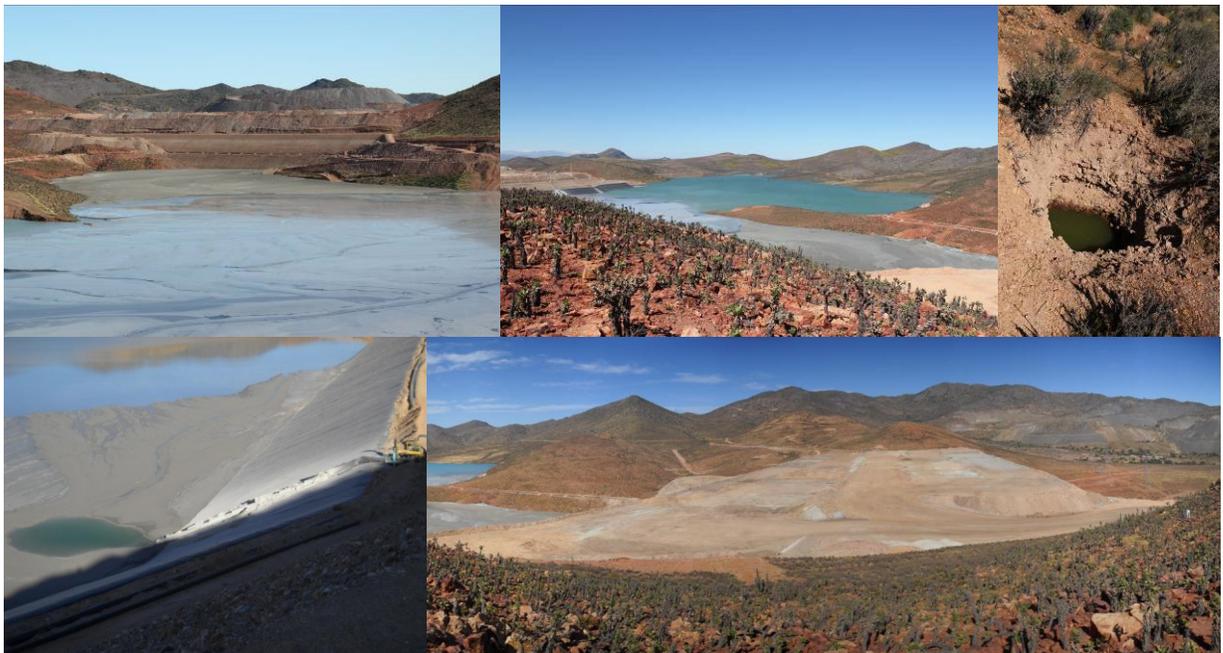


# INFORME TÉCNICO

## Inspección de Seguridad (DSI 2018)

### Compañía Minera TECK – Carmen de Andacollo (TECK-CDA)



Preparado por:

**AMEC FOSTER WHEELER**  
Environment & Infrastructure  
Av. Apoquindo 3846, Piso 15  
Las Condes, Santiago, Chile  
Tel: 56 2 2957 7700  
[www.amecfw.com](http://www.amecfw.com)

22 de febrero de 2019

**Compañía Minera TECK- Carmen de Andacollo**

**INGENIERO DE REGISTRO - DEPÓSITO DE RELAVES**

**PROYECTO Nº E40165**

**INFORME TÉCNICO**

**Nº E40165-840-R-TR-018**

**PARA**

**INSPECCIÓN DE SEGURIDAD 2018 (DSI) – DEPÓSITO DE RELAVES**

Preparado por:

**AMEC Foster Wheeler International Ingeniería y Construcción Ltda.**

Aprobado por:

Jefe de Proyecto	Marco Barrientos	(MB)
Ingeniero de Registro	Luis González	(LG)
Cliente	Juan Carlos Gómez	(JCG)

Rev.	Autor	Emitido para	Fecha	Rev. por	Fecha Aprob.
A	LA	Revisión Interna	25/06/2018	LG / MB	
B	LA	Para el Cliente	15/08/2018	LG / JP / JZ	
0	LA	Para Aplicación	31/12/2018	JP / JZ / LG	
1	MH	Para Aplicación	19/02/2019	MB	
2	LA	Remitido para Aplicación	22/02/2019	MB	

Comentarios:

R1: Foco en estabilidad estructural.

R2: revisión según comentarios G.M. Teck CdA

## Contenido

<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
1.1.	Propósito, alcance del trabajo y metodología.....	8
1.2.	Regulaciones aplicables al depósito de relaves .....	8
1.3.	Permisos.....	9
1.4.	Descripción de las Instalaciones .....	9
1.5.	Abreviaturas.....	11
<b>2.0</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DURANTE 2017 .....</b>	<b>12</b>
2.1.	Deposición de Relaves .....	12
2.2.	Capacidad de Almacenamiento Remanente .....	13
2.3.	Construcción y Operación Durante el Período.....	13
2.3.1.	Operación de Agua y Relaves.....	13
2.3.2.	Construcción de Muros.....	13
2.3.3.	Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna ....	14
2.4.	Planta y Secciones Transversales Actualizadas.....	14
2.5.	Revisión de Datos y Registros.....	24
2.5.1.	Inspecciones diarias .....	24
2.5.2.	Inspecciones semanales.....	25
2.5.3.	Inspecciones mensuales.....	25
2.5.4.	Inspecciones trimestrales.....	26
2.5.5.	Inspecciones anuales .....	26
2.5.6.	Inspecciones quinquenales.....	26
<b>3.0</b>	<b>DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS DURANTE 2017.....</b>	<b>27</b>
3.1.	Resumen anual de datos climáticos y tendencia.....	27
3.2.	Revanca y almacenamiento .....	30
3.3.	Volumen de agua descargada (superficial y subterránea).....	33
<b>4.0</b>	<b>RESUMEN ANUAL DE INSTRUMENTACIÓN Y TENDENCIA 40</b>	
4.1.	Piezómetros de cuerda vibrante.....	40
4.1.1.	Etapas de construcción (EPCM) y comisionamiento .....	40
4.1.2.	Etapas de operación .....	40
4.1.3.	Ubicación de los piezómetros .....	41
4.1.4.	Lecturas Piezómetros MN.....	49
4.1.5.	Lecturas Piezómetros MNO .....	50
4.1.6.	Lecturas Piezómetros MO.....	51
4.1.7.	Lecturas Piezómetros MO(S).....	52
4.2.	Deformaciones / Asentamientos.....	54
<b>5.0</b>	<b>Estabilidad:.....</b>	<b>62</b>
<b>6.0</b>	<b>Calidad de agua descargada .....</b>	<b>63</b>
<b>7.0</b>	<b>OBSERVACIONES DEL SITIO.....</b>	<b>64</b>
7.1.	Participantes .....	64
7.2.	Programación.....	64
7.3.	Inspección .....	66

7.3.1.	Extensión de Playas .....	66
7.3.2.	Agrietamiento de la Zona de Transición .....	66
7.3.3.	Filtraciones .....	68
7.3.4.	Muro Sur (MS) / Aguas Arriba y Estribo Poniente.....	69
7.3.5.	Muro Oriente (Sur) (MO(S) / Aguas Arriba y Estribos .....	69
7.3.6.	Muro Oriente (MO) – Aguas Arriba y Estribos.....	69
7.3.7.	Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba .....	70
7.3.8.	Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo.....	70
7.3.9.	Muro Norte (MN) – Aguas Arriba .....	70
7.3.10.	Muro Norte (MN) / Aguas Abajo.....	71
7.3.11.	Botadero Sur (BS) .....	71
7.3.12.	Muro Poniente – solo Fundación .....	72
7.3.13.	Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.....	72
7.3.14.	Instrumentación y Monitoreo .....	72
7.3.15.	Niveles de agua.....	72
<b>8.0</b>	<b>EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA PRESA.....</b>	<b>74</b>
8.1.	Criterios de Diseño Clave .....	74
8.2.	Modos de Falla .....	75
8.3.	Peligros – Medidas de Diseño/Control .....	78
8.3.1.	Estabilidad física.....	78
8.3.2.	Manejo de Agua Superficial.....	79
8.3.3.	Manual de Operación .....	80
8.3.4.	Revisión de la clasificación de la presa .....	80
8.4.	Comportamiento físico .....	81
8.4.1.	Geotécnico .....	81
8.4.2.	Hidráulico.....	82
8.5.	Comportamiento operacional .....	83
8.5.1.	Procedimientos operacionales .....	83
8.5.2.	Incidentes y confiabilidad .....	83
8.5.3.	Mantenimiento .....	96
8.6.	Revisión del Manual de Operaciones .....	96
8.7.	Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia.....	96
8.8.	Actualización de Distancia Peligrosa .....	96
<b>9.0</b>	<b>RESUMEN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
9.1.	Resumen de actividades de construcción durante la visita.....	100
9.2.	Resumen de desempeño.....	100
9.3.	Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo .....	101
9.3.1.	Diseño MP. ....	101
9.3.2.	Descargas adicionales MN y MO.....	101
9.3.3.	Descarga adicional BS .....	101
9.4.	Clasificación de consecuencias según CDA (ref. Teck) .....	102
9.5.	Estatus Recomendaciones DSI 2017 .....	103
9.6.	Recomendaciones DSI 2018.....	104
9.6.1.	Longitud de Playas.....	104
9.6.2.	Filtraciones .....	104
9.6.3.	Agrietamientos en la Transición.....	105
9.6.4.	MS.....	105

9.6.5.	MO(S).....	105
9.6.6.	MO – Aguas Arriba.....	105
9.6.7.	MO – Aguas Abajo.....	105
9.6.8.	MNO – Aguas Arriba.....	106
9.6.9.	MNO – Aguas Abajo (El Churque).....	106
9.6.10.	MN – Aguas Arriba.....	106
9.6.11.	MN – Aguas Abajo.....	106
9.6.12.	BS.....	106
9.6.13.	MP.....	107
9.6.14.	Trincheras.....	107
9.6.15.	Monitoreo y control.....	107
<b>10.0</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>

## Tablas

Tabla 1-1: Gestión de Permisos al 31 de marzo de 2018 (ref. OMS_R4_AmecFW).....	9
Tabla 2-1: Depositación real versus programada (abr. 2017 – mar. 2018). .....	12
Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del embalse de relaves vs VMP (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).....	30
Tabla 4-1: Piezómetros instalados.....	41
Tabla 7-1: Programación DSI 2018.....	65
Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave (ref. OMS_R4 AmecFW). .....	74
Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2017 (ref. HAZOP 2017 AmecFW). .....	76
Tabla 8-3: Resumen Distancia Peligrosa 2017.03.14 (ref. estudio de Distancia Peligrosa, AmecFW) .....	97

## Figuras

Figura 2-1: Depositación real versus programada (abr. 2017 – mar. 2018).....	12
Figura 2-2: Planta Depósito de Relaves, al 31 de marzo de 2018 (ref. GA 2018.Q1, AmecFW). .....	15
Figura 2-3: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	16
Figura 2-4: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	17
Figura 2-5: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	18
Figura 2-6: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	19
Figura 2-7: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	20
Figura 2-8: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	21
Figura 2-9: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	22
Figura 2-10: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).....	23

Figura 3-1: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de marzo de 2018 (Histórico 1 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, AmecFW).....	28
Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de marzo de 2018 (Histórico,2 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, AmecFW).....	29
Figura 3-3: Almacenamiento del VMP <sub>3d</sub> , para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m <sup>3</sup> durante las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).....	32
Figura 3-4: Almacenamiento del VMP <sub>3d</sub> , para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m <sup>3</sup> para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).....	33
Figura 3-5: Caudal de Drenajes MNO (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	35
Figura 3-6: Caudal de Afloramientos al pie del talud de camino minero, aguas abajo del MNO (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	36
Figura 3-7: Caudal de Afloramientos aguas abajo del MNO -poza (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	37
Figura 3-8: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles (Diseño).....	38
Figura 3-9: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación (Diseño).....	39
Figura 4-1: Plano E40071-840-R-PL-163.000_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MN Planta (As Built), de fecha 2016.06.13.....	42
Figura 4-2: Plano E40071-840-R-PL-163.001_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MN Perfiles (As Built), de fecha 2016.06.13.....	43
Figura 4-3: Plano E40071-840-R-PL-159.000_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MNO Planta (As Built), 2016.10.21.....	44
Figura 4-4: Plano E40071-840-R-PL-159.001_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MNO Perfiles (As Built), 2016.10.21.....	45
Figura 4-5: Plano E40071-840-R-PL-165.000_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO Planta (As Built), 2016.06.13.....	46
Figura 4-6: Plano E40071-840-R-PL-165.001_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO Perfiles (As Built), 2016.06.13.....	47
Figura 4-7: Plano E40071-840-R-AB-013_RA Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO(S) Planta y Perfiles (As Built), 2016.05.12.....	48
Figura 4-8: Grafico Piezométrico MN – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	49
Figura 4-9: Grafico Piezométrico MN, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	49
Figura 4-10: Grafico Piezométrico MNO – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	50
Figura 4-11: Grafico Piezométrico MNO, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	51
Figura 4-12: Grafico Piezométrico MO – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	52
Figura 4-13: Gráfico Piezométrico MO, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	52
Figura 4-14: Grafico Piezométrico MO(S) – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	53

Figura 4-15: Grafico Piezométrico MO(S), sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).....	53
Figura 4-16: Monolitos para control de Asentamientos – Etapa 3 (ref. AmecFW) .....	55
Figura 4-17: Tipos de Asentamiento Estático (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).....	56
Figura 4-18: Asentamiento Total (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW) .....	57
Figura 4-19: Asentamiento por Etapa (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW). .....	58
Figura 4-20: Perfil MN, periodo de registro 2014.04 – 2018.04 - 48 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW). .....	59
Figura 4-21: Perfil MNO, BS y MO, periodo de registro 2015.06 – 2018.04 - 34 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).....	60
Figura 4-22: Perfil MO(S), periodo de registro 2017.03 – 2018.04 - 12 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).....	61
Figura 4-23: Perfil MS, periodo de registro 2017.03 – 2018.04 - 12 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW). .....	61
Figura 7-1: Elevación de la laguna de aguas claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW). .....	73
Figura 8-2: BS, plataforma El. 1.141 msnm, plano de reparación, E40165-840-R-PL-079. ....	86
Figura 8-3: BS, plataforma El. 1.141 msnm, as vuelta reparación, E40165-840-R-PL-085. ....	87
Figura 8-4: Ubicación de las Subsidiencias .....	88
Figura 8-5: Levantamiento Subs-MNO01 .....	89
Figura 8-6: Geometría profundización Subs-MNO01 .....	89
Figura 8-7: Distribución de piques mineros en la TMF (ref. “Informe Modelo Hidrogeológico, Conceptual del Sector del Depósito de Relaves, SWS, 2014.09) .....	91
Figura 8-8: BS, plataforma El. 1.141 msnm, levantamiento topográfico reparación E40165-840-R-PL-079.....	95
Figura 8-9: Superficie afectada por ruptura de los muros Etapa 3, 2017.03.14 (ref. estudio de Distancia Peligrosa, AmecFW).....	99

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente reporte se describen las observaciones y resultados de la inspección de seguridad (DSI 2018, en adelante) del depósito de relaves de la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo (en adelante Teck CdA) realizada por Amec Foster Wheeler (en adelante AmecFW) los días 05, 06 y 07 de marzo de 2018, en la que participaron los Sres. Luis González Caro M. Sc. (Ingeniero de Registro), Mickey Davachi Ph. D y P. Eng (Principal Geotechnical Engineer, Calgary AmecFW). Al igual que el año pasado, la inspección se realizó en forma conjunta con el Sr. John Pottie Gerente de Ingeniería Geotécnica de Teck Resources Chile Ltda.

### 1.1. Propósito, alcance del trabajo y metodología

El propósito de la inspección fue revisar la seguridad del embalse de relaves, utilizando para ello como referencia o guía, el formato Dam Safety Inspection (DSI) de Teck, presentado en el apéndice V, del documento Guías para Estructuras Contenedoras de Agua y Relaves, de fecha noviembre 2014.

En todos los casos cuando a lo largo del texto se indique “al periodo” “el periodo”, siempre se estará haciendo referencia de manera específica al lapso comprendido entre el 01 de abril de 2017 y el 31 de marzo de 2018, y de manera general al año 2017.

### 1.2. Regulaciones aplicables al depósito de relaves

En Chile el diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relave está regulado por el Decreto Supremo 248. Este decreto divide los depósitos en cinco tipos principales: (1) tranques, (2) embalses, (3) relaves espesados, (4) relaves en pasta y (5) relaves filtrados. El depósito Carmen de Andacollo, por estar constituido sus muros con material de empréstito (estéril de mina), entra en la categoría (2): embalse.

Esta normativa chilena no considera un análisis de riesgo (o las consecuencias de una liberación descontrolada de relave) para clasificar el depósito, y que luego se utilice para definir los criterios de seguridad de las obras asociadas. Sin embargo, establece una distinción en la altura y tipo del muro para definir el nivel del análisis de estabilidad requerido para verificar la seguridad de la estructura. En el caso del embalse de relaves de Teck CdA se requiere, además del análisis estático, un análisis dinámico de estabilidad, para el que se adopta el acelerograma sintético del sismo máximo creíble (SMC) debido a que los muros sobrepasan los 15 m de altura. Además, debe verificarse la estabilidad mediante un análisis post - sismo. En todos los análisis de carácter pseudo - estático se estipulan factores mínimos de seguridad. Asimismo, el artículo 14 del DS 248 exige la estimación de la denominada distancia peligrosa, consistente en la determinación geométrica de la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave depositado en caso de colapso del depósito.

Para el manejo de las aguas naturales afluentes y efluentes del embalse, aplican las recomendaciones de la Dirección General de Aguas (DGA). Este organismo entrega criterios de diseño para el dimensionamiento de los canales de desvío de las aguas naturales, así como para el evacuador de seguridad de manejo de aguas al interior del

embalse en el caso que se requiriese (Art. 295 del Código de Agua). De acuerdo con lo indicado en el Art. 295 de dicho reglamento (aprobado a comienzos del año 2015) el embalse Andacollo corresponde a categoría C debido a que tiene más de 60 m de altura de muro o más de 60 Mm<sup>3</sup> de capacidad. Debido a esta categoría la crecida de diseño del evacuador tiene un periodo de retorno de 10.000 años de (Art. 30 letra b) que debe ser verificado para la crecida máxima probable (CMP) (Art. 30 letra c). El reglamento también señala que en el caso que la CMP sea menor a la crecida asociada a un período de retorno de 10.000 años, se deberá usar este último valor como crecida de diseño. Cabe destacar que, durante la operación, el depósito no requiere un evacuador debido a su reducida cuenca aportante y la gran revancha que permite almacenar varias veces el volumen de la crecida de diseño (ítem 3.2 más adelante). El reglamento de la DGA en su Artículo 30 letra d) también establece criterios para la revancha mínima con respecto al nivel de aguas máximas durante la crecida de diseño y de verificación, destacando la necesidad de incluir los siguientes aspectos adicionales en la estimación: (i) efecto del viento sobre la laguna, (ii) altura de la ola, (iii) asentamiento estático del muro, y finalmente (iv) asentamiento sísmico del muro. Se establece además que la revancha mínima no puede ser inferior a 1 m, definida como la menor diferencia, en cota, entre la línea de coronamiento de los muros y la superficie inmediatamente vecina de la playa de relaves contenidos.

### 1.3. Permisos

El estatus de los permisos para la TMF se detalla a continuación.

**Tabla 1-1: Gestión de Permisos al 31 de marzo de 2018 (ref. OMS\_R4\_ AmecFW).**

Organismo	Descripción	Resolución N°	Fecha
DGA (MOP)	Construcción de Obras Hidráulicas, aprueba proyecto fase I	1.677	2008.07.08
	Recepción de Obras Hidráulicas, recepciona la construcción de la fase I	24	2010.01.12
	Construcción de Obras Hidráulicas, aprueba proyecto fase II	2115	2013.07.15
	Recepción de Obras Hidráulicas, recepciona la construcción de la Etapa 2	198	2014.01.22
SNGM	Proyecto de Construcción depósito de Relaves (fase I)	923	2007.10.17
	Proyecto de Construcción depósito de Relaves (fase II)	1.050	2008.12.20
	Puesta en Servicio de Depósito de relaves	167	2010.01.19
	Plan de Cierre	1.680	2015.06.24
SEREMI de SALUD	Proyecto Construcción Depósito de Relaves	5.985	2009.10.27
	Puesta en Servicio de Depósito de Relaves	946	2010.03.15

### 1.4. Descripción de las Instalaciones

La TMF se denomina embalse de relaves Carmen de Andacollo y su desarrollo contempla 6 etapas de crecimiento, para satisfacer la vida útil de diseño de 21 años,

con una capacidad de almacenamiento según los permisos vigentes de 416 Mt – 297 Mm<sup>3</sup>.

El embalse de relaves está conformado por los muros poniente (el que inicia su construcción durante el año 2019), norte, nororiente, oriente y sur, incluyendo la estructura denominada botadero sur y un pequeño muro (denominado muro de Cierre) que se construye durante la etapa 6, hacia el poniente del estribo sur del Muro Oriente final.

Tanto el muro sur como el tramo sur del muro oriente, están clasificados como estructuras de muy alta (Very High) consecuencia de acuerdo con la Canadian Dam Association (CDA), el resto de los muros se clasifican como estructuras de alta (High) consecuencia. Esta clasificación fue desarrollada por Teck durante el año 2014, y requiere ser actualizada con el resultado del estudio de inundación actualmente en desarrollo.

Todos los muros son de empréstito, contruidos con material de estéril de mina, mediante el método aguas abajo, e impermeabilizados con geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, en el talud interno de la Etapa 1 de los muros (hasta la El. 1.117 m s.n.m.), además del botadero sur y en todas las etapas para el muro sur y el tramo sur del muro oriente. El resto de los muros (incluido el botadero sur) se cubren con material de empréstito de baja permeabilidad (relleno de transición) en el talud interno. La base de cada muro contempla un sistema de drenaje (tipo francés) diseñado con factor de seguridad FS = 5, cuyo efluente es devuelto al proceso de la planta concentradora.

Los muros se construyen geoméricamente con un talud aguas abajo 1,8 (H) / 1 (V), taludes aguas arriba 2,0 (H) / 1 (V) cuando esté impermeabilizado con geomembrana y 1,6 (H) / 1 (V) cuando el talud aguas arriba se cubra solo con relleno de transición. El ancho de coronamiento mínimo es de 50 m en etapas de crecimiento intermedias (1 @ 5) y de 30 m mínimo para la etapa final (6).

La elevación final de los muros corresponde a la cota 1.204 msnm y el diseño contempla operar con una revancha mínima de 3 m desde los relaves en contacto con los muros, según recomendación del diseño sísmico basado en el análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble (SMC), documento # 211-1IT-R-080, de fecha 09 de mayo de 2007.

Las principales obras que conforman el manejo de relave corresponden a las siguientes:

- Muros del depósito, contruidos con estéril de mina.
- Sistema de transporte (Impulsión y Distribución) de relave.
- Sistema de recuperación de aguas desde la laguna de clarificación.
- Sistema de agua para lavado y dilución.
- Sistema de drenaje.

## 1.5. Abreviaturas

A continuación, se presenta la nomenclatura utilizada a lo largo del documento.

