°105		
<b>Titular:</b>	ALTO MAIPO SPA.		
<b>Resolución Exenta N°:</b>	256	<b>Organismo:</b>	
<b>Año:</b>	2009	<b>Región:</b>	Región Metropolitana
<b>Considerando:</b>	7.4.3 Medidas de Control de Accidentes	<b>Condiciones, compromisos o medidas de la RCA:</b>	En caso que los test AHA y TCLP, revelen la existencia de aguas ácidas o básicas, el Titular se compromete a implementar como medida contingencia la habilitación de un sistema de impermeabilización del suelo, recuperación de drenajes, y neutralización de las aguas previa descarga.
<b>Fecha y Hora del Aviso/Contingencia/Incidente:</b>	17-04-2017 9:00:00		
<b>Tipo Aviso/Contingencia/Incidente:</b>	- Fallas operacionales o en sistemas de control		
<b>Dirección:</b>	Camino Al Altiplano S02, San José de Maipo, Chile		
<b>Descripción:</b>	El 01 de abril de 2017, el equipo de geología detectó mediante el sondeo exploratorio en el Túnel VA-2, específicamente en el pk 2+292 la presencia de Piritas (FeS <sub>2</sub> ), mineral con probabilidad de generación de drenaje ácido de roca. Por lo anterior se dio aviso al contratista Sotobag para que se diera inicio al protocolo establecido para manejo de marina con potencial de generación de drenaje ácido (ARA) y a partir de ese momento, se suspendió el traslado de marina desde la plataforma de recepción de la banda transportadora de la TBM hacia el Acopio de Marina No. 5 (SAM 5). Siguiendo el protocolo interno, inmediatamente se enviaron muestras del material de dicho sondeo para la realización de test AHA y TCLP al laboratorio Andes Analytical Assay LTDA. El resultado de estos análisis fue informado a Alto Maipo el día 17 de abril 2017, en particular el test AHA confirmó un alto potencial de generación de ácido en la muestra. Cabe mencionar que no se generó afectación a ningún componente ambiental y se activó el protocolo detallado en el adjunto.		
<b>Componente Ambiental Afectada:</b>	- Suelo		
<b>Medidas Implementadas:</b>	1.- Suspensión de traslado de marina desde la plataforma de recepción de la banda		


TS/2017

	transportadores de la TBM hacia el Acopio de Marina N° 5. 2.- Disposición del material con potencial ácido en sitio de acopio de marina impermeabilizado. (El detalle de medidas y protocolo implementado se entrega en el documento adjunto. ;
--	---

<b>Los documentos adjuntos:</b>	Documento Incidente - 20170417-MA-RPT_Deteccion Marina con Potencial de Drenaje Acido VIK2.pdf
---------------------------------	--



Cod: RIA2261  
Fecha: 17-04-2017 22:15:43



*El presente certificado únicamente da cuenta de la recepción de la información reportada en el Sistema de Seguimiento Ambiental, cuya integridad y veracidad es de exclusiva responsabilidad del titular del proyecto.*

### 6.2. Informes de ensayos Andes Analytical



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
 Totoral 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: AB1717575

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 85

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA  
 DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
 PROYECTO: PHAM  
 TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 13 de Abril de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
80943	9.9447	41.5281	-31.5834	0.2184	Alto potencial de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
80943	9.4616	39.4500	-29.9884	0.2398	Alto potencial de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO <sub>3</sub> /TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
 Gerente Asesoramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
 Totoral 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: AB1717620

REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 86

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA  
 DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
 PROYECTO: PHAM  
 TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 25 de Abril de 2017

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
80945	4.5786	3.9344	0.6442	1.1637	Potencial marginal de generación de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample	PN	PA	PNN (PN-PA)	PNR(PN/PA)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	(Kg CaCO <sub>3</sub> /T)	
80945	4.6931	3.9313	0.7618	1.1938	Potencial marginal de generación de ácido
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO <sub>3</sub> /TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
 Gerente Asesoramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1