Ítem	Descripción
TMF	Depósito de Relaves (Instalaciones para manejo de Relaves)
MN	Muro norte
MNO	Muro nor-orientado
BS	Botadero sur
MO	Muro orientado
MO(S)	Muro orientado-sur
MC	Muro de cierre
MS	Muro sur
MP	Muro poniente
BS	Botadero sur
Psc	Piscina colectora de drenajes
Tch	Trinchera recuperación de agua
Afl	Afloramiento de agua
Chq	El Churque
R.Masivo	Relleno masivo
R.Trsc	Relleno de transición
R.Rec	Relleno de rectificación
GSt	Geosintéticos
GMn	Geomembrana
GTx	Geotextil
Ha	Hectárea
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m <sup>3</sup> / Mm <sup>3</sup>	Metros cúbicos / Millones de metros cúbicos
t / Mt	Toneladas / Millones de toneladas
tpd / ktpd	Toneladas por día / kilo toneladas por día
GRB	Geotechnical Review Board
SNGM	Sernageomin
DGA	Dirección General de Aguas
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
Teck CdA	Compañía Minera Teck - Carmen de Andacollo
Teck	Teck Corporativo
VOp	Variables Operacionales
EOR	Ingeniero de Registro
AmecFW	Amec Foster Wheeler
MAC	Asociación Canadiense de Minería
CDA	Asociación Canadiense de Presas
PMP	Precipitación Máxima Probable en la cuenca del embalse
VMP	Volumen Máximo Probable que ingresa al embalse producto de la PMP

## 2.0 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DURANTE 2017

### 2.1. Depositación de Relaves

A continuación, se resumen los datos de depositación real y programada de acuerdo con el plan de llenado vigente. Se presentan dos tablas de control, la primera (1) para la condición de volumen operacional de laguna mínimo por diseño (volumen = 250.000 m<sup>3</sup>) y la segunda (2) para el volumen operacional de laguna máximo (volumen = 650.000 m<sup>3</sup>).

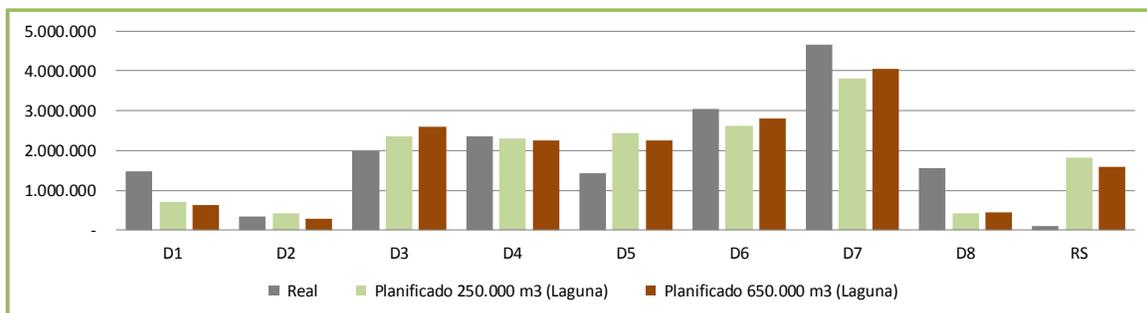
**Tabla 2-1: Depositación real versus programada (abr. 2017 – mar. 2018).**

Laguna 250.000 m3											
Descarga	[#]	1	2	3	4	RS	5	6	7	8	
Acum. Periodo	[t]	1.485.730	345.389	1.989.121	2.357.224	100.449	1.419.654	3.048.109	4.595.883	1.547.190	
Planificado	[%]	4	2	14	14	11	14	16	23	2	
Restante	[t]	704.208	409.099	2.360.026	2.291.632	1.821.737	2.442.774	2.621.782	3.821.638	415.854	
Operando Real / Descarga		- 781.522	63.710	370.905	- 65.593	1.721.288	1.023.121	- 426.328	- 774.246	- 1.131.336	
Operando Real / Zona		32	7	43	51	2	31	66	99	33	
Operando Real / Zona	[d]	133				98				132	
Planificado / Zona		125				149				92	
Restante (+/- 1)		-8				50				-41	

Laguna 650.000 m3											
Descarga	[#]	1	2	3	4	RS	5	6	7	8	
Acum. Periodo	[t]	1.485.730	345.389	1.989.121	2.357.224	100.449	1.419.654	3.048.109	4.595.883	1.547.190	
Planificado	[%]	4	2	15	13	9	13	17	24	3	
Restante	[t]	622.335	296.390	2.596.158	2.252.481	1.594.258	2.249.947	2.795.440	4.042.221	439.519	
Operando Real / Descarga		- 863.395	- 48.999	607.037	- 104.743	1.493.809	830.294	- 252.669	- 553.662	- 1.107.672	
Operando Real / Zona		32	7	43	51	2	31	66	99	33	
Operando Real / Zona	[d]	133				98				132	
Planificado / Zona		125				143				96	
Restante (+/- 1)		-8				45				-36	

**Figura 2-1: Depositación real versus programada (abr. 2017 – mar. 2018).**



Comparando la condición de depositación real que se verificó durante el periodo con el plan de llenado actualizado en diciembre de 2016, para el sector norte del embalse (descargas D1 @ D4) se presenta una diferencia de 8 días de depositación entre cómo se planificó la depositación y como se operaron realmente las descargas, por lo que se considera cumplido el plan para el tramo norte del embalse.

Del mismo modo, comparado con el plan de llenado vigente, los sectores Centro y Sur del embalse presentan una leve desviación de 1,3 meses (déficit en el sector central descarga rebose y descargas D5 y D6), lo anterior no se considera una desviación que ponga en riesgo la seguridad de las instalaciones ya que la laguna de aguas claras se ha mantenido alejada de los muros.

## 2.2. Capacidad de Almacenamiento Remanente

La capacidad remanente del depósito de relaves en su condición actual se debe referenciar a la elevación del coronamiento de la Etapa 3 (El. 1.149,5 msnm) y a la tasa de aumento de elevación del nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras durante el periodo (4 m/año). En función de ello existe un remanente (en elevación) mínimo respecto de la situación actual, de 9,14 m aproximadamente (sector norte del Embalse), lo que equivale a 2,3 años de operación, aproximadamente. Para el análisis volumétrico remanente, revisar el ítem 3.2.

## 2.3. Construcción y Operación Durante el Período

### 2.3.1. Operación de Agua y Relaves

La TMF operó dentro de los límites definidos por la etapa 3 de crecimiento, recibiendo un total de 16,94 Mt de relaves durante el periodo, mediante las nueve (9) descargas distribuidas al coronamiento de dicha la misma etapa (El. 1.149,5 msnm) acumulando un total de 131,6 Mt al día 31 de marzo de 2018. El embalse de relaves se divide en tres (3) sectores de depositación, el sector norte que concentró un 37% de la descarga anual de relaves y los sectores centro y sur que recibieron un 27% y un 36% respectivamente.

El volumen de la laguna de aguas claras alcanzó un máximo de 1,4 Mm<sup>3</sup> a mediados de mayo de 2017, fecha en la que se verificó la mínima distancia laguna a muro de 300 m aproximadamente, la elevación del pelo de agua de la laguna varió entre las cotas El. 1.132,994 m s.n.m. y El. 1.136,934 m s.n.m. (3,94 m de incremento). Al 31 de marzo de 2018 el stock de agua acumulada en la laguna es de 0,3 Mm<sup>3</sup> aproximadamente.

### 2.3.2. Construcción de Muros

Durante el año 2017 la flota de mina de Teck CdA construyó un total de 2,0 Mm<sup>3</sup> de relleno masivo, lo que equivale aproximadamente a 3,8 Mt de estéril seleccionado. Los muros que se construyeron durante el periodo fueron el MNO y MO (tanto en su tramo norte como sur) en algunos casos alcanzando la cota de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento, correspondiente a la El. 1.162,5 m s.n.m..

Se desarrollaron trabajos con relleno de transición en el footprint de la plataforma para reubicar el cajón distribuidor de relaves, sobre el coronamiento del botadero sur, en donde se colocó un total de 0,12 Mm<sup>3</sup>, de relleno compactado con la misma especificación del relleno de transición. Sobre este relleno de 2,0 m de espesor, se construyó el relleno masivo, hasta la El. 1.177,5 m s.n.m., en un incremento de altura de 28 m hasta alcanzar el coronamiento correspondiente a la Etapa 5 de crecimiento, etapa hasta la cual deberá operar el cajón distribuidor en su nueva posición.

No se desarrollaron trabajos de impermeabilización con geosintéticos durante el año.

A finales del mes de noviembre de 2017, inicia la construcción de la Etapa 4 con el ingreso a faena del contratista local Cooptrans, encargados de preparar la superficie de talud interno, al remover el relleno masivo sin compactar (actividad denominada corte y

retiro), trabajo previo a la construcción del relleno de transición. Al término del período, se encuentra finalizado el corte y retiro del MO(S).

### **2.3.3. Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna**

El 30 de julio de 2017, comenzaron a operar bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y que la devuelven al proceso de la planta concentradora, en su nueva ubicación en la trinchera #8, cuya habilitación había comenzado a mediados de 2016. La excavación en roca se ejecutó previo al año 2012 y se proyecta que esté operativa hasta el Q3 del año 2019.

### **2.4. Planta y Secciones Transversales Actualizadas**

En las siguientes figuras se presenta la geometría de los muros del depósito actualizada al 31 de marzo de 2017.

Figura 2-2: Planta Depósito de Relaves, al 31 de marzo de 2018 (ref. GA 2018.Q1, AmecFW).

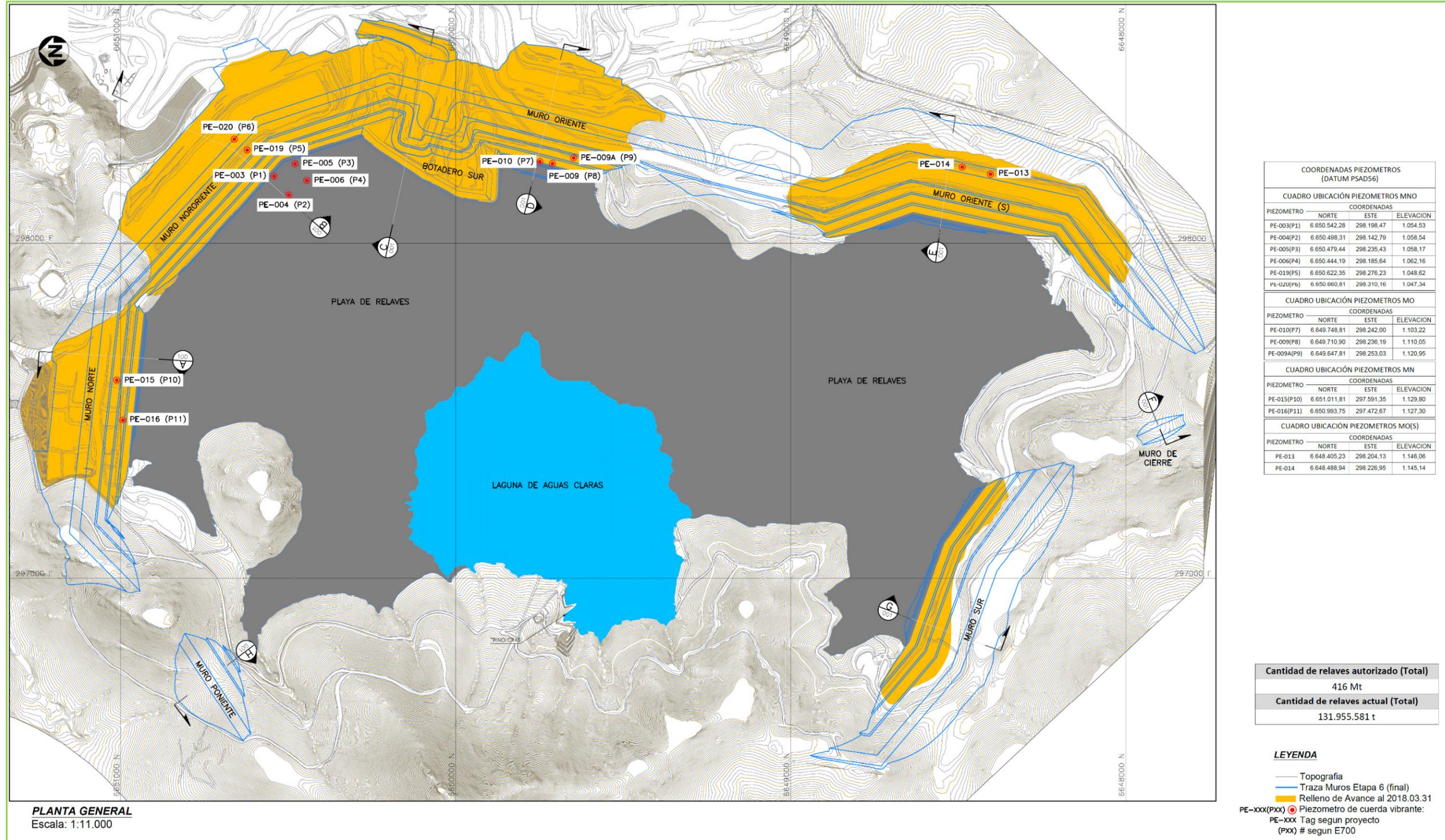
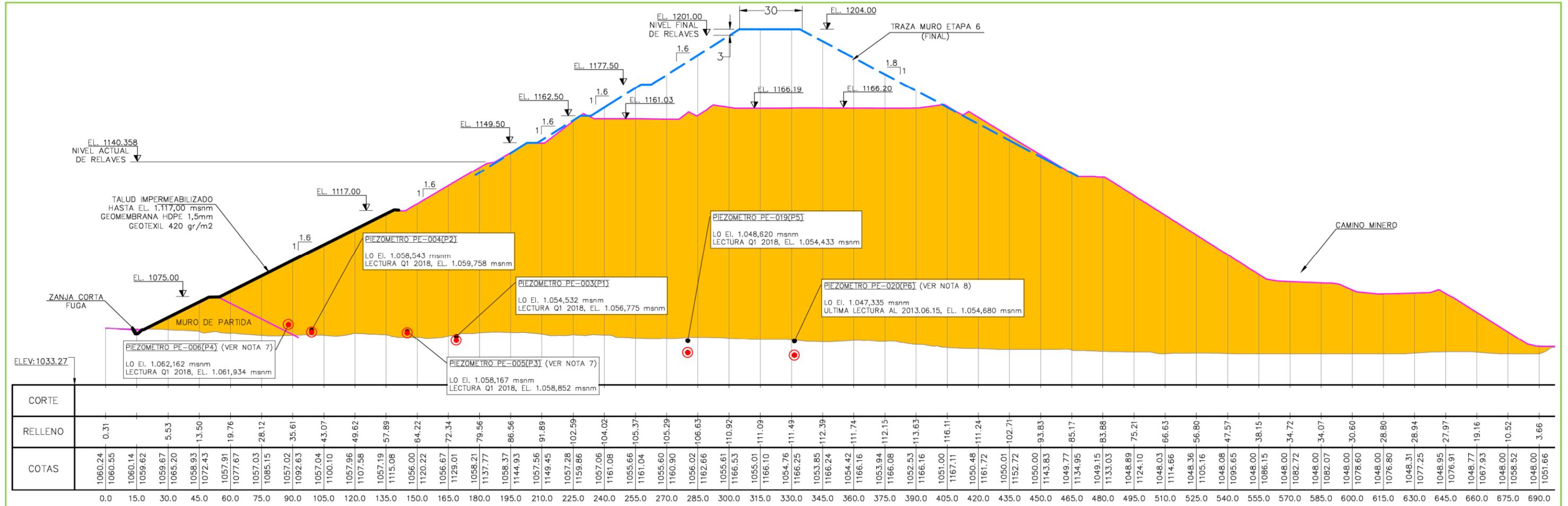




Figura 2-4: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).



Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 m s.n.m. (Etapa 1).

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, sin embargo, las elevaciones son las reales de terreno.

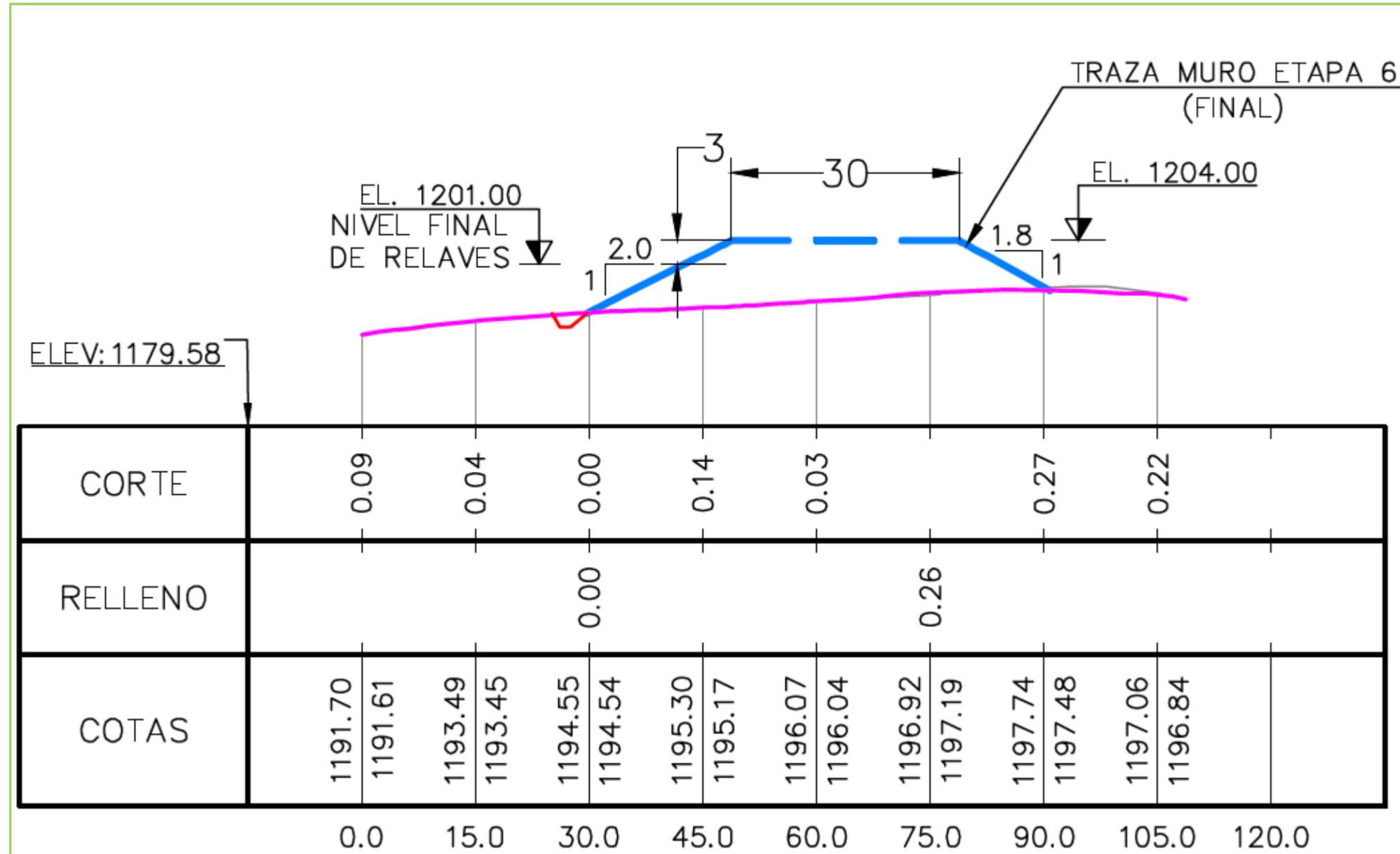
Nota 8: A partir de junio 2013, se pierde la señal del piezómetro PE-020 (P6)







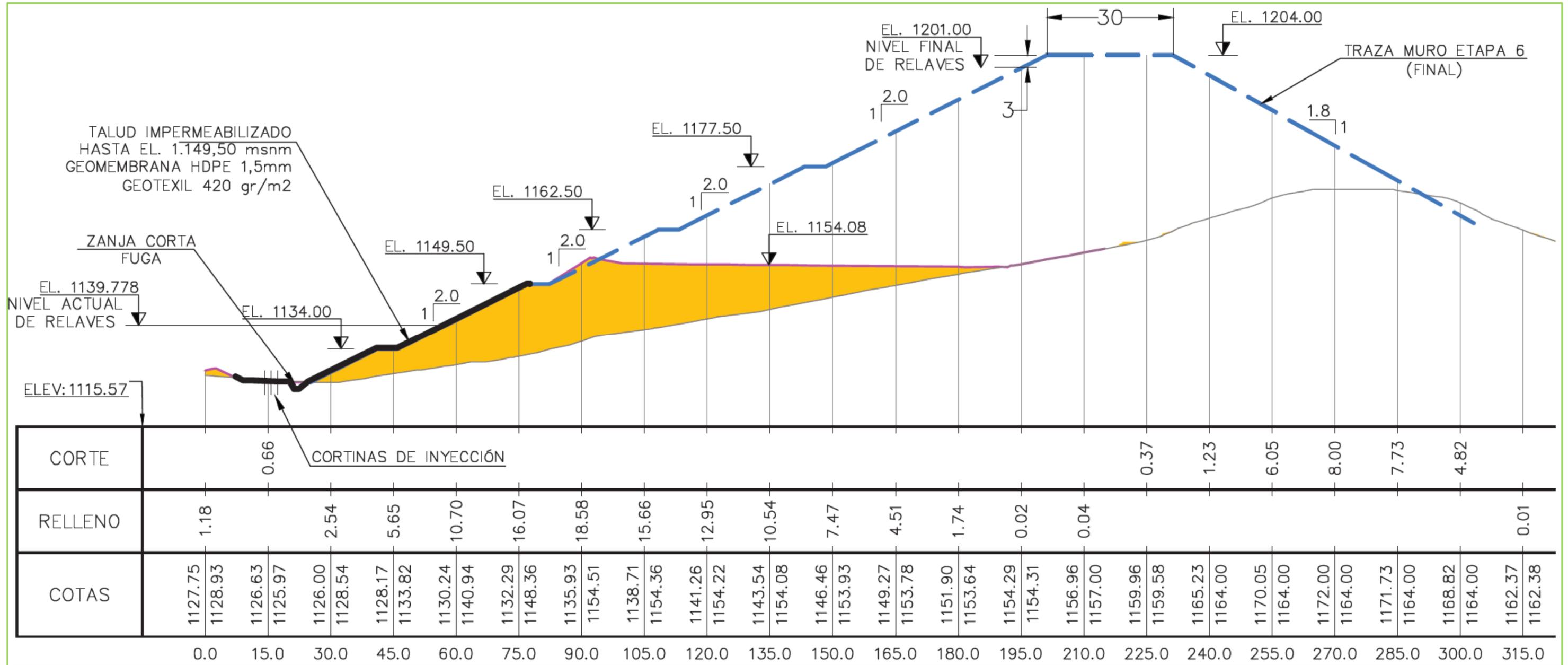
Figura 2-8: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).



Nota: Se impermeabiliza con Geomembrana la cara completa del talud aguas arriba (Etapa 6).

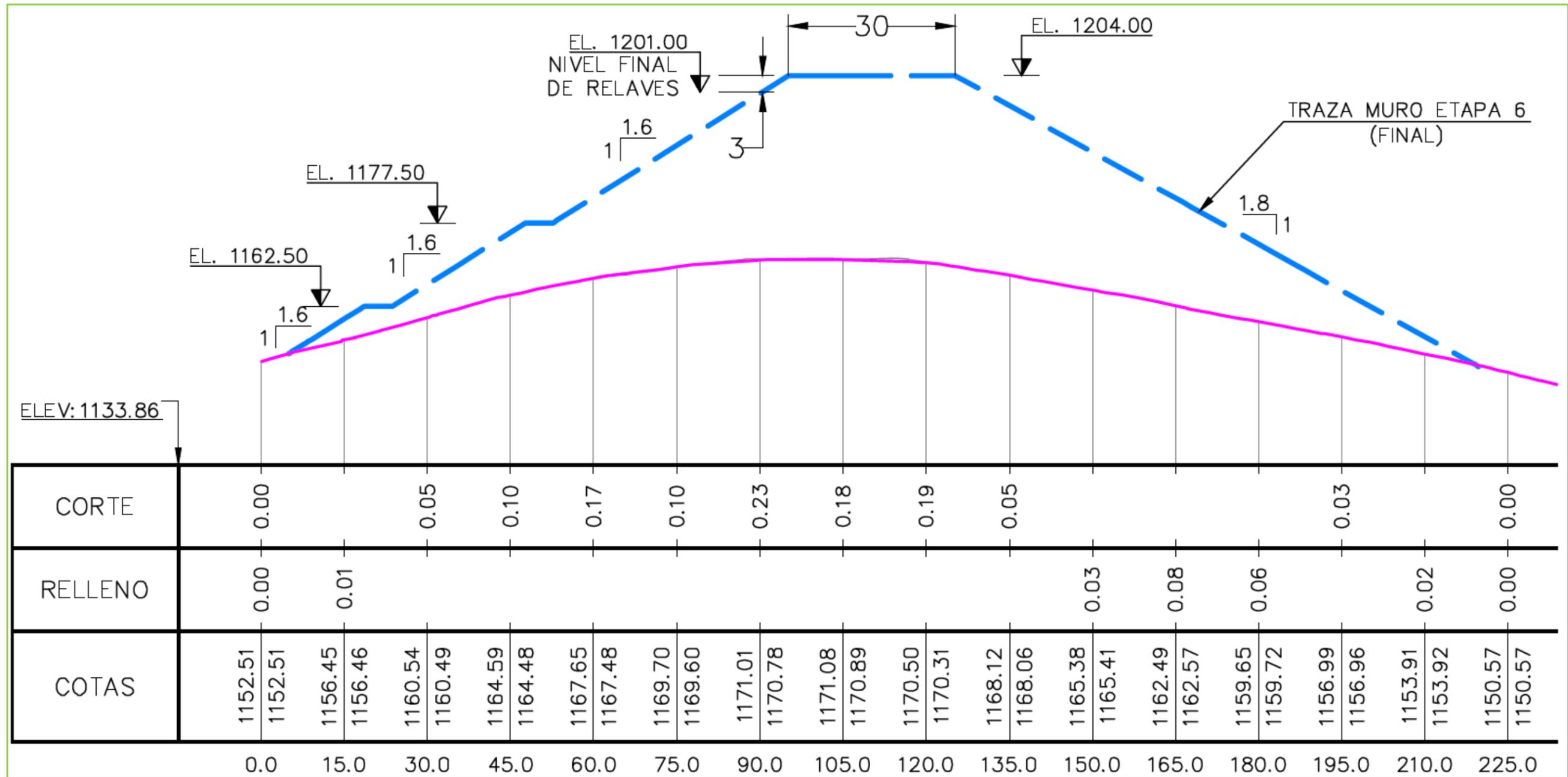
Nota emplazamiento: este muro se ubica entre el estribo sur del MO(S) y el estribo oriente del MS (ver figura 2-2)

Figura 2-9: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).



Nota: Se impermeabiliza con Geomembrana la cara completa del talud aguas arriba, hasta la Etapa 6 inclusive.

Figura 2-10: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de marzo de 2018 (ref. secciones GA 2018.Q1, AmecFW).



Nota: No contempla impermeabilización con Geomembrana del talud aguas arriba.

Nota inicio Construcción: No presenta rellenos al momento de la visita de terreno, inicia construcción durante el año 2019.

## 2.5. Revisión de Datos y Registros

### 2.5.1. Inspecciones diarias

Como parte de las actividades asociadas al QA/QC de la construcción de la TMF, AmecFW realiza inspecciones diarias en los frentes de construcción, las que son reportadas diariamente al departamento de Agua / Relaves y a la superintendencia de Recursos Hídricos Teck CdA mediante un correo electrónico denominado “Reporte de Actividades Diarias”. Las inspecciones incluyen entre otros:

- Rellenos masivos ejecutados por Operaciones Mina de Teck CdA. Se realiza control de sobre tamaños, control topográfico de espesor de capas construidas y/o por construir, control topográfico del alineamiento aguas arriba y/o aguas abajo según corresponda, controles de compactación mediante reemplazo de agua gigante (anillo de 2 m de diámetro) realizados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de Terreno a cargo de la fundación Invecc y otros controles según se requiera.
- Rellenos de transición y/o rectificación ejecutados por contratistas de construcción, controles de compactación y granulometría de los materiales (realizados por laboratorio Invecc).
- Instalación de geosintéticos en la cara aguas arriba de los muros, piscinas, sistemas de captación y conducción de drenajes. Al momento de la visita los muro MO(S) y MS se encontraban impermeabilizados hasta el coronamiento de la Etapa 3, El. 1.149,50 m s.n.m..
- Excavación y relleno de zanjas corta fugas, de anclaje superior, de anclaje inferior y de anclaje laterales.
- Construcción de sistema colector y de control de filtraciones. Sin actividad de construcción al momento de la visita.
- Instalación de instrumentación geotécnica.
- Registro fotográfico.

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, AmecFW realiza inspecciones diarias que incluyen:

- Control de la elevación de la laguna de aguas claras.
- Control de la elevación del relave en contacto con la descarga operativa.
- Control y registro del caudal de filtraciones (afloramientos y drenajes).
- Control y registro de puntos de descarga operativos.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Embalse, personal de AmecFW (el supervisor de control de calidad geotécnico, una vez al día) y personal de Teck CdA (operadores de relaves, tres veces al día) realizan un recorrido general de las instalaciones, reportando en tiempo real cualquier desviación, al departamento de Agua y Relaves Teck CdA. En el caso de AmecFW dicha reportabilidad queda registrada mediante “Reporte de Actividades Diarias” y en el caso de Teck CdA queda registrada mediante los formularios de inspección históricos sugeridos en el OMS.

### 2.5.2. Inspecciones semanales

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, AmecFW realiza inspecciones semanales que incluyen:

- Control y registro de las lecturas piezométricas.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de AmecFW realiza una inspección detallada de uno (1) o dos (2) de los muros que conforman la TMF. Las inspecciones quedan registradas en formularios específicos, idénticos a los utilizados durante la inspección DSI 2018 (ver Anexos B1 @ B6) y se realizan como caminata (a pie), incluyendo:

- Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves
- Coronamiento
- Talud aguas Abajo
- Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)
- Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)
- Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones
- Instrumentación

### 2.5.3. Inspecciones mensuales

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, Teck CdA, realiza inspecciones mensuales que incluyen:

- Control batimétrico y levantamiento de Playas.
- Actualización del Balance de Agua.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de AmecFW completa mensualmente una inspección detallada de la totalidad de la TMF (cinco muros existentes), de acuerdo con la Inspección semanal de uno (1) o (2) muros descritas en el ítem 2.5.2.

## 2.5.4. Inspecciones trimestrales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Embalse, Teck CdA, realiza trimestralmente:

- Reporte de Estabilidad Geotécnica Corporativo.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de AmecFW realiza una inspección trimestral que incluye:

- Nivelación de los monolitos para control de asentamientos en todos los muros.
- Rescate de los datos almacenados en el Acelerógrafo del MNO.

## 2.5.5. Inspecciones anuales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, el Ingeniero de Registro, realiza una inspección anual que incluye:

- DSI.

## 2.5.6. Inspecciones quinquenales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal experto externo a la TMF, de acuerdo con la más alta clasificación de consecuencias de algún muro, debe realizar una revisión cada cinco (5) años que incluye:

- DSR.

Se deja establecido que la primera inspección DSR para la TMF en estudio, se realizará durante el tercer trimestre del año 2018 y estará a cargo de Arcadis Chile (ACL).

## 3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS DURANTE 2017

### 3.1. Resumen anual de datos climáticos y tendencia

La precipitación total acumulada en 12 meses fue de 293,15 mm (abril 2017, marzo 2018), un 462% más que la precipitación registrada en el periodo anterior, la que se concentró principalmente en dos eventos, el primero entre los días 10 y 12 de mayo de 2017 (197 mm) y el segundo el día 26 de junio (45 mm). En dichos eventos se concentró el 83% de la precipitación total del periodo.

Respecto de la evaporación medida en tanque tipo A, alcanzó los 2.015,92 mm para los mismos 12 meses (5,5 mm/día en promedio) manteniéndose el promedio del periodo de control anterior.

Como puede apreciarse existe un balance negativo importante, lo que implica que se debe realizar un adecuado manejo del depósito para minimizar las pérdidas por evaporación desde playas y laguna. Para ello se debe mantener una laguna de dimensiones cercanas a la mínima (250.000 m<sup>3</sup>) y ciclos de descarga adecuados que minimicen las pérdidas por re-saturación de playas. Se deben evitar las descargas simultáneas.

A continuación, se presenta el balance de agua operacional histórico, que se ha actualizado en el sitio desde el inicio de la operación. En la Figura 3-1 se presenta el resumen de los datos mensuales históricos, y en la Figura 3-2 se presentan los datos meteorológicos de entrada del balance, así como las distintas constantes y criterios que se han aplicado, desde el año 2010.

Figura 3-1: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de marzo de 2018 (Histórico 1 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, AmecFW).

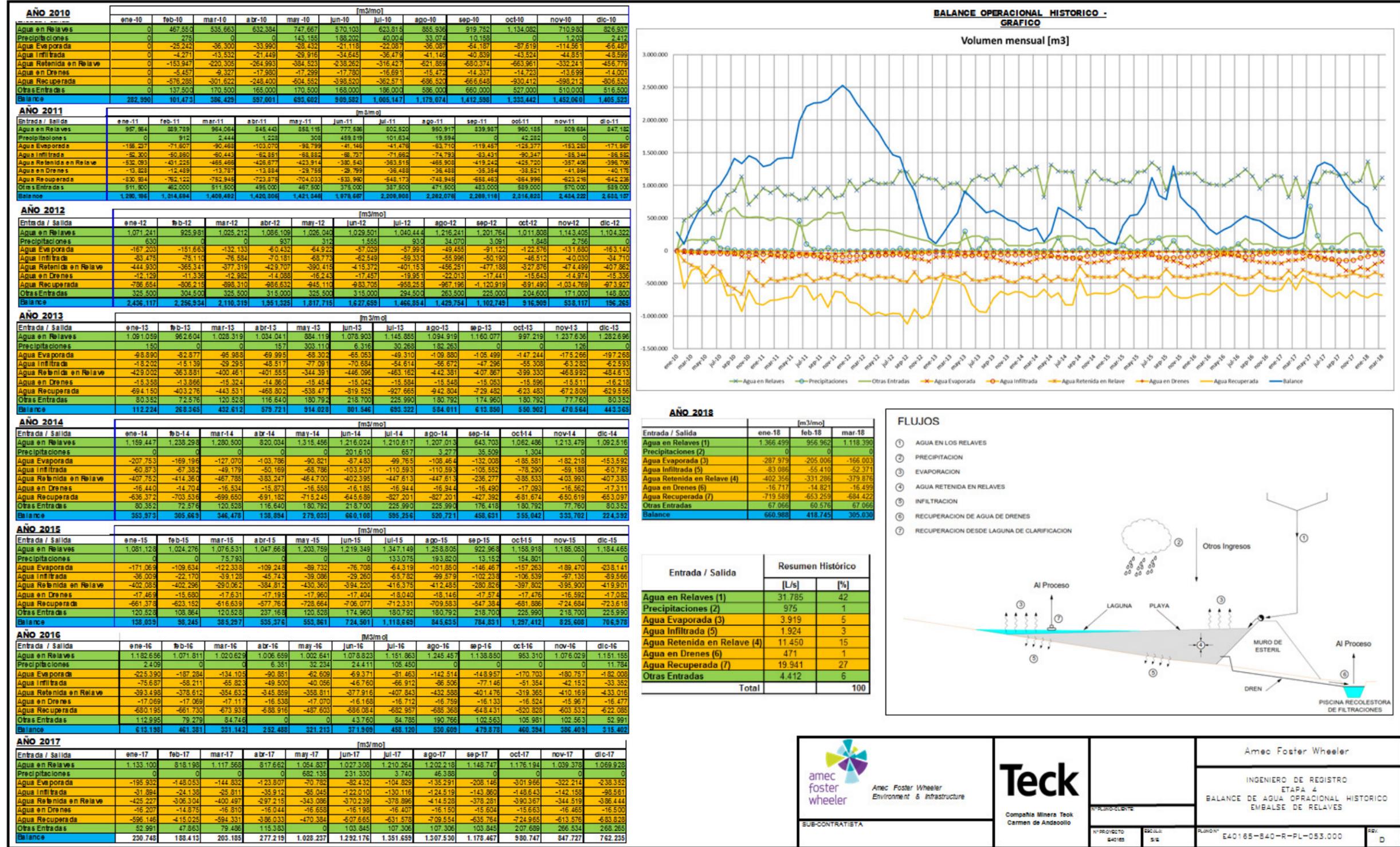


Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de marzo de 2018 (Histórico, 2 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, AmecFW).

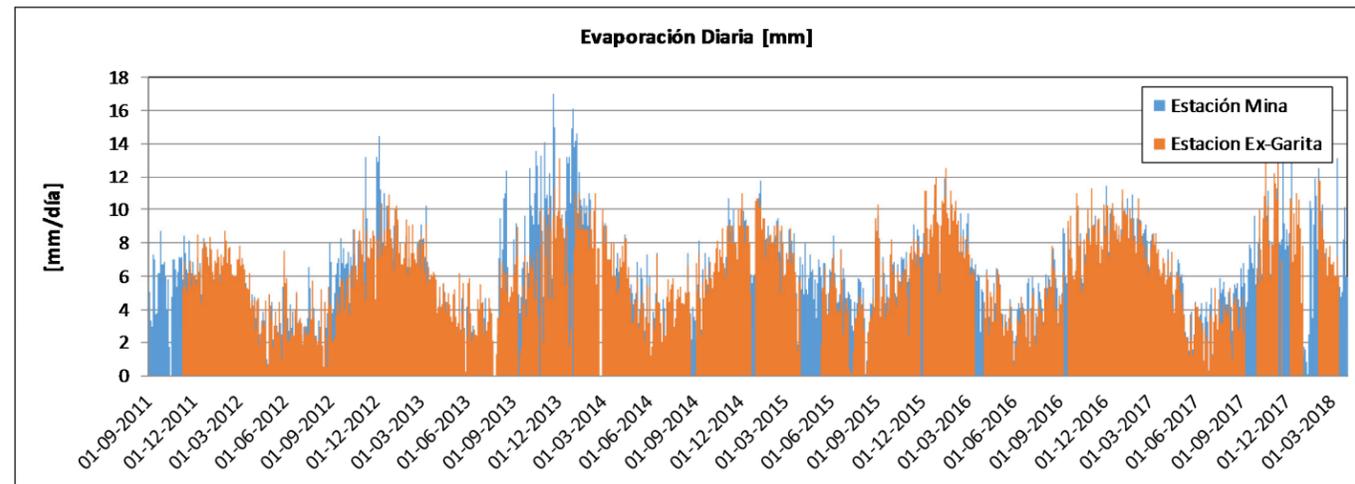
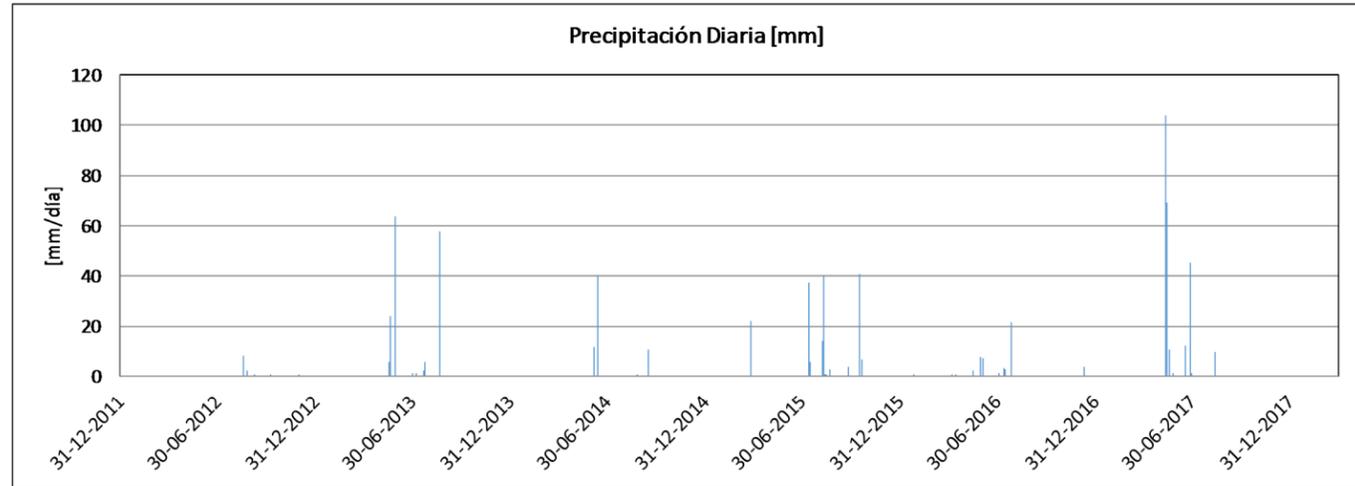
NOTAS:

- 1.- Tasa de Evaporación hasta el 31 de agosto de 2011, según Tabla 1 'Evaporación Media Mensual' (ref. Balance Hídrico de Chile, MOP – DGA, 1987),
- 2.- Tasa de Evaporación desde el 01 de septiembre de 2011, según datos obtenidos en estaciones meteorológicas de faena (ex Garita y Mina), mostrados en gráfico 'Evaporación Diaria [mm]',
- 3.- Precipitación hasta el 30 de diciembre de 2011, según Tabla 2 'Precipitación Media Mensual', obtenida de la estadística disponible entre los años 1963 – 1997 (ref. 'Informe Estudio Hidrológico, Informe Final Línea Base' (05 0983 01), Proyecto Hipógeno, preparado por SIGA Consultores S.A., para CMA, Noviembre 2.005),
- 4.- Precipitación entre el 31 de diciembre de 2001 y el 11 de julio de 2015, según datos obtenidos en estación meteorológica de faena (ex Garita), mostrados en gráfico 'Precipitación Diaria [mm]',
- 5.- Precipitación desde el 12 de julio de 2015, según datos para Andacollo entregados por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), [www.ceaza.net.cl](http://www.ceaza.net.cl),
- 6.- Permeabilidad Terreno Natural:  $4,6 \times 10^{-4}$  cm/s, según Tabla 3 'Pruebas de Infiltración' medidos in situ (ref. Informe Técnico 'Laguna inicial para Puesta en Marcha' proyecto Hipógeno, 2007.03.03),
- 7.- Permeabilidad Relaves:  $5,6 \times 10^{-5}$  cm/s, según Tabla 4 'Ensayo Cilindros Concéntricos Detalle de Infiltración' medidos in situ (ref. Informe de Ensayo N° ST. 13 – 8084, 2013.03.18, 19 y 20). Cae señalar que esta media en el sector de playa cerca de la D5, es decir es representativa de la fracción más gruesa del relave.
- 8.- Para la Evaporación, Coeficiente de Tanque:  $K_t = 0,85$ ,
- 9.- Para la Evaporación, Coeficiente de Laguna:  $K_l = 1$ ,
- 10.- Para la Evaporación, Coeficiente de Playa:  $K_p = 0,26$ ,
- 11.- Otras entradas: se refiere a otros ingresos de agua de proceso al embalse tales como agua de lavado de la línea de distribución y/o agua de dilución en el cajón de distribución de relave.
- 12.- La Infiltración del embalse se infiere indirectamente mediante la siguiente fórmula:  

$$\text{Infiltración [m}^3/\text{d]} = P_{\text{RL}} * S_{\text{lac}} * 864 \text{ [s-m/cm-d]}$$

donde:  
 $S_{\text{lac}}$ : Superficie de Laguna [m<sup>2</sup>];  
 $P_{\text{RL}}$ : Permeabilidad Bajo Laguna =  $4,6 \times 10^{-6}$  [cm/s];

La permeabilidad bajo laguna se estima a partir del tipo de terreno sobre el cual se posiciona la laguna de aguas daras, es decir roca meteorizada con mínima cobertura de terreno natural y cubierta de la fracción más fina del relave, distinta de la indicada en la nota 7,



ENSAYO CILINDROS CONCENTRICOS  
DETALLE DE INFILTRACION

Tiempo (seg.)	Intervalo (seg.)	Variación nivel de agua (mm.)		
		M-1	M-2	M-3
3600	3600	0	0	0
7200	3600	0	1	2
10800	3600	2	2	3
14400	3600	2	2	4
18000	3600	2	2	4
21600	3600	2	3	4
25200	3600	2	3	5
Estado del suelo		Húmedo		
Infiltración mm/hrs		2,0		

EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL  
TABLA 1

MES	mm/mes
Enero	330.8
Febrero	278.0
Marzo	236.2
Abril	159.4
Mayo	106.6
Junio	67.8
Julio	66.8
Agosto	98.7
Septiembre	141.5
Octubre	219.2
Noviembre	270.1
Diciembre	324.9
Total Anual	2.300,0

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL  
TABLA 2

MES	mm/mes
Enero	0,1
Febrero	0,0
Marzo	1,8
Abril	4,9
Mayo	15,5
Junio	35,9
Julio	50,8
Agosto	24,8
Septiembre	5,9
Octubre	3,0
Noviembre	1,3
Diciembre	0,0
Total Anual	139,2

PRUEBAS DE INFILTRACIÓN  
TABLA 3

Piscina N°	Permeabilidad K (cm/s)	
	Suelo en estado Natural	Suelo Superficialmente Compactado
1	8.3E-04	6.1E-04
2	5.3E-04	4.7E-04
3	2.5E-04	5.3E-04
4	2.2E-04	1.4E-04
Promedio	4.6E-04	4.4E-04

<p>Amec Foster Wheeler Environment &amp; Infrastructure</p>	<p>Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo</p>	Amec Foster Wheeler	
		INGENIERO DE REGISTRO ETAPA 4 BALANCE DE AGUA OPERACIONAL HISTORICO EMBALSE DE RELAVES – RESPALDOS	
SUB-CONTRATISTA		N° PROYECTO: E40165	REV. D

## 3.2. Revancha y almacenamiento

Respecto de la capacidad de almacenamiento remanente disponible a la fecha de emitir el presente reporte, está se indica en el punto 2.2.

Al 31 de marzo de 2018 se han depositado 131,6 Mt de relaves en el embalse, el diseño considera una capacidad final de 416 Mt, por lo que el depósito a su término deberá contar con a lo menos una capacidad de almacenamiento adicional de 284,4 Mt. Respecto del volumen ocupado por los relaves dentro del depósito, la batimetría del 24 de marzo de 2018 arrojó un total de 82,7 Mm<sup>3</sup> acumulados, lo que permite calcular un valor para la densidad seca de los relaves depositados ( $D_s$ ) en torno a 1,59 t/m<sup>3</sup>. Tal como se indicó en el DSI 2017, este valor se considera alto, sin embargo, la revisión desarrollada durante marzo de 2017, de los antecedentes y la metodología realizado por AmecFW, a la empresa encargada de realizar los controles batimétricos y levantamiento de playas (Gesecology), no presenta desviaciones que pudieran sugerir que dicho valor esté erróneo en sus procesos de cálculo. Al momento de la emisión de este reporte, AmecFW está en proceso de revisión de los hitos topográficos para monitoreo y control del embalse de relaves, de manera de descartar que haya error en la elevación de algún punto de referencia, que pudiera ser traspasado al levantamiento general, lo que se espera esté listo el Q3 del año 2018. Finalmente, durante el trimestre Q4 del año 2018, se desarrollará trabajo de campo conjunto Gesecology / AmecFW, para la oficialización del valor de densidad seca, que deberá ser utilizado en los futuros diseños.

Utilizando dicha densidad solo con fines ilustrativos, y considerándola como la densidad de consolidación de largo plazo de los relaves depositados, estos 284,4 Mt de relaves restantes a disponer al término de la vida útil proyectada del depósito, ocuparán un volumen de 178,9 Mm<sup>3</sup>, esto sumado a los 82,7 Mm<sup>3</sup> ya depositados arroja un volumen total ocupado de 261,6 Mm<sup>3</sup>, si lo comparamos con los 297 Mm<sup>3</sup> indicados en el diseño, el depósito tendría capacidad suficiente para admitir a lo menos 56,3 Mt adicionales, totalizando un máximo eventual de 472,3 Mt.