**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: AB1717620  
REFERENCIA DEL CLIENTE: S.A. N° 86

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 25 de Abril de 2017

Sample	pH NAG	MPA (Kg H2SO4/T)	ANC (Kg H2SO4/T)	TEST NAG (Kg H2SO4/T)	CONCLUSION
Name					Según los resultados, las muestras presentan:
80945	5.73	3.8526	4.4834	<0.1	No formadora de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa	pH NAG	MPA (Kg H2SO4/T)	ANC (Kg H2SO4/T)	TEST NAG (Kg H2SO4/T)	CONCLUSION
Name					Según los resultados, las muestras presentan:
80945	5.83	3.4953	4.5955	<0.1	No formadora de ácido
BLANCO	-	-	-	<0.1	

MPA = MÁXIMO POTENCIAL DE ACIDEZ  
ANC = CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN DE ÁCIDO

OBSERVACIONES :

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: AB1717713  
REFERENCIA DEL CLIENTE: Solicitud de Análisis N° 87

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA.  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 26 de Abril de 2017

Sample	PN (Kg CaCO3/T)	PA (Kg CaCO3/T)	PNN (PN-PA) (Kg CaCO3/T)	PNR(PN/PA) (Kg CaCO3/T)	Según los resultados, las muestras presentan:
Name					Potencial marginal de generación de ácido
80945	9.1714	0.0250	9.1689	368.8560	

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa	PN (Kg CaCO3/T)	PA (Kg CaCO3/T)	PNN (PN-PA) (Kg CaCO3/T)	PNR(PN/PA) (Kg CaCO3/T)	Según los resultados, las muestras presentan :
Name					Potencial marginal de generación de ácido
80945	8.9502	0.0375	8.9127	238.6720	
BLANCO	0	0	-	-	No aplica

### NOMENCLATURA

PA	POTENCIAL DE ACIDEZ	% SULFURO (AZUFRE TOTAL - AZUFRE DE SULFATO) X 31,25
PN	POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CONSUMO DE ÁCIDO EXPRESADO COMO Kg DE CaCO3/TON. DE MATERIAL
PNN	POTENCIAL NETO DE NEUTRALIZACIÓN	DIFERENCIA ENTRE PN Y PA (PN-PA)
PNR	RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN	CUOCIENTE ENTRE PN Y PA (PN/PA)
R	DUPLICADO DE ANÁLISIS	

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. ó HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1



**ANDES ANALYTICAL ASSAY LTDA.**  
Ttotal 651 Quilicura Santiago Fono 2747 1265 Fax 2747 1269 andes.assay@3aaa.cl

## INFORME DE ENSAYO

OT: AB1717713  
REFERENCIA DEL CLIENTE: S.A. N° 86

CLIENTE: ALTO MAIPO SPA  
DIRECCION: RUTA G-345 KM14 MAITENES, SAN JOSÉ DE MAIPO, SANTIAGO  
PROYECTO: PHAM  
TIPO DE MUESTRA: ROCA

FECHA: 26 de Abril de 2017

Sample Name	pH NAG	MPA (Kg H2SO4/T)	ANC (Kg H2SO4/T)	TEST NAG (Kg H2SO4/T)	CONCLUSION
80948	6.23	0.02448	8.9806	<0.1	Según los resultados, las muestras presentan: No formadora de ácido

### CONTROL DE CALIDAD

Duplicado de Pulpa

Sample Name	pH NAG	MPA (Kg H2SO4/T)	ANC (Kg H2SO4/T)	TEST NAG (Kg H2SO4/T)	CONCLUSION
80948	6.24	0.03672	8.7640	<0.1	Según los resultados, las muestras presentan: No formadora de ácido
BLANCO	-	-	-	<0.1	

MPA = MÁXIMO POTENCIAL DE ACIDEZ

ANC = CAPACIDAD DE NEUTRALIZACIÓN DE ÁCIDO

OBSERVACIONES :

FIRMADO POR: OSCAR ARQUEROS N. 6 HECTOR VARGAS A.  
Gerente Aseguramiento de Calidad Gerente General

Pág. 1 / 1