El embalse de relaves de Teck CdA puede albergar holgadamente para las etapas de crecimiento críticas identificadas como las etapas 3, 4, 5 y 6, un evento de PMP con una duración de 3 días, estimada mediante el método de Stowhas, donde la  $PMP_{24h} = 444$  mm, y la  $PMP_{3d} = 809$  mm, valores que se consideran conservadores.

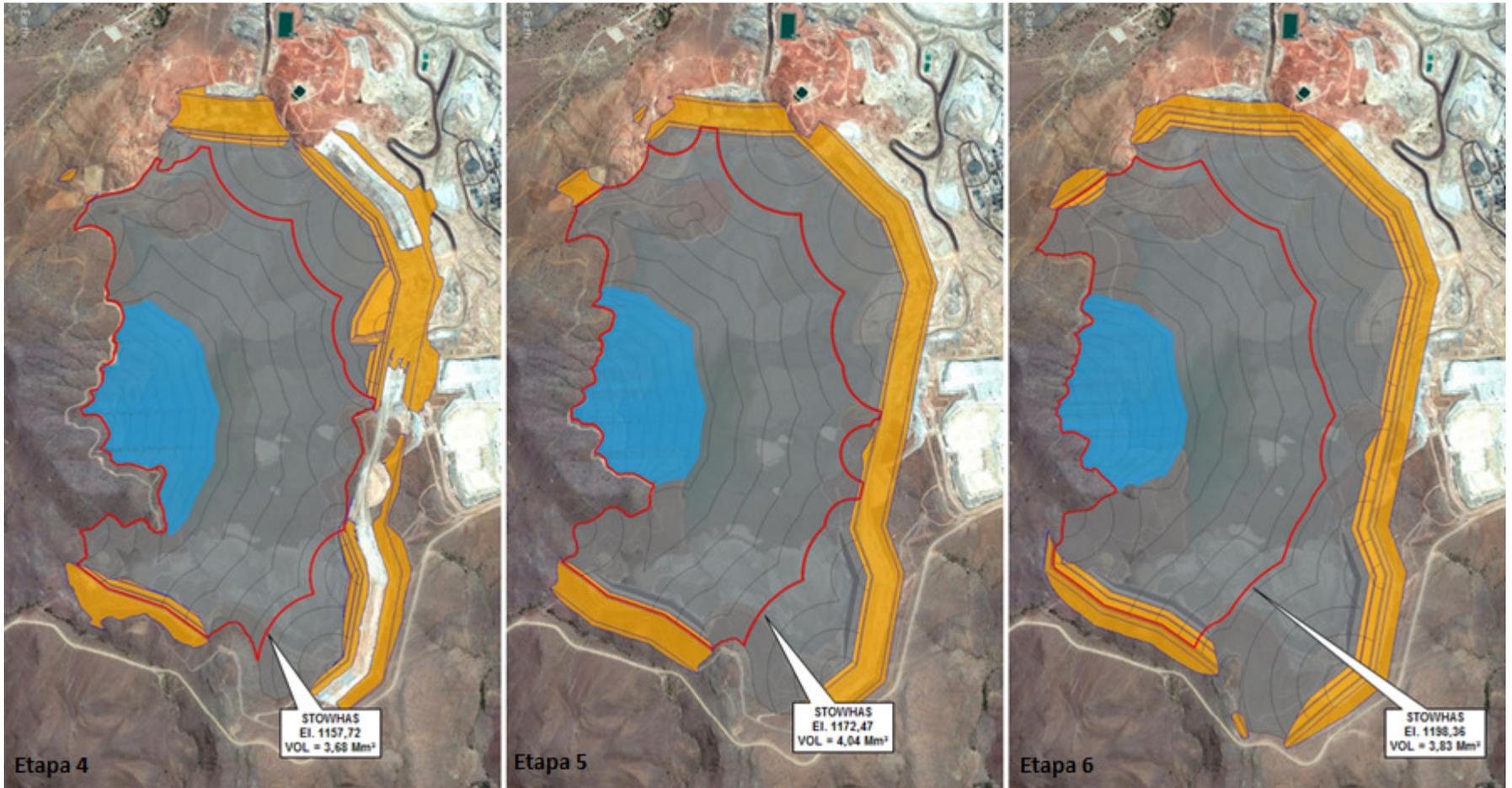
**Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del embalse de relaves vs VMP (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).**

		Volumen (Mm <sup>3</sup> )			
		Etapas 3	Etapas 4	Etapas 5	Etapas 6
VMP (Stowhas)		3.7	3.7	4.0	3.7
Vol Embalse Disponible	Lag 250.000 m <sup>3</sup>	5.9	9.0	10.8	14.9
	Lag 650.000 m <sup>3</sup>	5.7	8.7	10.6	14.7

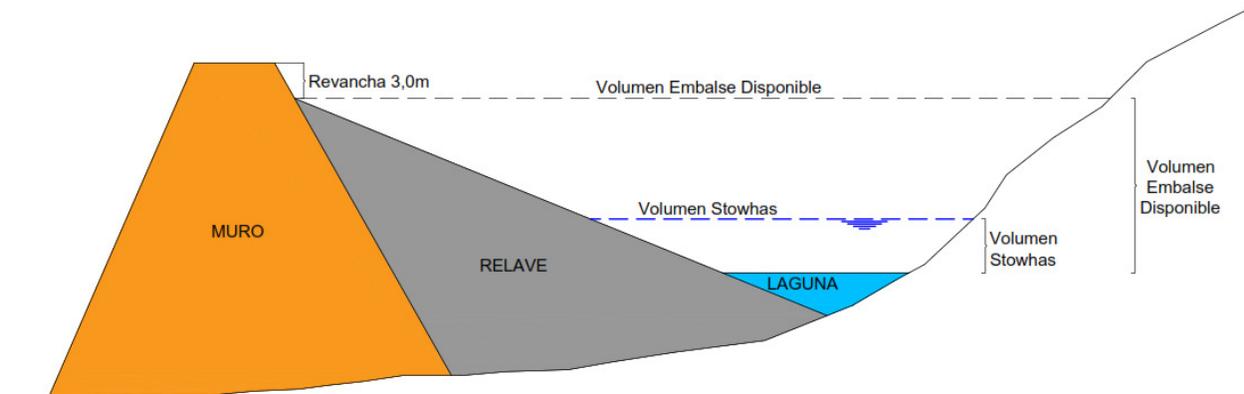
En la Figura 3-4 se puede apreciar la sección respecto de la capacidad de acumulación del embalse de relaves y en la Figura 3-3, se presentan los resultados gráficos del modelamiento para el almacenar el VMP, generado por la  $PMP_{3d}$ , durante las etapas 4,

5 y 6, con un volumen máximo en la laguna de aguas claras, lo que se considera como la condición más desfavorable. Para todos los casos considerados una revancha mínima de 3 m, entre la playa de relaves en contacto con el muro y el coronamiento de este.

Figura 3-3: Almacenamiento del VMP<sub>3d</sub>, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup> durante las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).



**Figura 3-4: Almacenamiento del VMP<sub>3d</sub>, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup> para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Crecidas Extremas GRB 2018, AmecFW).**



### 3.3. Volumen de agua descargada (superficial y subterránea)

Diariamente se monitorea el flujo de drenaje del sistema colector de filtraciones tanto aguas abajo del MNO (denominado Piscina El Churque), como aguas abajo del MO en el cajón aforador ubicado al nor - oriente del BS. El agua descargada se recupera y reutiliza en el proceso. El resumen histórico de los flujos de agua registrados en el MNO se detalla en las siguientes figuras, el punto alto que se aprecia para el año 2015 corresponde al terremoto 8,4 M del miércoles 16 de septiembre. El 13 de noviembre de 2013, la elevación del pelo de agua en la laguna de aguas claras alcanzó la cota de coronamiento de la Etapa 1 (El. 1.117 m s.n.m.) sobre la cual no se encuentra impermeabilizada la cara del talud aguas arriba del muro, lo anterior queda claramente reflejado en la Figura 3-5, ya que a partir de fines de noviembre / inicios de diciembre de 2013, el caudal de filtración cambia su tendencia de ser constante por debajo de los 6 L/s, para comenzar a aumentar gradualmente en una curva que sigue un patrón bastante similar al de la elevación de la laguna de aguas claras. Dicho patrón de crecimiento solo se ve modificado por el evento del terremoto del 16S. Durante el periodo se reemplazó la placa aforadora del vertedero en V, por filtración detectada en agosto de 2017.

Del mismo modo, al término del presente periodo, se encuentra normalizada la condición de los afloramientos de aguas superficiales que no son captados por el sistema de drenaje del MNO. En el sector El Churque, los nuevos sistemas de captación, conducción, y medición de caudales de afloramiento, se encuentran recibidos y protocolizados, los trabajos se realizaron basado en el diseño Amec del año 2010 (actualizado el año 2017) y siguiendo con las recomendaciones tanto del GRB (reunión #3, año 2013) como del consultor de hidrogeología (WSP octubre 2017). Estos trabajos incluyeron el punto denominado poza AFL, que capta y conduce las aguas descargadas por la cañería corrugada D 1.000 mm que se implementó como obra temprana del TMF.

Los caudales totales que se vienen registrando en el sector, de aproximadamente 13,5 L/s, están dentro del rango de caudales de filtración estimados en el diseño; se ha detectado una variación de +7,5% del caudal respecto del periodo de control anterior,

pero se debe analizar el comportamiento de largo plazo de los afloramientos, dado que la metodología de aforo cambió completamente entre el año 2017 / 2018.

La Figura 3-6 muestra la evolución en el tiempo de los flujos de afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO, los que, hasta comienzos del año 2018, se medía mediante un método indirecto.

La Figura 3-7 muestra el flujo histórico del punto de afloramiento, denominado AFL - Poza, que comenzó a medirse de manera indirecta a partir de mayo del año 2017.

Las Figuras 3-8 y 3-9, muestra las mejoras realizadas en el sector El Churque, las cuales, al momento de escribir el presente reporte, están finalizadas y permiten registrar los flujos diariamente mediante aforadores destinados (tipo V-Notch), además de proteger contra la escorrentía superficial tanto el acelerógrafo, como el data logger de los piezómetros del MNO.

Figura 3-5: Caudal de Drenajes MNO (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW)

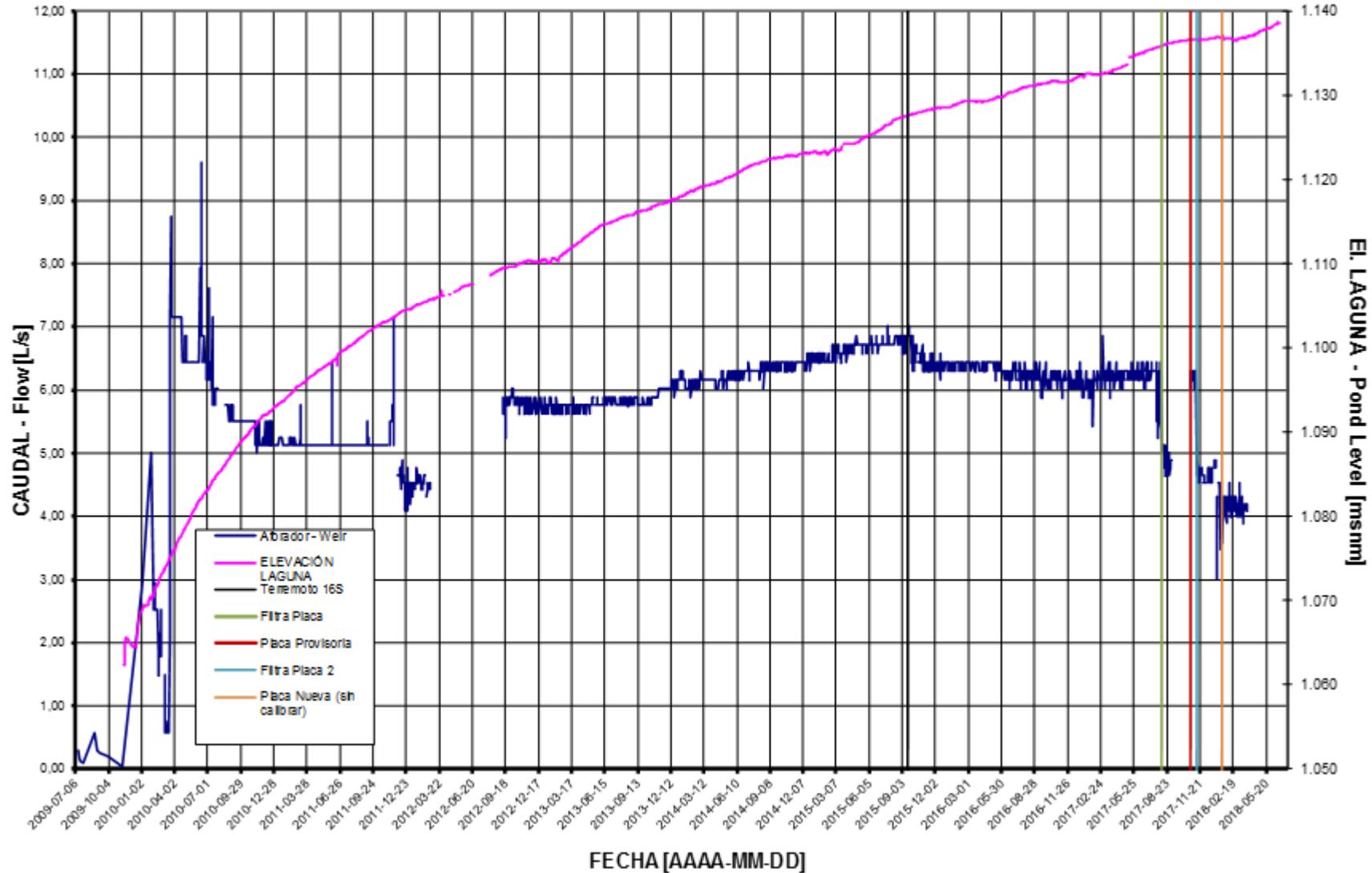


Figura 3-6: Caudal de Afloramientos al pie del talud de camino minero, aguas abajo del MNO (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).

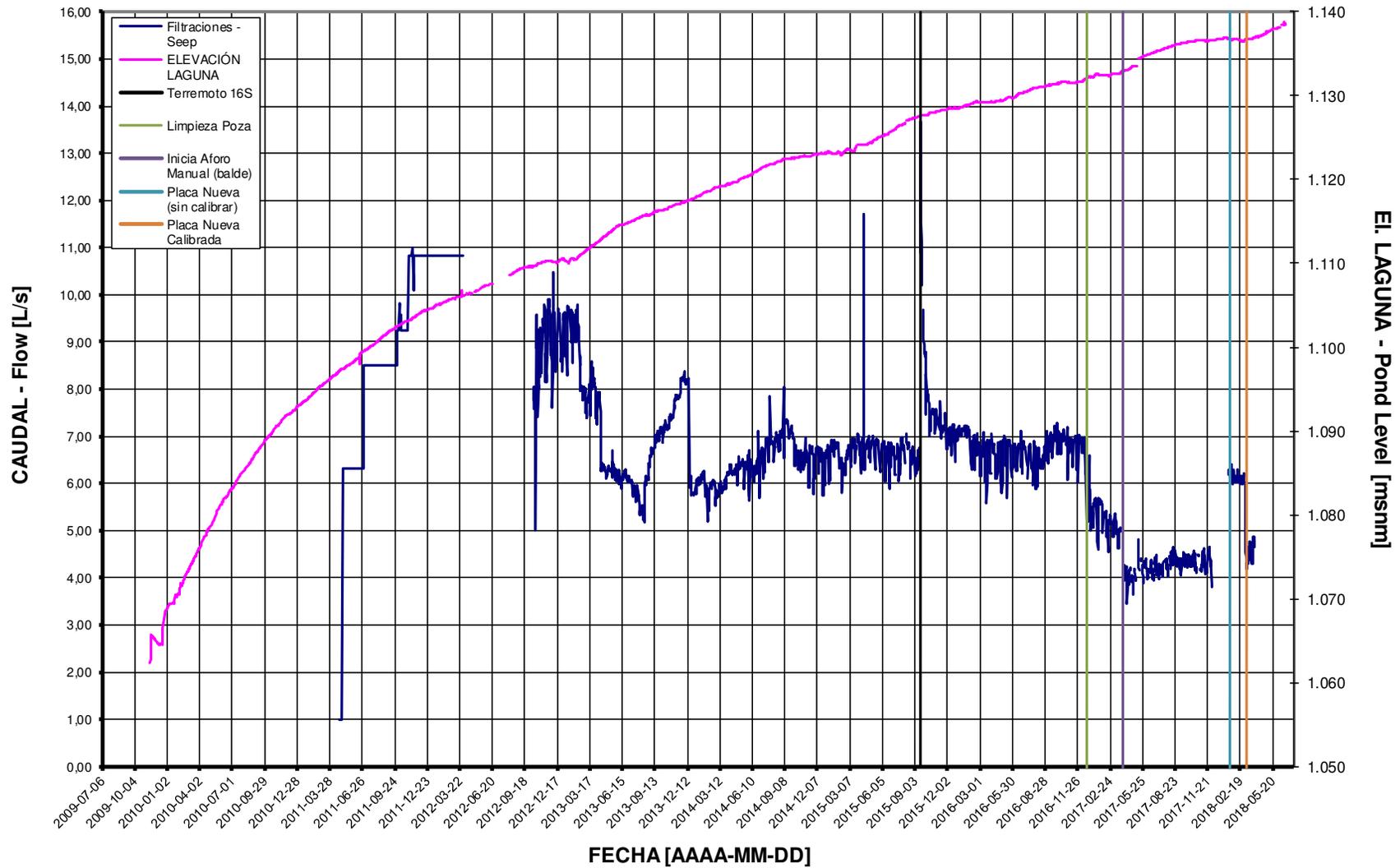


Figura 3-7: Caudal de Afloramientos aguas abajo del MNO -poza (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).

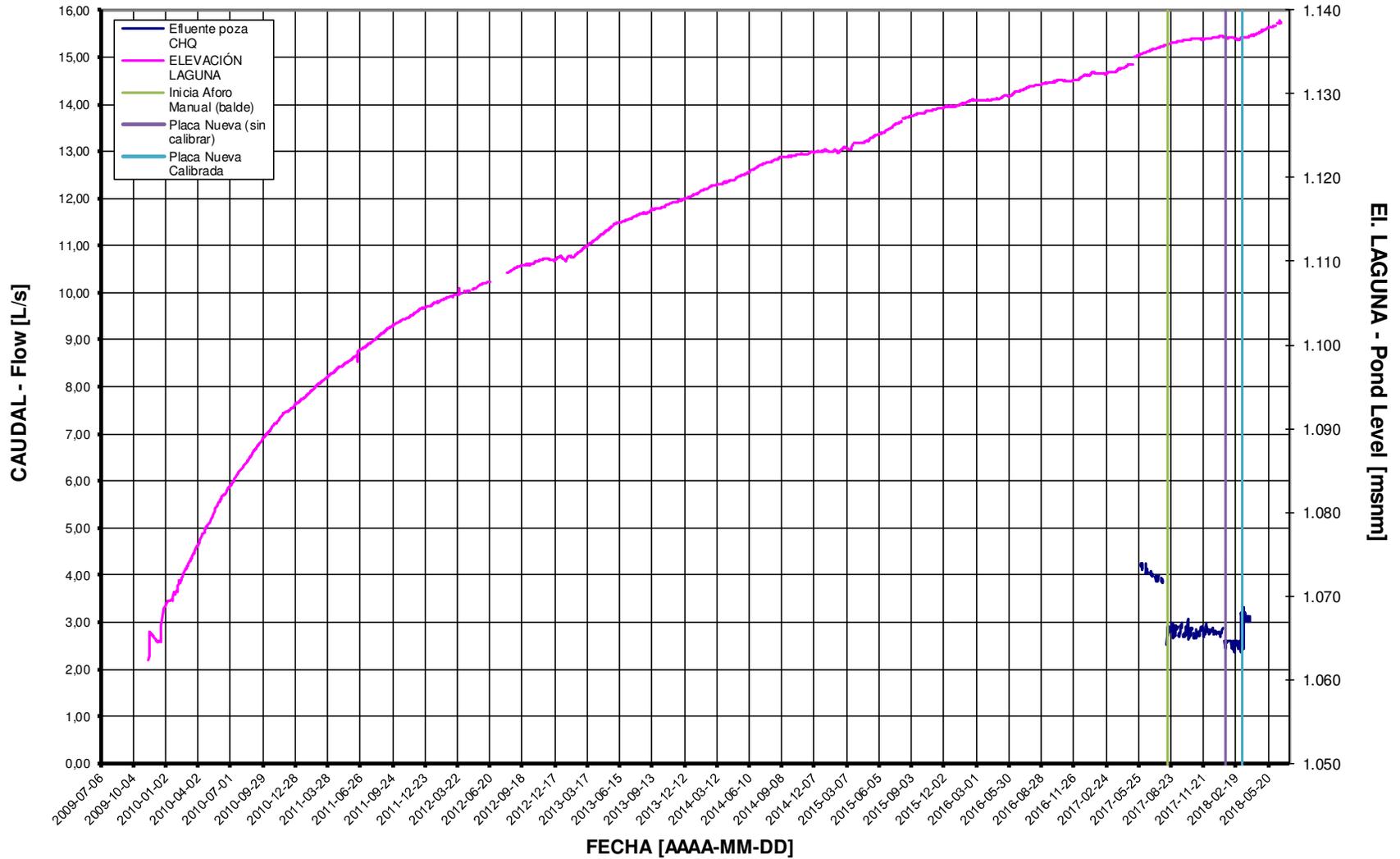


Figura 3-8: Normalización afloramientos sector "El Churque": Planta General y Detalles (Diseño).

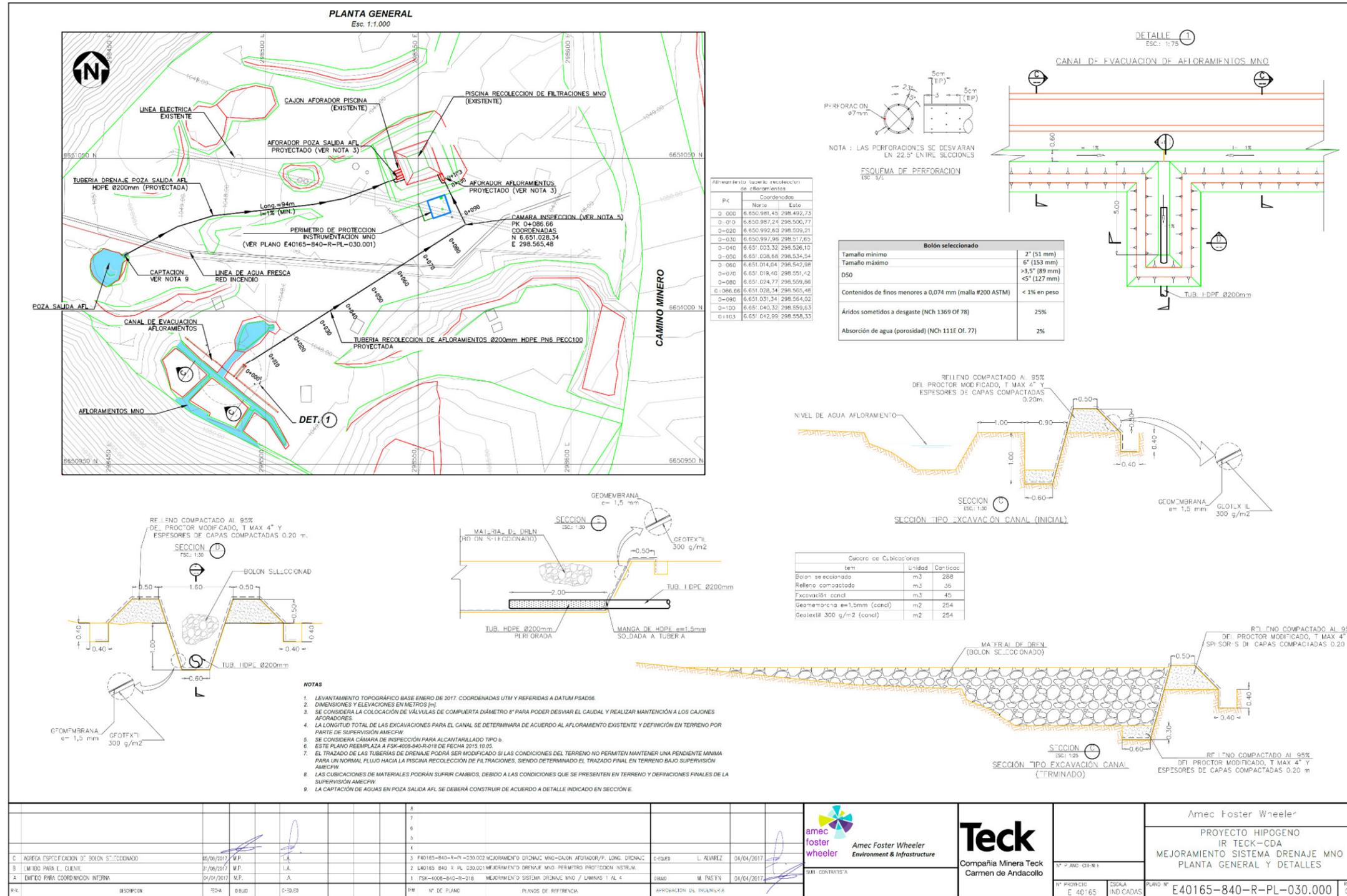
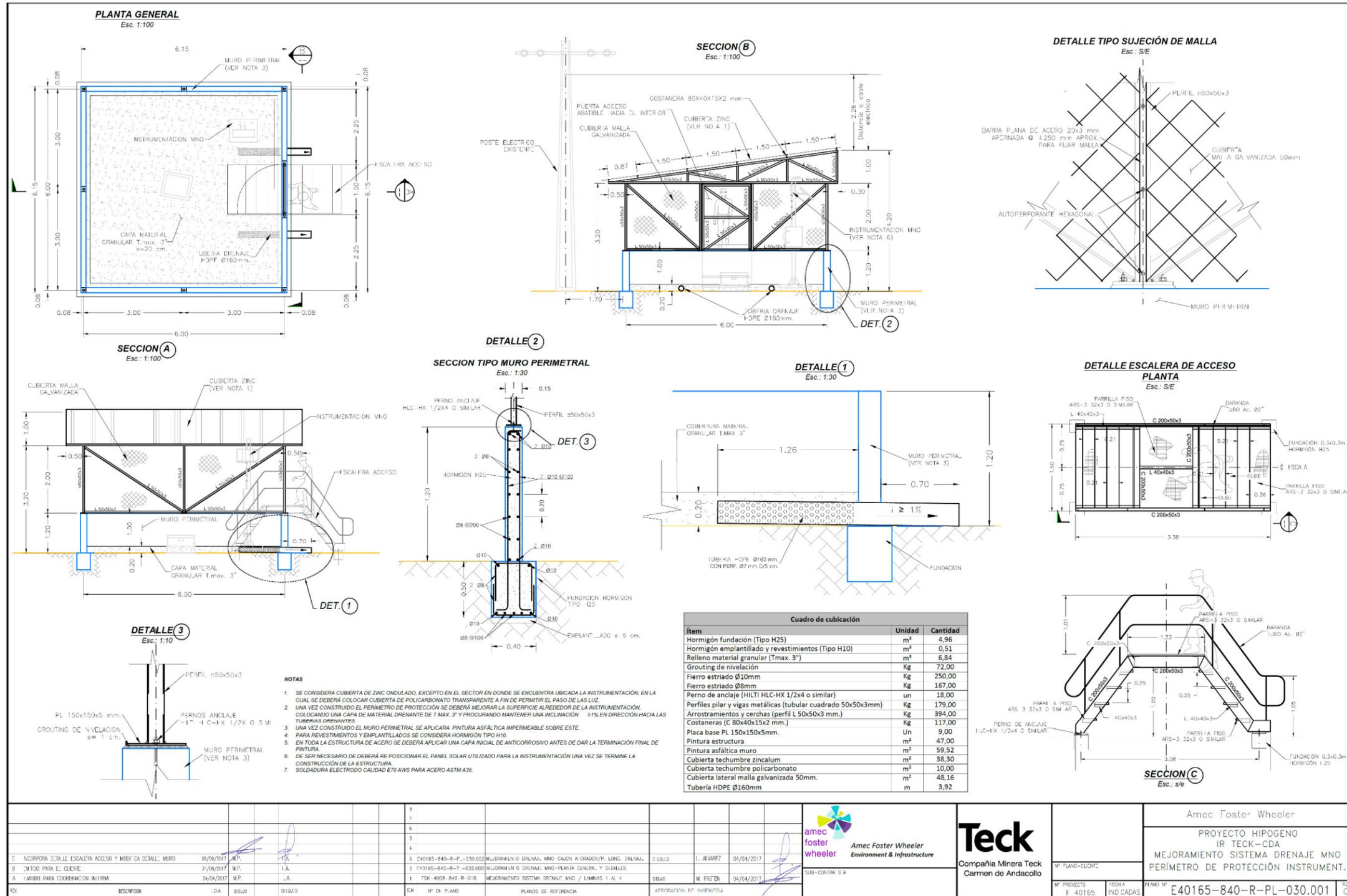


Figura 3-9: Normalización afloramientos sector "El Churque": Perímetro de Protección Instrumentación (Diseño).



## 4.0 RESUMEN ANUAL DE INSTRUMENTACIÓN Y TENDENCIA

### 4.1. Piezómetros de cuerda vibrante

Los muros auscultados corresponden al MN, MNO, MO y MO(S), cuya instrumentación se instaló como parte de las obras tempranas de la construcción de dichos muros. La instrumentación corresponde a piezómetros de cuerda vibrante tipo RST VW2100 con termistor integrado.

A continuación, se describe brevemente la secuencia de instalación y comienzo de análisis de las mediciones de la instrumentación de los muros del depósito de relaves.

#### 4.1.1. Etapa de construcción (EPCM) y comisionamiento

Los primeros instrumentos fueron instalados como parte de las obras tempranas correspondientes a la construcción del muro de anclaje y Etapa 1 del MNO en el año 2008 (PE-003, PE-004, PE-005 y PE-006). Posteriormente, durante julio de 2009 se instalaron los piezómetros del MO (PE-009 y PE-010), como parte de los trabajos asociados a la misma Etapa 1.

Durante el periodo de construcción, se realiza seguimiento de la operatividad de la instrumentación y registro de las mediciones, pero no se realiza interpretación alguna, dado que aún no comenzaba la operación del depósito.

Durante el proceso de comisionamiento del depósito de relaves, iniciado en octubre de 2009 (entrega de instalaciones a Teck CdA), y finalizado en febrero de 2010 (puesta en marcha), no se realizó el registro de mediciones de piezómetros.

#### 4.1.2. Etapa de operación

La puesta en marcha de la planta se verificó el 02 de febrero de 2010 y como parte de los trabajos correspondiente a la Etapa 2 de crecimiento del depósito de relaves, en abril de 2010 se instalaron los piezómetros del MN (PE-015 y PE-016) y en enero de 2011 se instaló un piezómetro adicional en el MO (PE-009A).

La puesta en marcha de la planta se verificó el 02 de febrero de 2010 y como parte de los trabajos correspondiente a la Etapa 2 de crecimiento del depósito de relaves, en abril de 2010 se instalaron los piezómetros del MN (PE-015 y PE-016) y en enero de 2011 se instaló un piezómetro adicional en el MO (PE-009A).

En abril del año 2016 se instalaron los piezómetros del MO(S) (PE-013 y PE-014).

Durante el año 2018, se instalaron y habilitaron tanto en el MNO como en el BS piezómetros de fibra óptica y Casagrande, en los sondajes que son parte de la campaña actualmente en desarrollo.

Respecto del registro de lecturas históricos, no se dispone de lecturas piezométricas, entre los meses de abril y agosto del año 2012.

### 4.1.3. Ubicación de los piezómetros

La planta de disposición general de los piezómetros de los muros del depósito de relaves se muestra en la Figura 2-2 (Planta) y las secciones se muestran en las Figuras 2-3 @ 2-10. La ubicación de los piezómetros, los muros en los que se instalaron y sus coordenadas y elevaciones de instalación, se resumen en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1: Piezómetros instalados**

INSTRUMENTO		FECHA L0	CT	LOCALIZACIÓN		
TAG	SERIAL					
PE-003	VW6867	30-01-08	1.054,532	N 6.650.542,280	E 298.198,469	DREN LATERAL AAB MNO E1
PE-004	VW6866	30-01-08	1.058,543	N 6.650.498,306	E 298.142,786	RM MNO AAR DREN E1
PE-005	VW6865	30-01-08	1.058,167	N 6.650.479,435	E 298.235,431	DREN LATERAL AAR MNO E1
PE-006	VW6864	30-01-08	1.062,162	N 6.650.444,191	E 298.185,643	RM MNO AAR DREN E1
PE-019	VW8334	27-03-08	1.048,620	N 6.650.622,353	E 298.276,232	DREN CENTRAL MNO AAR E1
PE-020	VW8333	27-03-08	1.047,335	N 6.650.660,807	E 298.310,157	DREN CENTRAL MNO AAB E1
PE-010	VW8331	08-07-09	1.103,219	N 6.649.748,810	E 298.241,998	DREN CENTRAL MO E1
PE-009	VW8332	08-07-09	1.110,050	N 6.649.710,899	E 298.236,185	DREN LATERAL MO E1
PE-009A	VW16738	03-01-11	1.120,95	N 6.649.647.807	E 298.253.031	DREN LATERAL MO E2
PE-013	100C15107	12-04-16	1.146,06	N 6.648.405,231	E 298.204,126	DREN LATERAL 3 (S) MO(S) E3
PE-014	100C15108	13-04-16	1.145,14	N 6.648.488,935	E 298.226,954	DREN LATERAL 3 (N) MO(S) E3
PE-015	VW12772	07-04-10	1.129,804	N 6.651.011,805	E 297,591,350	DREN LATERAL (O) MN E2
PE-016	VW12773	07-04-10	1.127,300	N 6.650.993,750	E 297.472,667	DREN LATERAL (P) MN E2

Debido a una intervención del banco ducto por parte de la empresa INCOPESA durante los trabajos de construcción del dren central del MO, el día 25 de septiembre de 2010, se cortaron los cables del piezómetro PE-010, el cual fue descubierto para verificar su estado y reinstalado por la empresa Geomediciones, resultando una nueva cota de instalación CT de 1.103,739 m s.n.m. a partir del 25 de octubre de 2010.

La ubicación final de los instrumentos, como también el trazado de los banco ductos se detallan en los siguientes planos As Built (Figuras 4-1 @ 4-7).

Figura 4-1: Plano E40071-840-R-PL-163.000\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MN Planta (As Built), de fecha 2016.06.13.

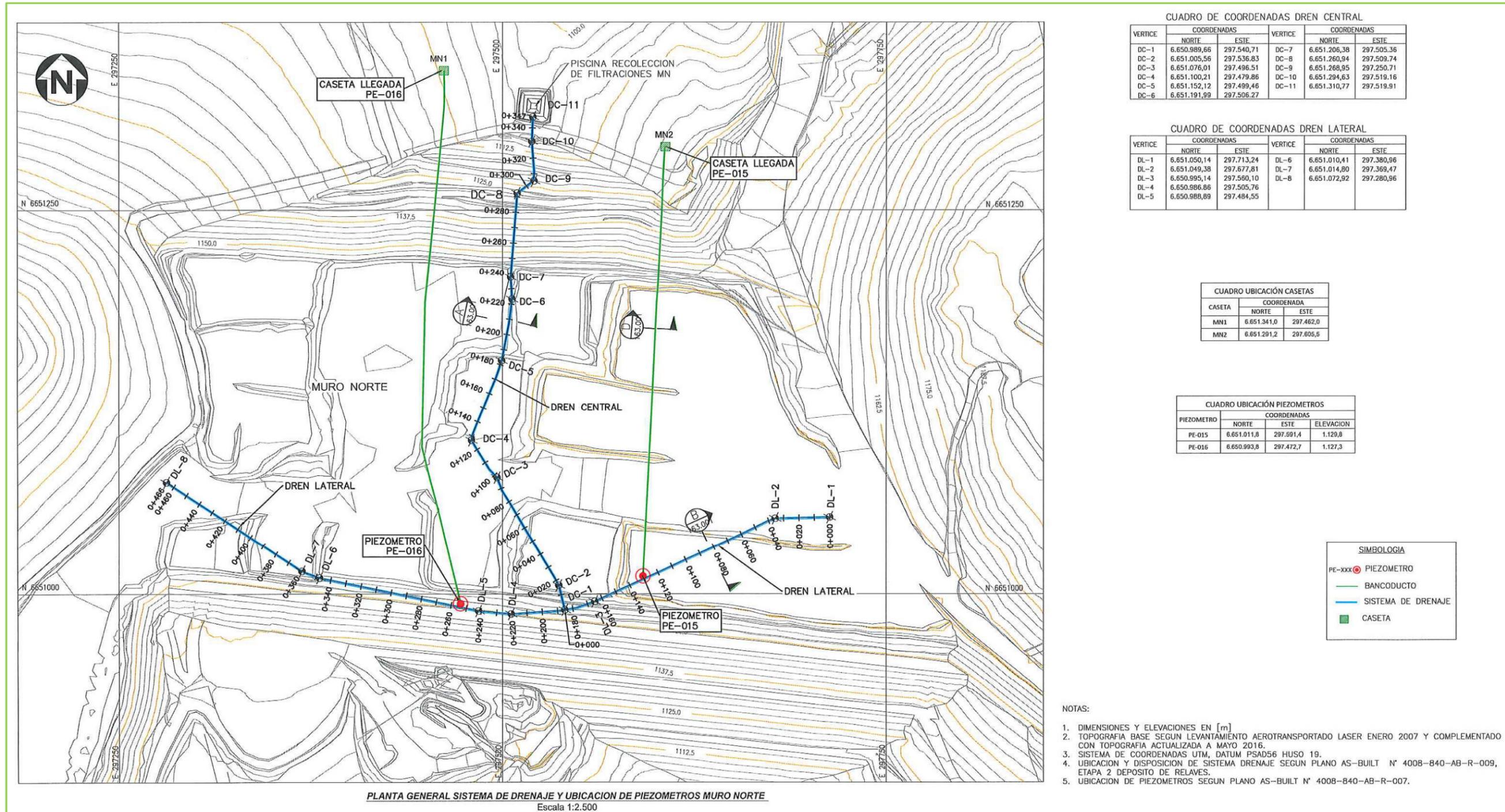


Figura 4-2: Plano E40071-840-R-PL-163.001\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MN Perfiles (As Built), de fecha 2016.06.13.

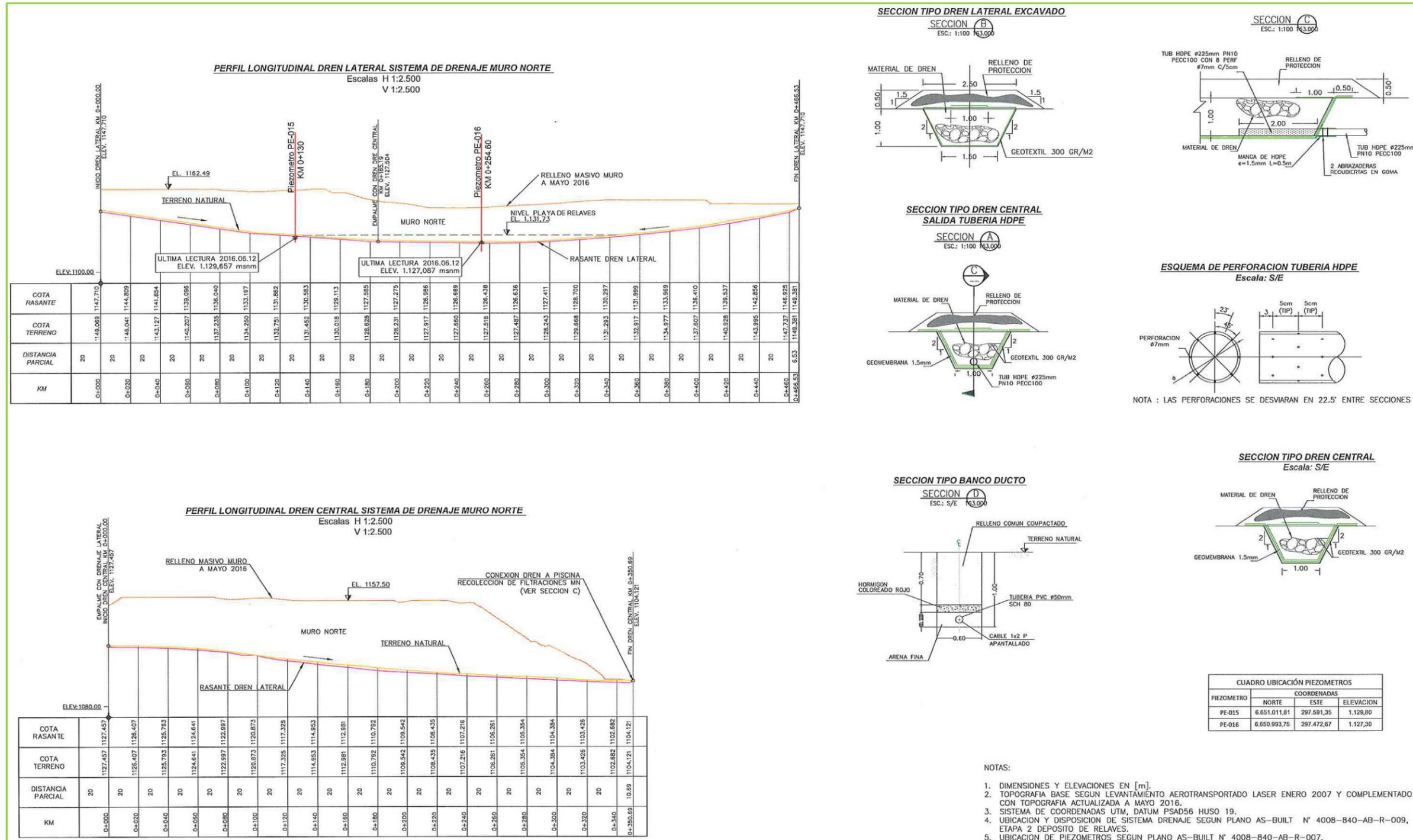
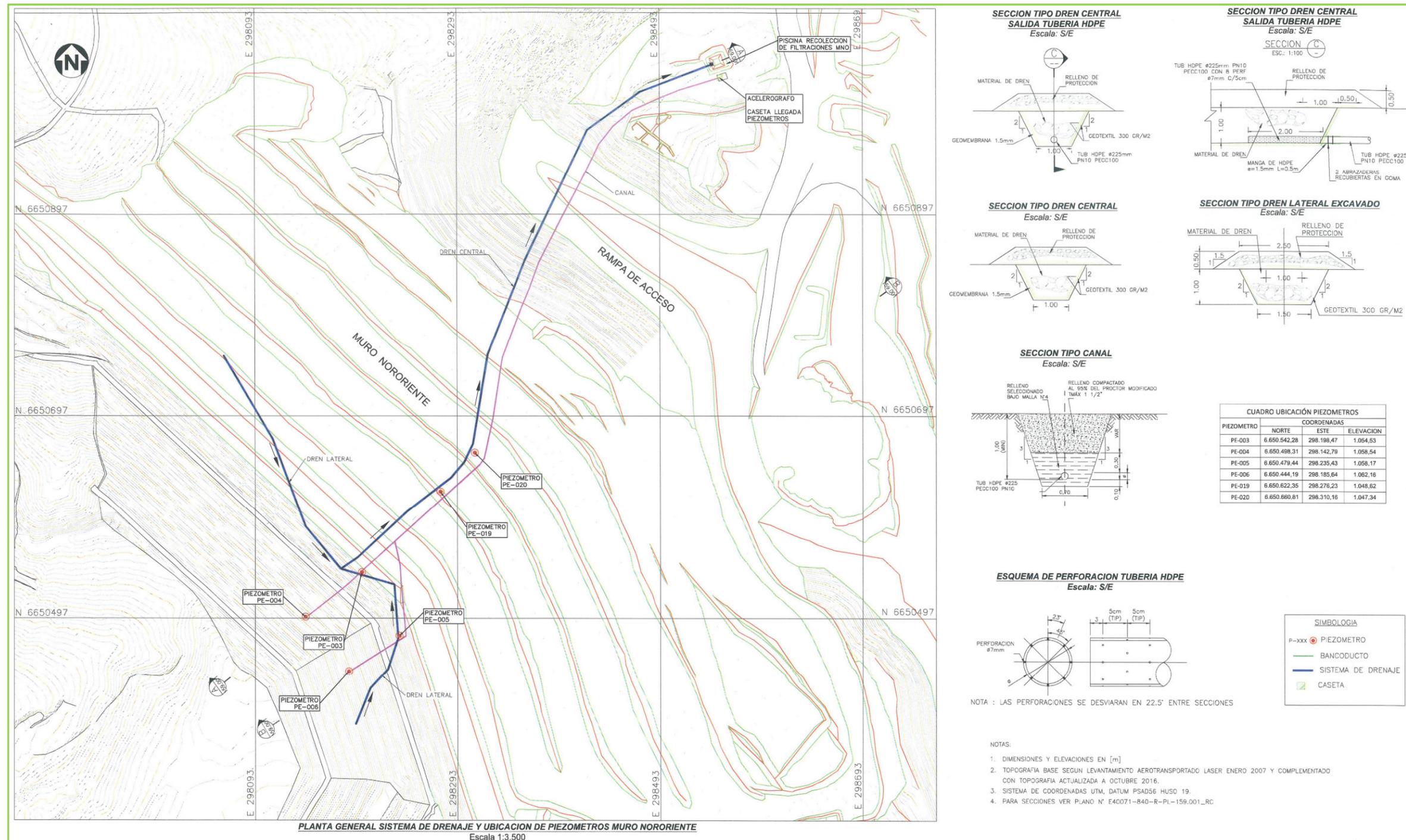


Figura 4-3: Plano E40071-840-R-PL-159.000\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MNO Planta (As Built), 2016.10.21.



**SECCION TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE**  
Escala: S/E

**SECCION TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE**  
Escala: S/E

**SECCION TIPO DREN CENTRAL**  
Escala: S/E

**SECCION TIPO DREN LATERAL EXCAVADO**  
Escala: S/E

**SECCION TIPO CANAL**  
Escala: S/E

CUADRO UBICACION PIEZOMETROS			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-003	6.650.542,28	298.198,47	1.054,53
PE-004	6.650.498,31	298.142,79	1.058,54
PE-005	6.650.479,44	298.235,43	1.058,17
PE-006	6.650.444,19	298.185,64	1.062,16
PE-019	6.650.622,35	298.276,23	1.048,62
PE-020	6.650.680,81	298.310,16	1.047,34

**ESQUEMA DE PERFORACION TUBERIA HDPE**  
Escala: S/E

NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22.5° ENTRE SECCIONES

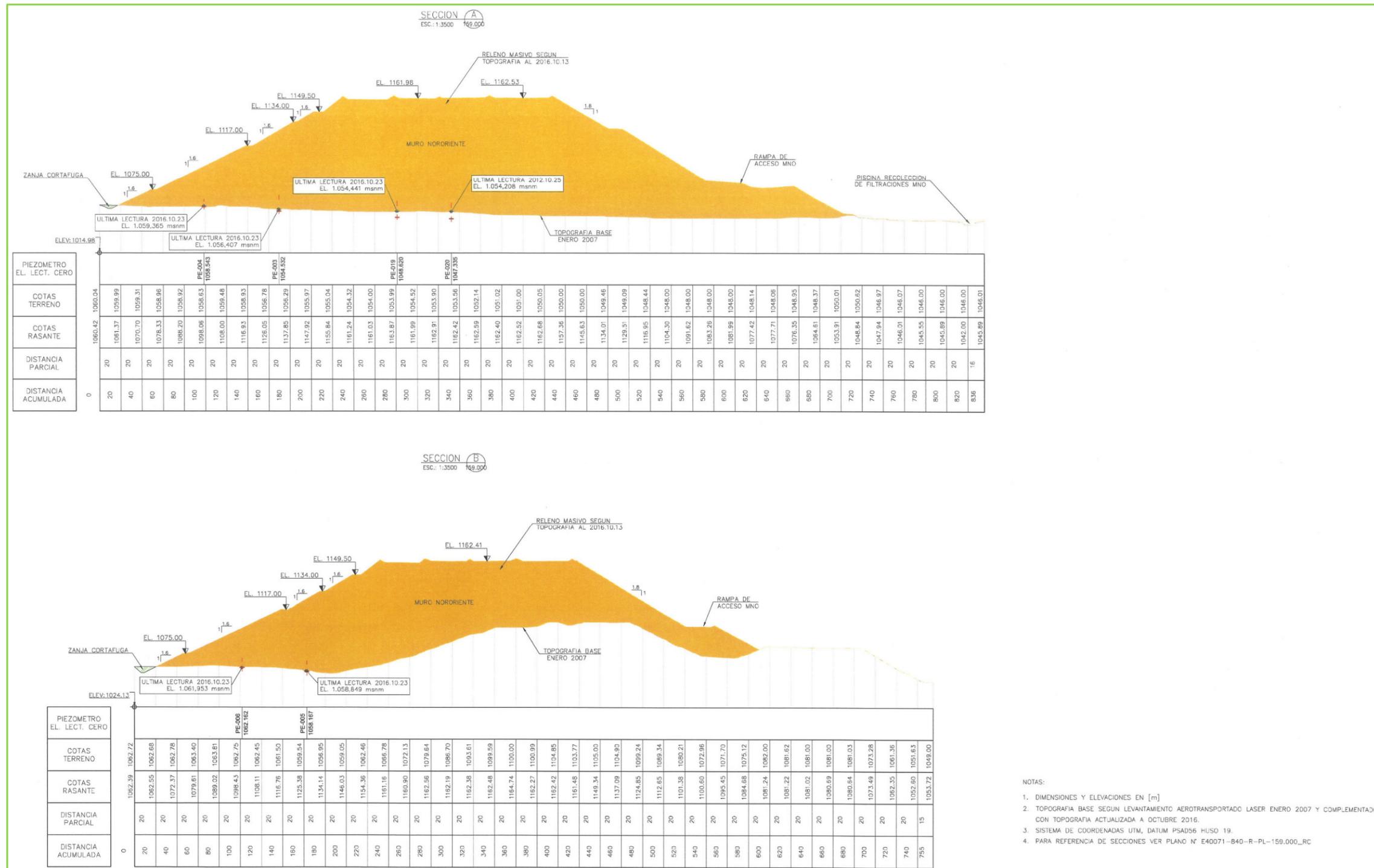
NOTAS:

- DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
- TOPOGRAFIA BASE SEGUN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LASER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFIA ACTUALIZADA A OCTUBRE 2016.
- SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSD 19.
- PARA SECCIONES VER PLANO N° E40071-840-R-PL-159.001\_RC

**SIMBOLOGIA**

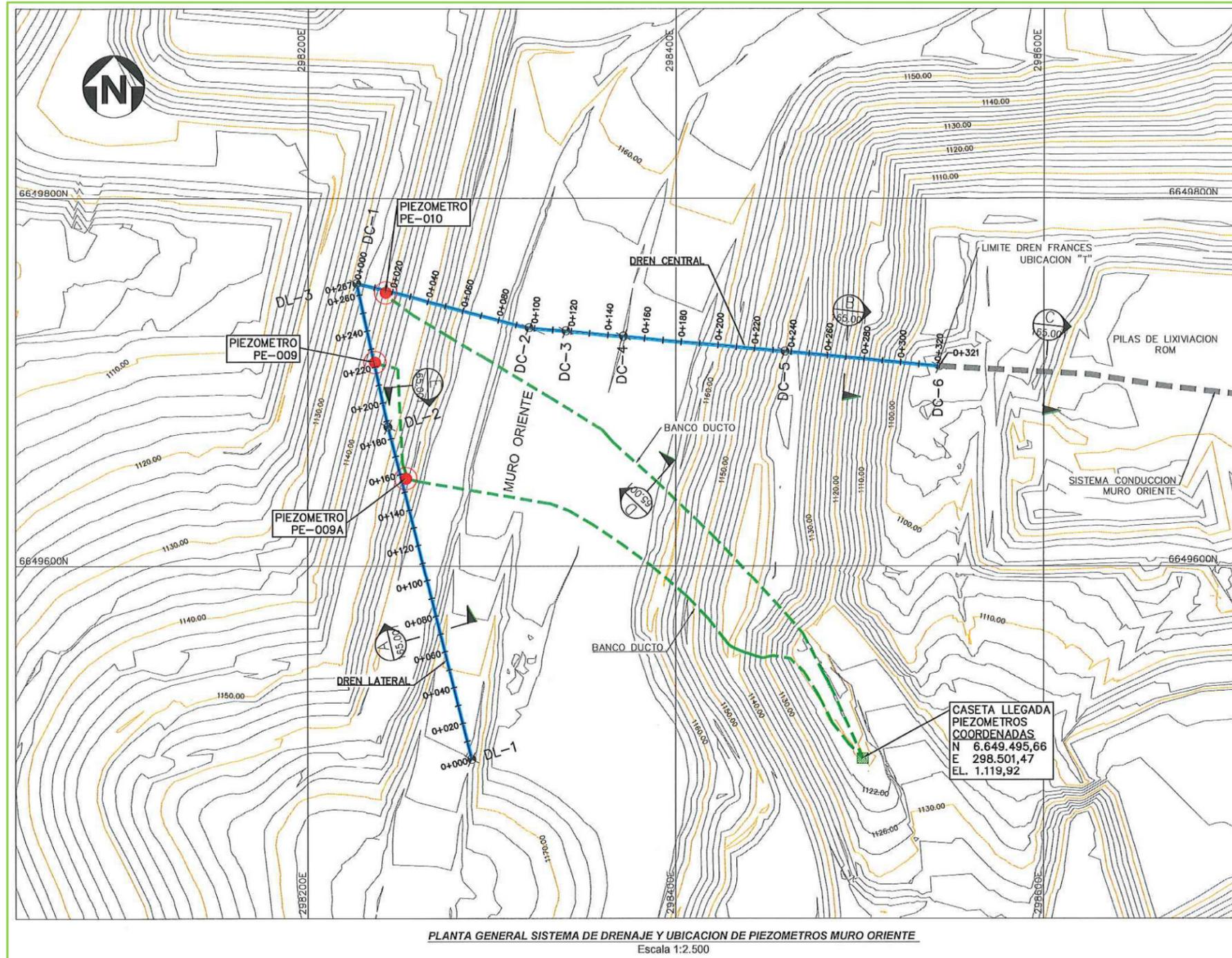
- P-xxx ● PIEZOMETRO
- BANCODUCTO
- SISTEMA DE DRENAJE
- CASETA

Figura 4-4: Plano E40071-840-R-PL-159.001\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MNO Perfiles (As Built), 2016.10.21.



- NOTAS:
1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
  2. TOPOGRAFIA BASE SEGUN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LASER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFIA ACTUALIZADA A OCTUBRE 2016.
  3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
  4. PARA REFERENCIA DE SECCIONES VER PLANO N° E40071-840-R-PL-159.000\_RC

Figura 4-5: Plano E40071-840-R-PL-165.000\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO Planta (As Built), 2016.06.13



CUADRO DE COORDENADAS DREN CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
DC-1	6.649.753,74	298.226,26
DC-2	6.649.729,66	298.320,37
DC-3	6.649.728,00	298.340,35
DC-4	6.649.725,01	298.371,57
DC-5	6.649.716,89	298.459,35
DC-6	6.649.708,90	298.543,27

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
DL-1	6.649.494,79	298.289,29
DL-2	6.649.675,78	298.243,36
DL-3	6.649.753,74	298.226,26

PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-009	6.649.710,90	298.236,19	1.110,05
PE-009A	6.649.647,81	298.253,03	1.120,95
PE-010	6.649.748,81	298.242,00	1.103,22

SIMBOLOGIA	
PE-xxx	PIEZOMETRO
—	BANCO DUCTO
—	SISTEMA DE DRENAJE
■	CASETA

NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. TOPOGRAFIA BASE SEGUN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LASER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFIA ACTUALIZADA A MAYO 2016.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACION Y DISPOSICION DE SISTEMA DRENAJE SEGUN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-010, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACION DE PIEZOMETROS SEGUN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-008.

Figura 4-6: Plano E40071-840-R-PL-165.001\_RB Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO Perfiles (As Built), 2016.06.13.

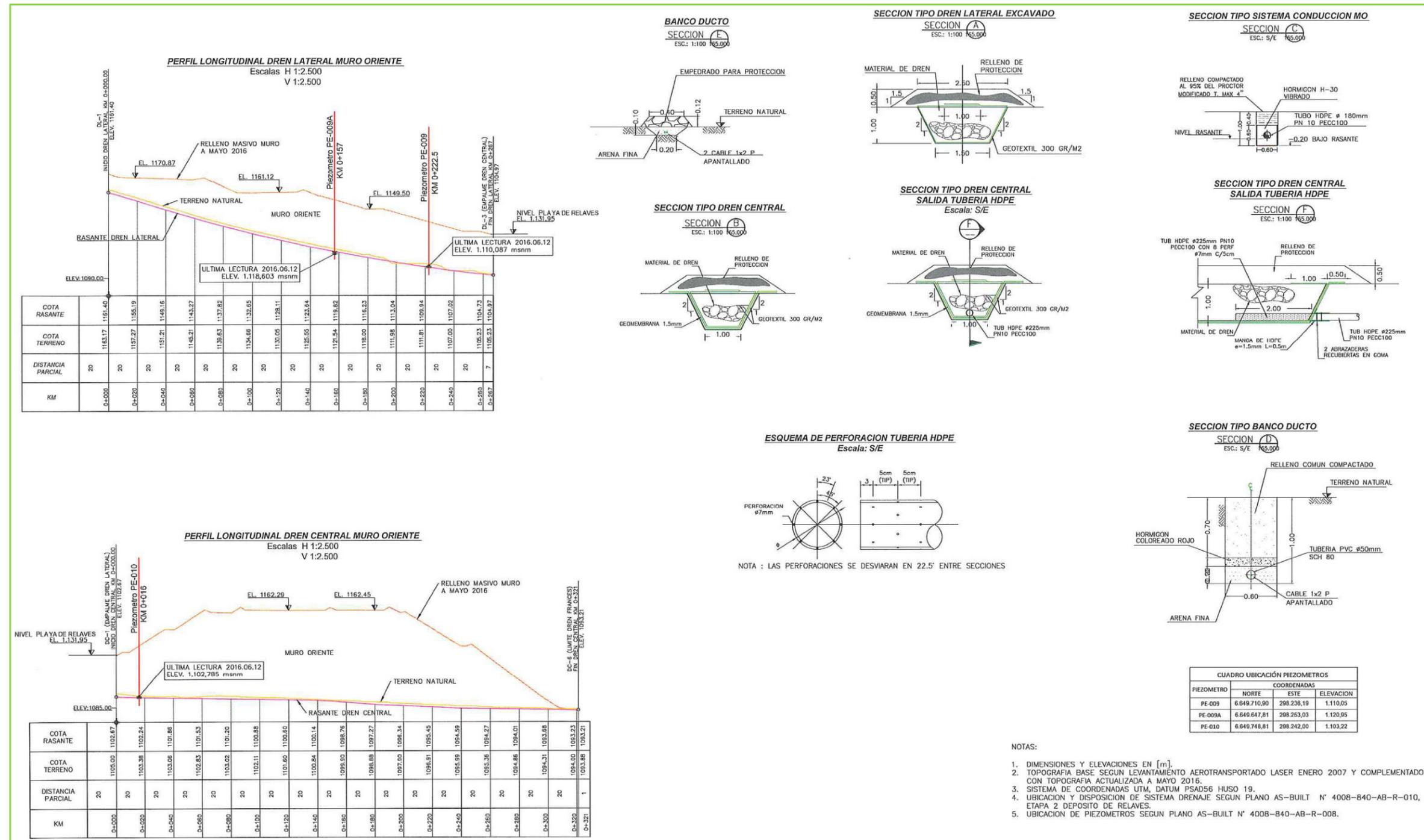
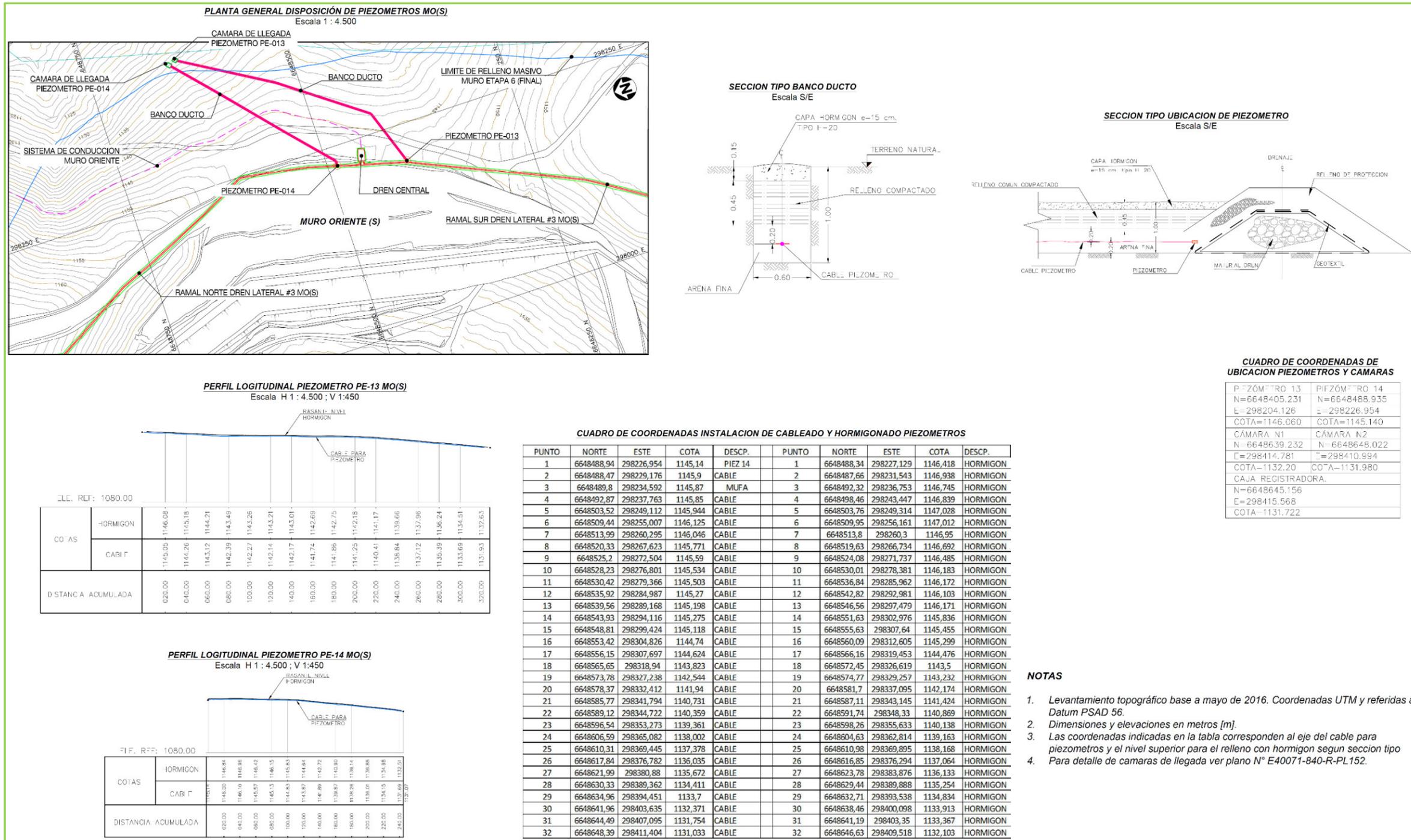


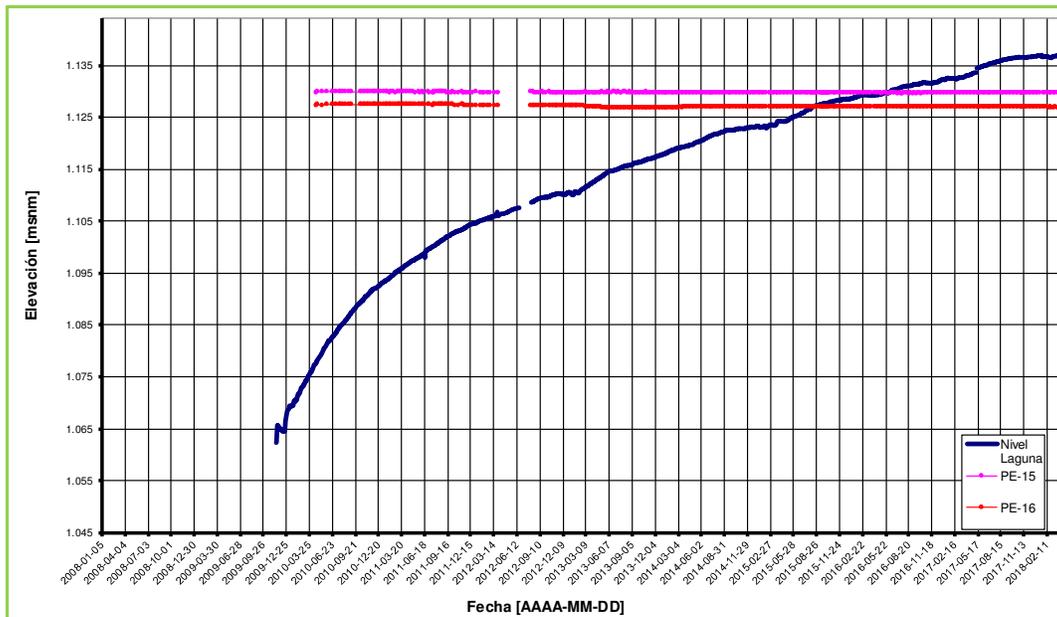
Figura 4-7: Plano E40071-840-R-AB-013\_RA Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros MO(S) Planta y Perfiles (As Built), 2016.05.12.



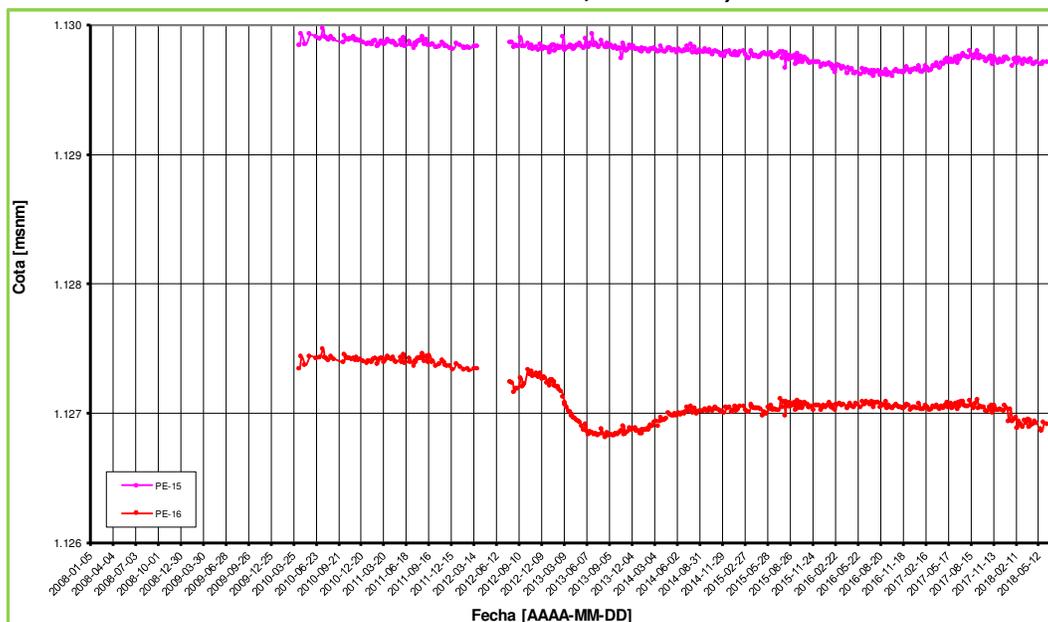
## 4.1.4. Lecturas Piezómetros MN

Respecto de los dos (2) piezómetros instalados en la fundación del MN (PE-015 y PE-016), al momento de escribir el presente informe, se encuentran instalados a una cota bajo la El. de la playa de relaves en contacto con el muro, y no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF, si bien el nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras se encuentra hoy por sobre la elevación de instalación instrumental de los piezómetros, el agua se encuentra distanciada del muro.

**Figura 4-8: Grafico Piezométrico MN – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).**



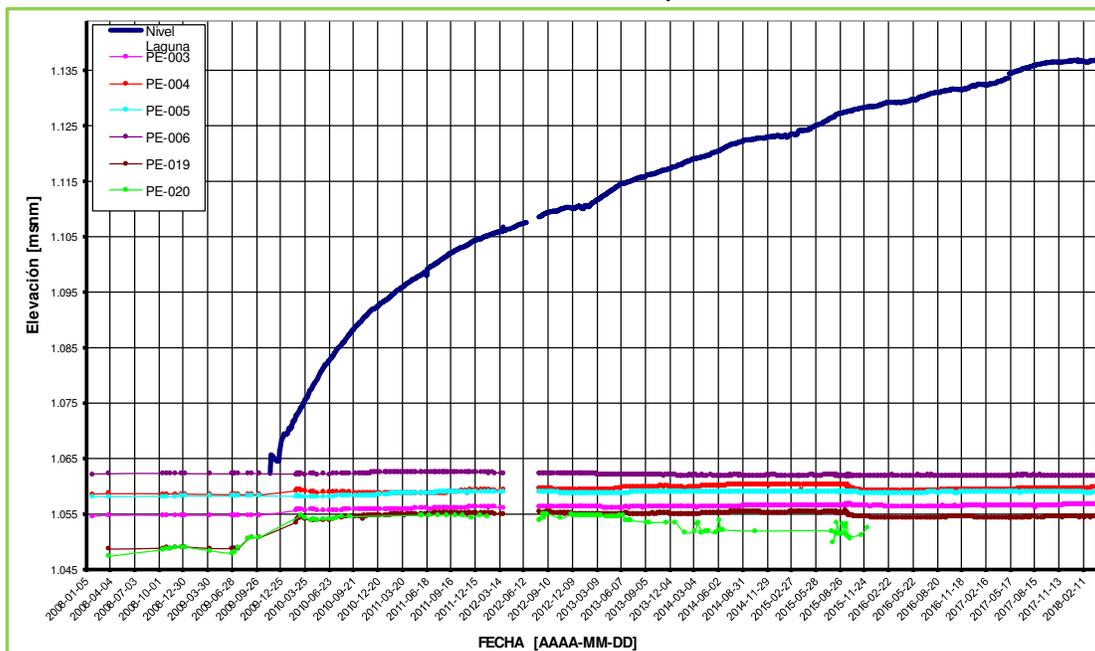
**Figura 4-9: Grafico Piezométrico MN, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).**



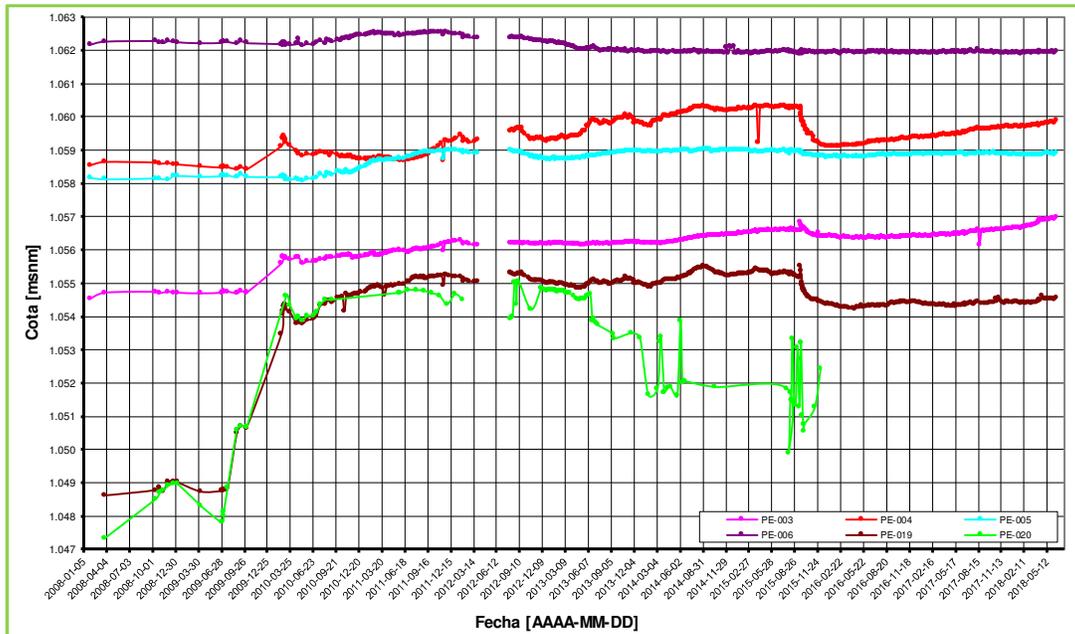
## 4.1.5. Lecturas Piezómetros MNO

El piezómetro PE-020, está dañado y presenta lecturas espurias desde mediados de 2013, el resto de los piezómetros, se encuentran operativos. Los piezómetros (PE-003, PE-004 y PE-019) presentan un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico (máximo incremento 30 cm en el periodo, para el PE-003), los dos (2) piezómetros restantes no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF. Respecto de los piezómetros PE-19 y PE-20, se deja establecido que están instalados a la cola (aguas abajo) del sistema de drenaje del MNO en el tramo denominado dren central. Para todos los muros el dren central cumple la función de conducción del agua captada por los drenes laterales, pero no es impermeable en todo su perímetro, permitiendo la captación de agua solo por la parte superior (top) del dren, de manera de deprimir el nivel freático hacia aguas abajo de los muros en caso de ser necesario. Por otro lado, se señala que la El. instrumental para los piezómetros PE-19 y PE-20 se encuentra aproximadamente 4,0 m por debajo de la rasante del dren, a diferencia del resto de los piezómetros para los cuales la El. instrumental coincide con la rasante del dren respectivo. Por lo tanto, el nivel freático en [mca] (metros columna de agua) en ellos medido, debe ser leído y utilizado considerando dicha condición de montaje.

**Figura 4-10: Grafico Piezométrico MNO – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).**



**Figura 4-11: Grafico Piezométrico MNO, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).**



#### 4.1.6. Lecturas Piezómetros MO

El piezómetro PE-009A presenta un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico (máximo incremento 56 cm, en el periodo), los dos (2) piezómetros restantes no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF. Para la ubicación del PE-009A, ver figuras 4-5 y 4-6. Si bien al momento de la visita, la cañería de descarga del sistema de drenaje al cajón aforador estaba seca, se han reportado pequeños flujos intermitentes de agua conducidas por la misma. Estos flujos se están analizando desde el punto de vista de la calidad del agua de manera de identificar el origen, ya que la tubería colectora pasa por debajo de una pila ROM.

Figura 4-12: Grafico Piezométrico MO – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).

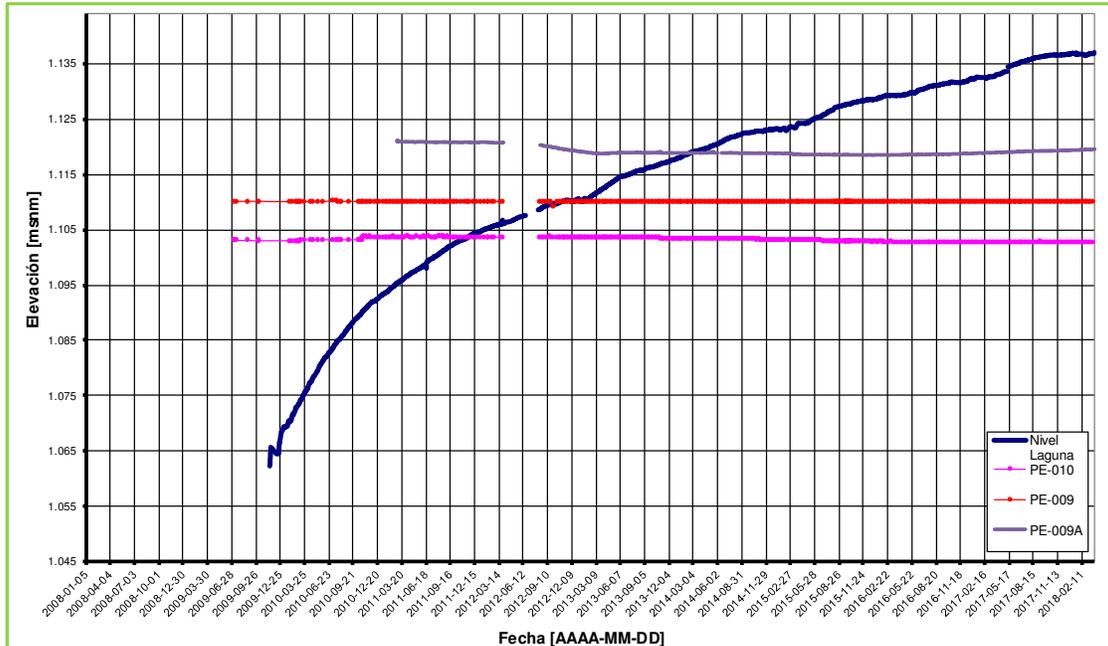
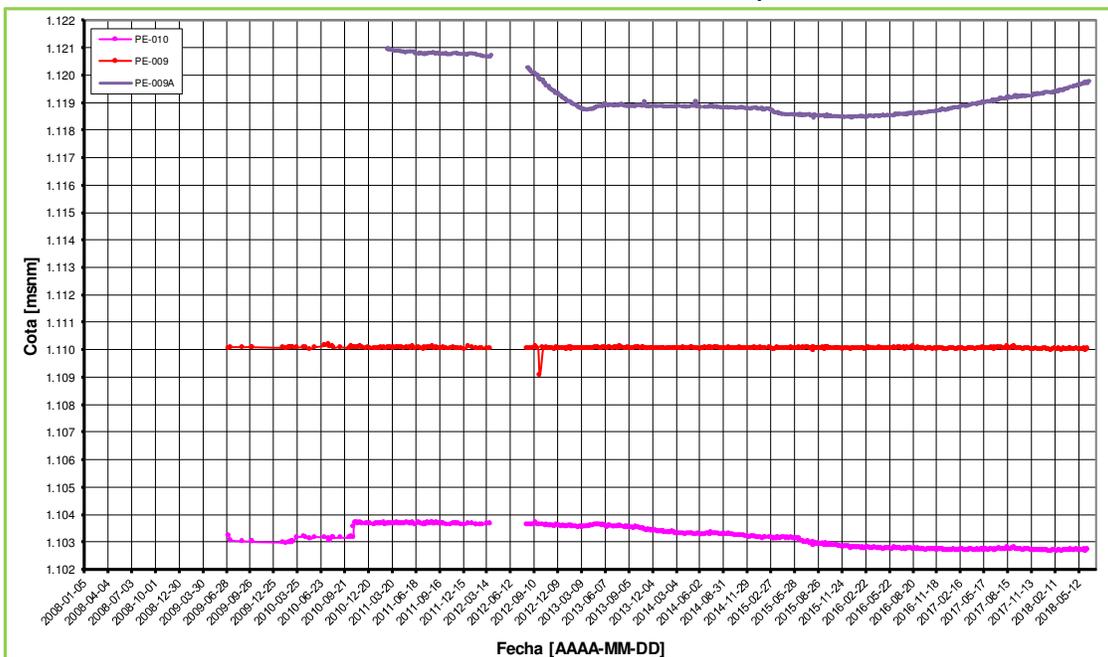


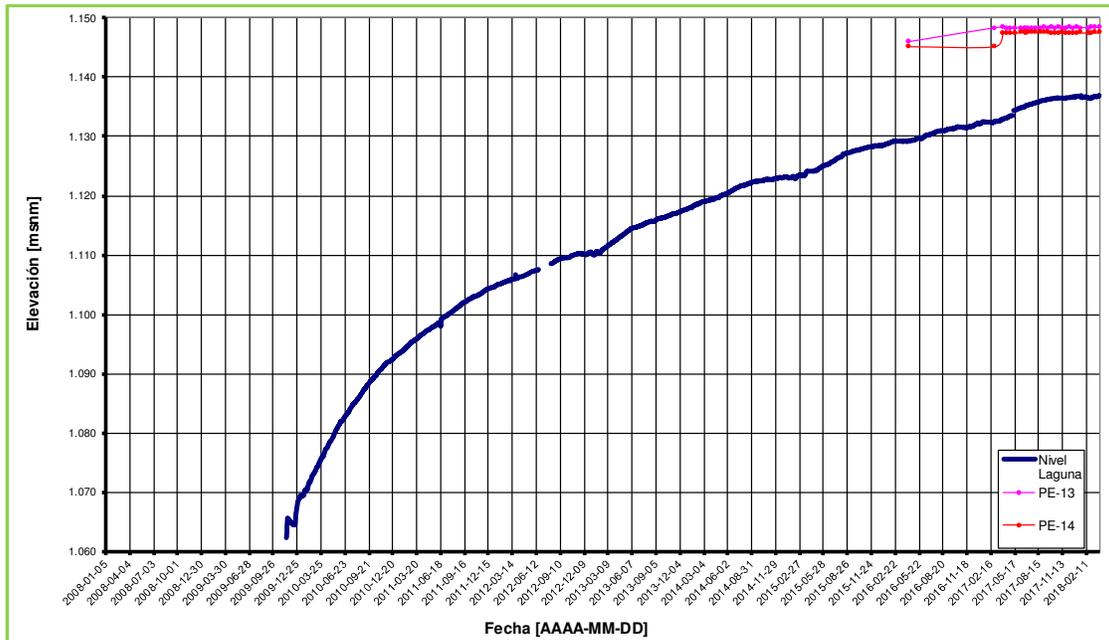
Figura 4-13: Gráfico Piezométrico MO, sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW)



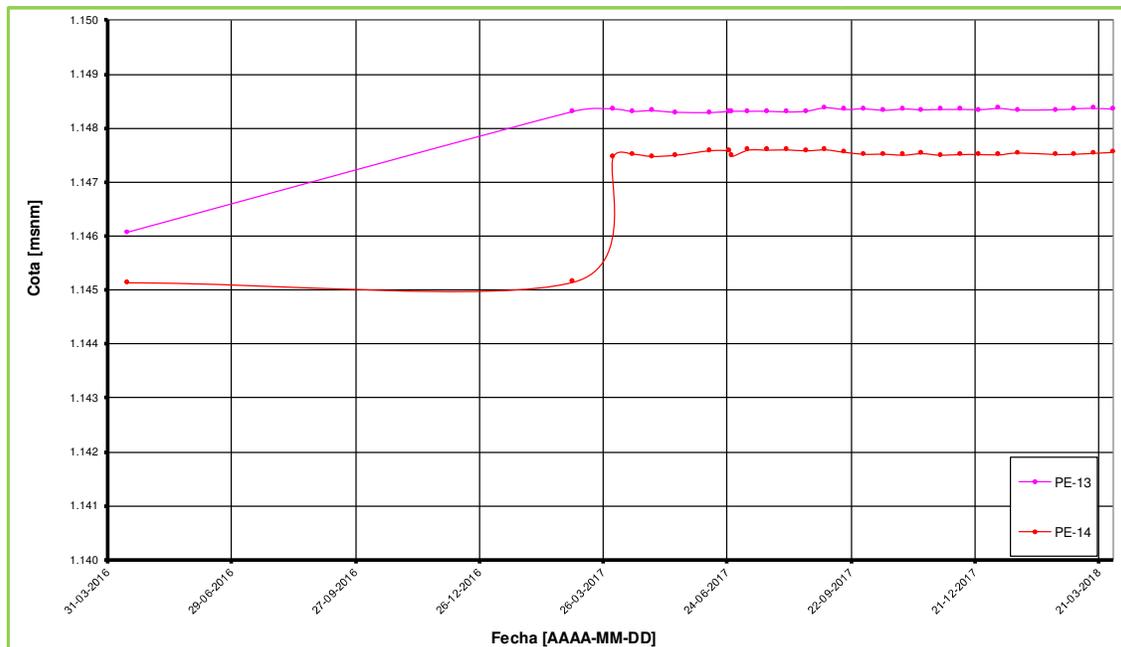
#### 4.1.7. Lecturas Piezómetros MO(S)

Al momento de escribir el presente informe, los piezómetros PE-013 y PE-014, se encuentran instalados a una cota superior a la de la El. de la playa de relaves en contacto con el muro impermeabilizado, por lo que no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF.

**Figura 4-14: Grafico Piezométrico MO(S) – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).**



**Figura 4-15: Grafico Piezométrico MO(S), sin El. Laguna – histórico (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW)**



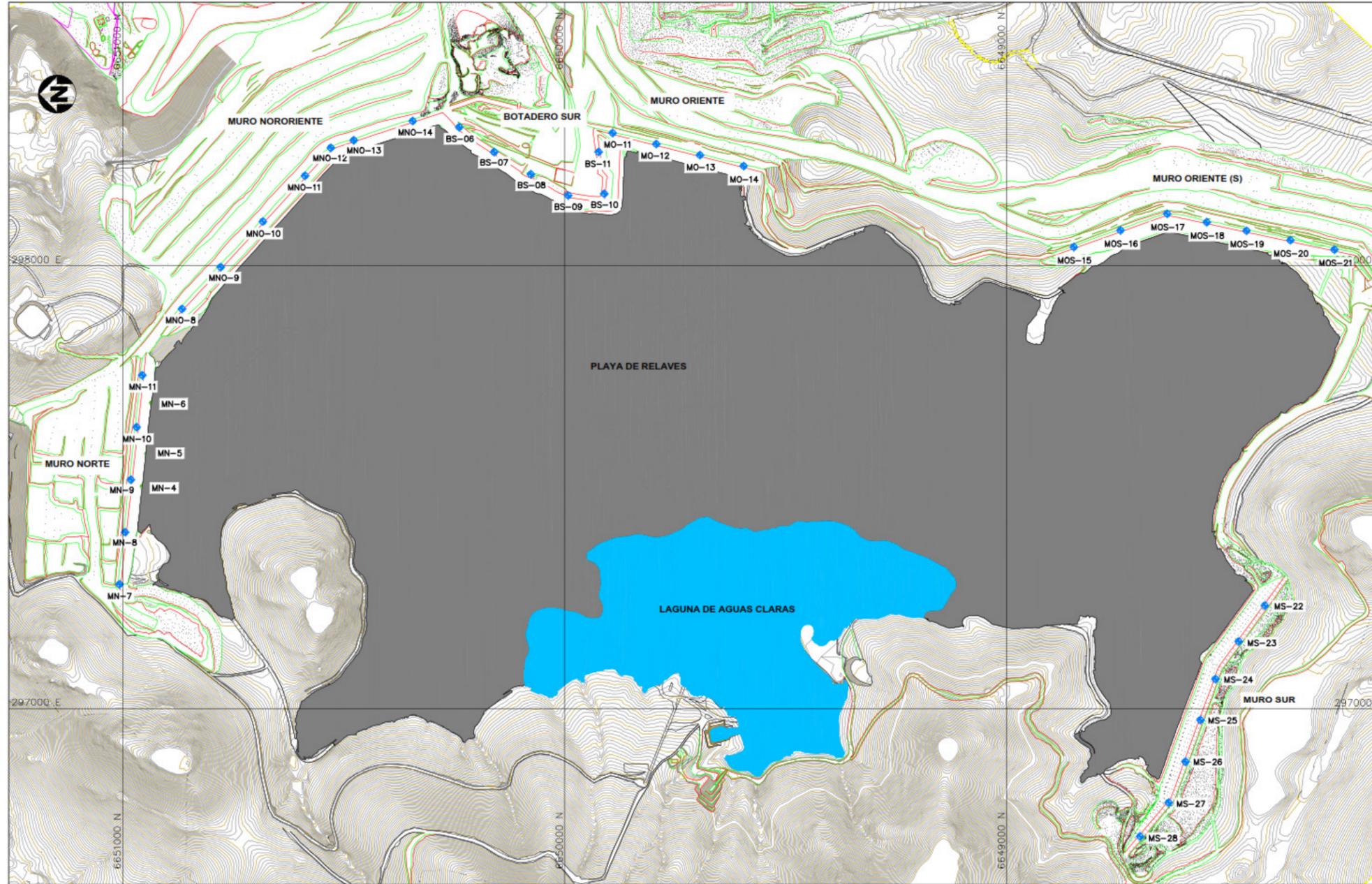
En general, salvo para el evento puntual del terremoto del 16S, los piezómetros presentan lecturas estables en todos los casos, lo que indica que el nivel freático en el interior de los muros está controlado por el sistema de drenaje, con una tendencia creciente en el tiempo, en el caso particular del MNO.

## 4.2. Deformaciones / Asentamientos

Se realizan nivelaciones cerradas trimestrales de acuerdo con la recomendación del Manual OMS. Sin embargo, existen periodos en los cuales por interferencias constructivas resulta imposible ejecutar los controles programados, los que se retoman al momento de liberarse los frentes de trabajo.

En la Figura 4-16, se presenta la distribución de los monolitos para la Etapa 3 los cuales se encuentran todos operativos en el periodo evaluado, excepto el monolito MN-7 ubicado en el MN que se encuentra cubierto con material de camino operacional hacia el acopio de relaves U - V.

Figura 4-16: Monolitos para control de Asentamientos – Etapa 3 (ref. AmecFW)



MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-7	6.651.007,37	297.281,62	1.149,50	
MN-8	6.650.994,46	297.398,96	1.149,50	
MN-9	6.650.981,44	297.517,24	1.149,50	
MN-10	6.650.968,43	297.635,51	1.149,50	
MN-11	6.650.955,59	297.752,19	1.149,50	
MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-8	6.650.865,69	297.902,84	1.149,50	
MNO-11	6.650.587,49	298.202,70	1.149,50	
MURO ORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MO-11	6.649.891,74	298.299,04	1.149,50	
MO-12	6.649.792,93	298.274,20	1.149,50	
MO-13	6.649.694,13	298.249,34	1.149,50	
MO-14	6.649.595,40	298.224,55	1.149,50	
BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-10	6.649.910,56	298.162,39	1.149,50	
BS-11	6.649.923,27	298.256,41	1.149,50	
MURO ORIENTE (S)				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MOS-15	6.648.848,29	298.042,31	1.149,50	
MOS-16	6.648.742,83	298.079,72	1.149,50	
MOS-17	6.648.637,36	298.117,13	1.149,50	
MOS-18	6.648.547,67	298.098,02	1.149,50	
MOS-19	6.648.457,98	298.078,91	1.149,50	
MOS-20	6.648.358,42	298.057,70	1.149,50	
MOS-21	6.648.258,85	298.036,49	1.149,50	
MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-4	6.650.953,236	297.501,399	1.134	
MN-5	6.650.942,894	297.575,491	1.134	
MN-6	6.650.932,467	297.689,442	1.134	
MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-9	6.650.778,348	297.996,98	1.149,5	
MNO-10	6.650.682,917	298.099,842	1.149,5	
MNO-12	6.650.529,089	298.265,648	1.149,5	
MNO-13	6.650.477,322	298.282,554	1.149,5	
MNO-14	6.650.343,947	298.326,108	1.149,5	
BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-06	6.650.238,576	298.312,097	1.149,5	
BS-07	6.650.159,69	298.255,989	1.149,5	
BS-09	6.649.992,005	298.158,28	1.149,5	
BS-08	6.650.076,396	298.206,21	1.149,5	
MURO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MS-22	6.648.416,18	297.233,79	1.149,5	
MS-23	6.648.475,35	297.153,18	1.149,5	
MS-24	6.648.527,77	297.068,71	1.149,5	
MS-25	6.648.561,93	296.974,72	1.149,5	
MS-26	6.648.595,88	296.880,67	1.149,5	
MS-27	6.648.633,91	296.788,56	1.149,5	
MS-28	6.648.698,44	296.712,22	1.149,5	

PLANTA GENERAL  
Esc. 1/10000

NOTAS

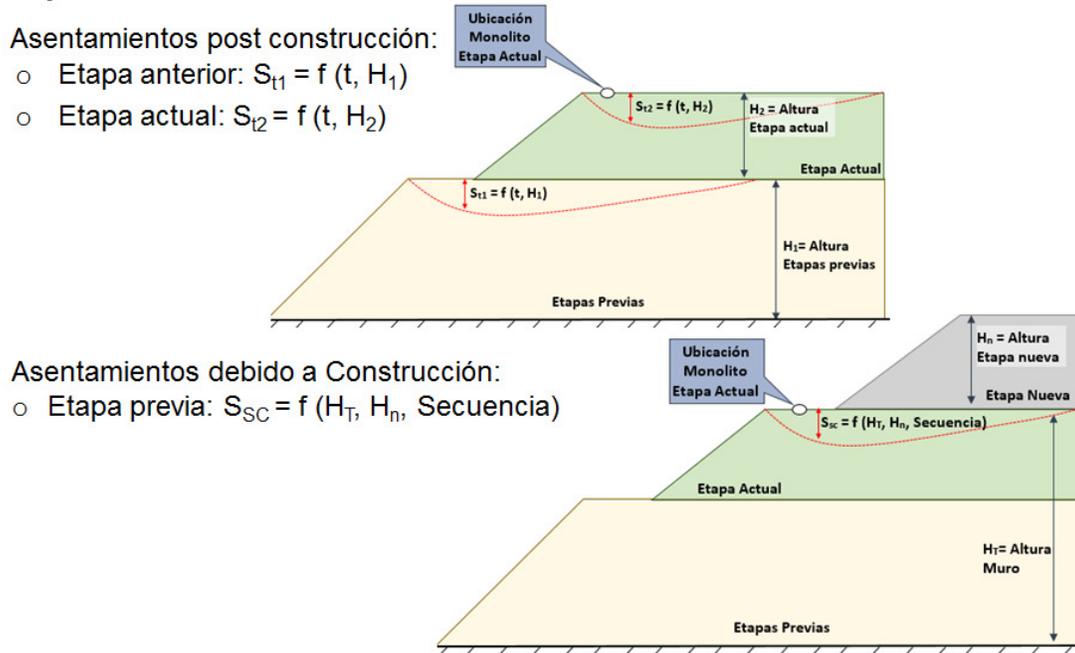
- 1.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO BASE ACTUALIZADO AL 2016.12.31. COORDENADAS UTM Y REFERIDAS A DATUM PSAD 56.
- 2.- DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].

LEYENDA

- ◆ MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS

Durante el período se analizaron los asentamientos estáticos, de acuerdo con las siguientes consideraciones (ref. presentación GRB 2018: “Análisis de asentamientos muros y botadero 2018”, AmecFW):

**Figura 4-17: Tipos de Asentamiento Estático (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW)**



Donde:

- Asentamiento total:  $S_T: S_{t1} + S_{t2} + S_{sc}$
- Porcentaje total de asentamiento:  $\% S_T = S_T / H_T$

Adicionalmente, se analiza para la Etapa actual, el porcentaje de asentamiento post construcción,  $\% S_{t2}$ , definido de acuerdo con la altura de cada Etapa,  $H_2$ :

- $\% S_{t2} = S_{t2} / H_2$

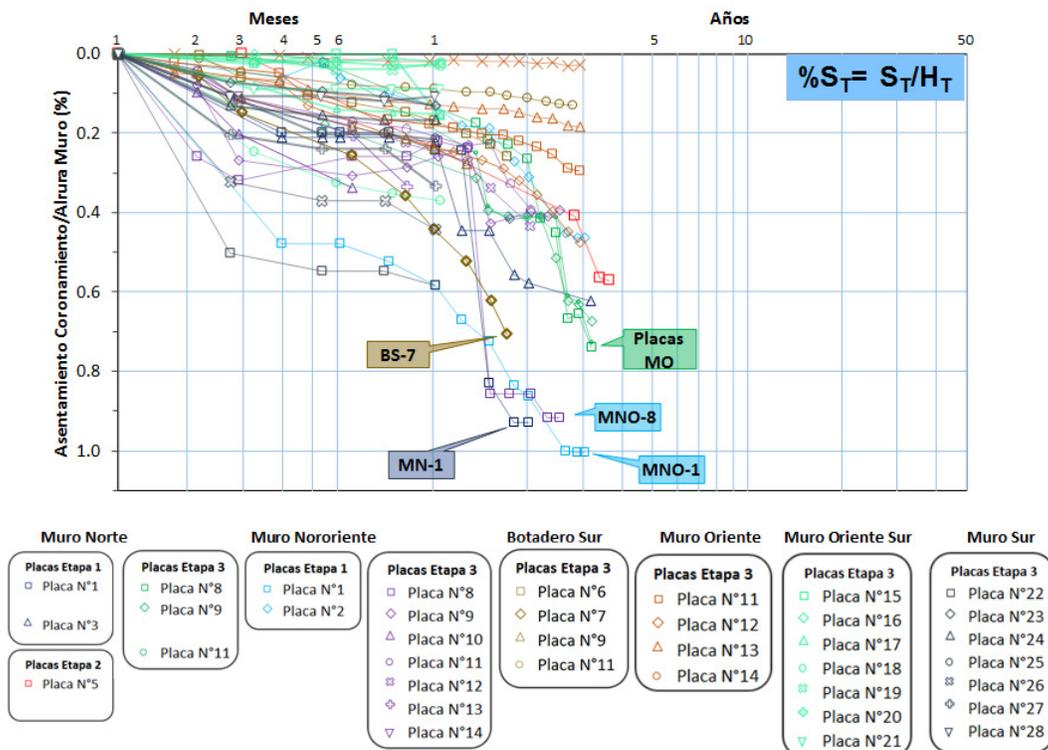
El análisis, efectuado no contempló los asentamientos inducidos por la carga de los relaves durante la depositación, sobre la cara del talud aguas arriba de los muros, los que deberán incluirse en la siguiente etapa del estudio.

A continuación, se presentan los gráficos construidos con la información de las nivelaciones cerradas trimestrales que recomienda el OMS. Se han dejado fuera del análisis aquellos monolitos que presentan asentamientos post construcción ( $S_{t2}$ ) que excedan los valores reportados para depósitos construidos con Rockfill no compactado. Este asentamiento excesivo, se asocia principalmente a monolitos que han presentado un desplazamiento lateral, los que han comenzado a monitorearse mensualmente desde el mes de abril de 2017 (MN) y desde comienzos del 2018 (resto de los muros), por lo que no existe suficiente información para incorporarlos al análisis, por lo que esta

información deberá revisarse desde el Q1 del año 2019, a manera de evaluar si es factible incorporar al análisis de asentamientos, estos corrimientos laterales.

Relativo a lo anterior, se deja establecido que, al momento de escribir el presente informe, Teck CdA está en el proceso de habilitar una estación total destinada al monitoreo del embalse de relaves, junto con prismas distribuidos a lo largo de la plataforma operacional de cada muro a la EI. de coronamiento de la Etapa 3. Para el análisis futuro de los asentamientos, se deberá utilizar la información rescatada en tiempo real y de manera remota por los nuevos instrumentos topográficos.

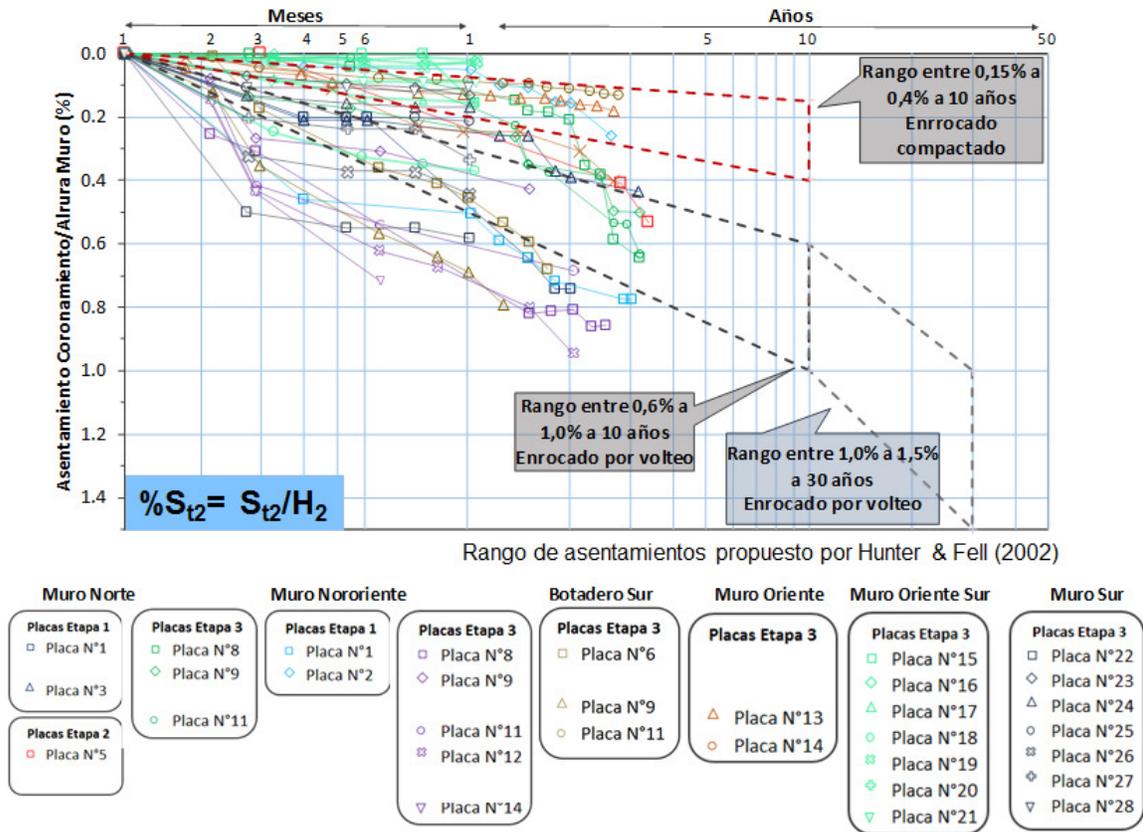
**Figura 4-18: Asentamiento Total (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW)**



Los mayores asentamientos, alcanzan hasta el 1% respecto de la altura del muro, lo que a juicio de AmecFW se considera esperable para este tipo de estructuras.

Adicionalmente se sugiere que, para la próxima etapa de análisis, el gráfico presentado en la Figura 4-19, se relacione por ejemplo, con niveles de daño esperables, utilizando los ábacos de Pells y Fell, con el objetivo de dar una mejor interpretación a los datos reportados.

Figura 4-19: Asentamiento por Etapa (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).



Es importante destacar que los asentamientos registrados en el BS no presentan diferencia significativa respecto de los ocurridos en los muros, la razón de esto, se estima en la limitada sobrecarga que tiene actualmente el botadero.

El terremoto del día 16 de septiembre de 2015, indujo asentamientos del orden del 0,1% de la altura total de los muros, lo que se considera un desempeño excelente de las instalaciones ante solicitaciones sísmicas extremas.

En las Figuras 4-20 @ 4-23, se presentan los asentamientos relativos a la Etapa 3, El. 1.149,5 m s.n.m., para las distintas estructuras. Para todos los casos, la escala vertical de la sección está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda, y en el eje de la derecha, se muestra la escala del asentamiento registrado. Para todas las figuras, la línea roja presenta la El. de la plataforma operacional a la El. de coronamiento de la Etapa 3.

**Figura 4-20: Perfil MN, periodo de registro 2014.04 – 2018.04 - 48 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).**

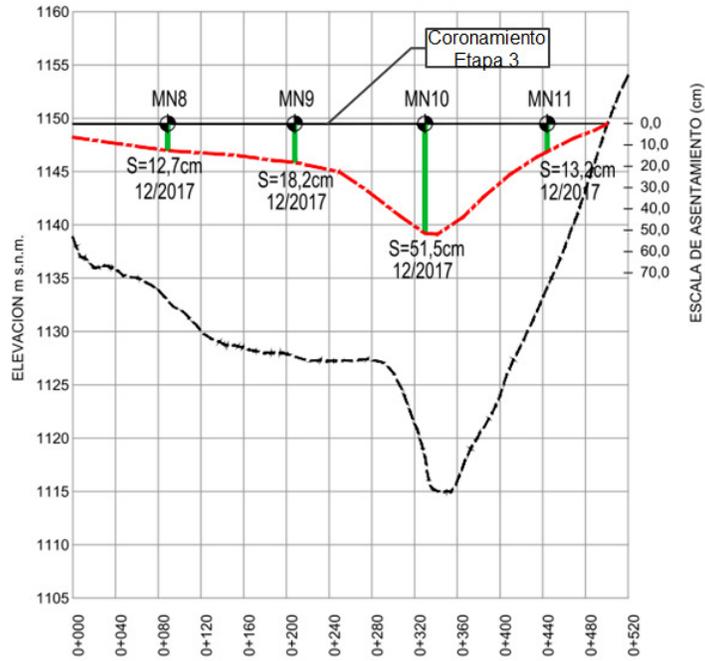


Figura 4-21: Perfil MNO, BS y MO, periodo de registro 2015.06 – 2018.04 - 34 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).

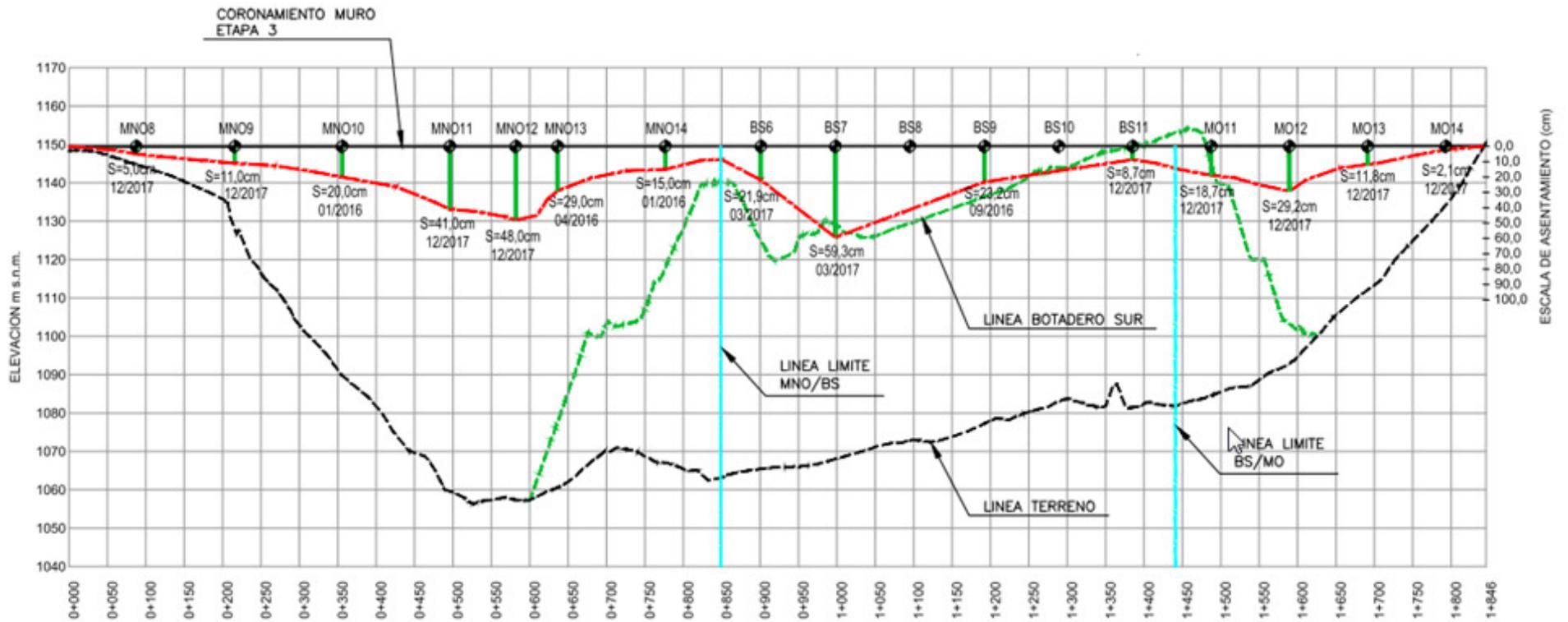


Figura 4-22: Perfil MO(S), periodo de registro 2017.03 – 2018.04 - 12 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).

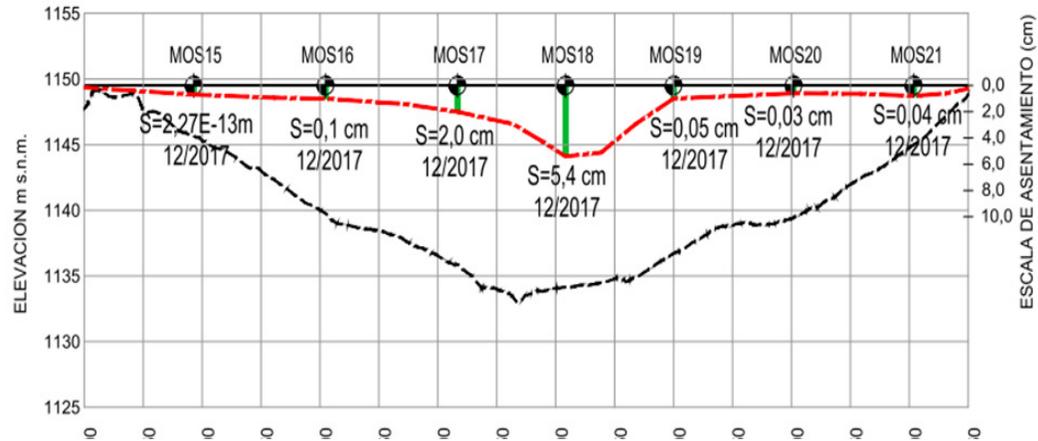
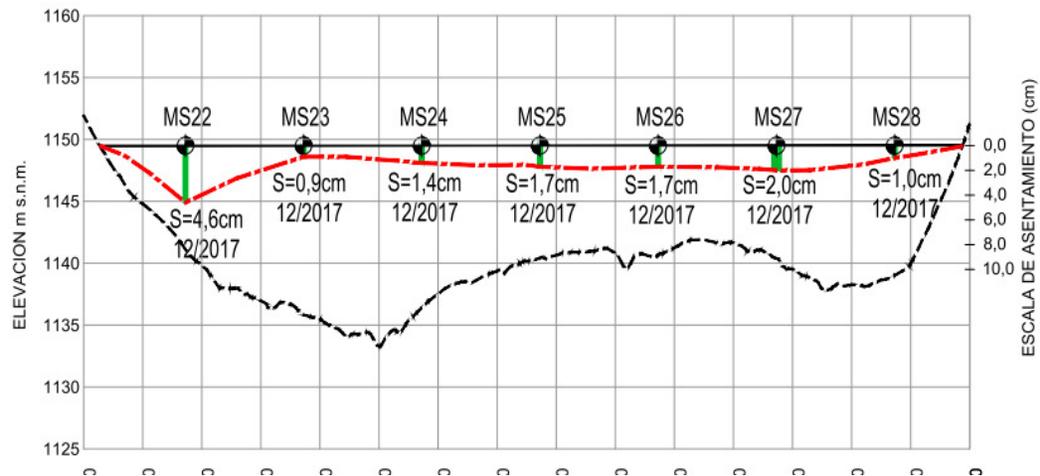


Figura 4-23: Perfil MS, periodo de registro 2017.03 – 2018.04 - 12 meses (ref. presentación Análisis de asentamientos muros y botadero 2018, AmecFW).



## 5.0 Estabilidad:

Durante la inspección de seguridad del año 2017, se observaron agrietamientos, en el Botadero Sur hacia el Sur, en las plataformas a la El. 1.134 m s.n.m. y El .1.141 m s.n.m. y que se pueden observar en las fotografías informadas en el DSI 2017.

En la inspección de terreno para el presente informe, no se detectaron condiciones de inestabilidad que comprometan la integridad de los diferentes muros del embalse de relaves, salvo aquellos puntos de inestabilidad superficial que se desarrollan en el ítem 7.3.2. En el sector del MN, los agrietamientos menores en sentido longitudinal y perpendicular al muro a la elevación de coronamiento de la Etapa 4 (el. 1.162,5 msnm) sobre el relleno masivo, se aprecian más extendidos en superficie, pero siguen siendo someros de no más de unos cuantos centímetros.

## 6.0 Calidad de agua descargada

Teck – CdA desarrolla programas de monitoreo de componentes ambientales en diferentes emplazamientos de la faena con el fin de dar cumplimiento a lo requerido por la autoridad ambiental mediante Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) y a los criterios de control internos de la compañía (autocontrol). Teck maneja los reportes de calidad de agua de forma separada a los informes de seguridad de presas.

## 7.0 OBSERVACIONES DEL SITIO

### 7.1. Participantes

La inspección de Terreno se realizó entre los días lunes y miércoles 05 y 07 de marzo respectivamente, y participaron los siguientes profesionales:

- Luis González Caro, M.Cs.: Ingeniero de Registro, AmecFW Santiago, Chile;
- Mickey Davachi, Ph.D., P.Eng., D.GE., F.ASCE: Principal Geotechnical Engineer, AmecFW Calgary, Canadá;
- John Pottie: Gerente Ingeniería Geotécnica, Teck, Santiago, Chile.
- Jose Zuta - Ingeniero geotécnico Senior, Teck, Santiago, Chile (parcial).

### 7.2. Programación

Las actividades se desarrollaron de acuerdo con el siguiente programa:

Tabla 7-1: Programación DSI 2018

Inicio	Término	Actividad	Estructura											Comentarios
			Coronamiento	Talud AArriba	Estribos	Playa	Talud AAbajo	Pie	Sistema Colector de Filtraciones	Aforador	Piscina	Instrum.	Taludes	
<b>Lunes 05</b>														
	15:30	Ingreso a Faena												
15:30	16:00	Reunión con Teck-CdA												
16:00	16:30	Visita Mirador BS												
16:30	17:30	Inspección MO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Finalización construcción relleno masivo estribo norte
17:30	18:30	Inspección MO(S)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Afloramiento en estribo y playa
18:30	19:30	Inspección MS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Afloramiento en estribo y playa
19:30		Fin día 1												
<b>Martes 06</b>														
8:00	8:30	Ingreso a Faena												
8:30	9:00	Reunión con Teck-CdA												
9:00	10:00	Inspección MS					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
10:00	11:00	Inspección MO(S)					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
11:00	12:00	Inspección MO					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
12:30	14:00	Almuerzo												
14:00	15:30	Inspección BS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Agrietamientos, reparación de agrietamientos y asentamientos
15:30	17:00	Inspección MNO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								Finalización construcción relleno masivo estribo sur, agrietamientos, reparación de agrietamientos y asentamientos
17:00	19:30	Inspección MN	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Asentamientos y agrietamiento coronamiento relleno masivo, afloramiento Nov. 2017					
19:30		Fin día 2												
<b>Miércoles 07</b>														
8:00	8:30	Ingreso a Faena												
8:30	9:00	Reunión con Teck-CdA												
9:00	10:00	Inspección MNO					<input checked="" type="checkbox"/>			Instrumentación geotécnica, afloramientos y hundimiento				
10:00	11:00	Inspección BS					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					Afloramiento planta
11:00	12:30	Inspección Trincheras y MP	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Alternativas sistema de recuperación
12:30	14:00	Almuerzo												
14:00	14:30	Reunión Interna AmecFW												
14:30	15:30	Reunión Feedback												
15:30		Fin DSI 2018												

Abreviaturas:

AAbajo / AArriba: aguas abajo / aguas arriba:

Instrum.: Instrumentación;

## 7.3. Inspección

Se realizó una inspección detallada de todas las obras asociadas al depósito de relaves, según se describe a continuación.

### 7.3.1. Extensión de Playas

La laguna de aguas claras se observa contenida lejos de los muros del embalse de relaves. En el tramo central del BS se pudo observar agua superficial a menos de 20 m del talud aguas arriba, producto de la operación reciente de la descarga rebose, lo que se considera normal en este tipo de instalaciones, inmediatamente después de haber operado una descarga, y no reviste ningún riesgo siempre y cuando sea una condición momentánea (un par de días).

El diseño vigente de los muros perimetrales considera el desarrollo y mantención de largas y extensas playas sobre el nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras, con el objetivo principal de limitar las filtraciones a través de los muros y preservar su estabilidad estructural, ya que no están diseñados para estar en contacto con agua por un periodo prolongado de tiempo. Por lo tanto, el largo de playas de relaves superficiales (expuestas) se transforma en la principal característica de la operación de esta TMF, principalmente teniendo en consideración que las pendientes de depositación de los relaves son bajas (incluso menores a lo que anticipaba el diseño) tanto para los relaves expuestos (playas) como aquellos que se depositan bajo la laguna,. La extensión de las playas se maneja mediante la operación de los puntos de descarga y el manejo del nivel de la laguna de aguas claras, a través del sistema de bombeo de agua recuperada, en acuerdo con lo indicado en el diseño. El manejo de la laguna, en particular, es muy importante ya que pequeñas variaciones en el volumen de agua (por precipitación, evaporación, bombeo de agua) puede modificar significativamente el área de la laguna y la longitud de las playas, modificar la posición de la laguna de aguas claras, además de afectar los sólidos suspendidos interfiriendo con la normal operación del sistema de bombeo. El diseño del plan de llenado contempla el desarrollo de extensas playas y los apozamientos de agua someros que han resultado de algunas características irregulares localizadas del terreno y/o de la superficie de depositación (intersección de conos), no son una preocupación durante el llenado del embalse. Sin embargo, a la luz de los eventos mayores de tormentas verificados durante el año 2017, así como el agrietamiento del relleno de transición (que se discute más abajo), controlar el nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras y el mantener playas extensas son los aspectos operacionales más importantes de la instalación.

### 7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición

Durante el DSI 2017 se observaron agrietamientos de la zona de transición, condición que se aprecia más extendida durante la presente visita, particularmente en el MNO, BS y MO. En general las grietas son decididamente superficiales 0,8 a 1,0 m para aquellas que se presentan en las superficies planas de las plataformas, y de 1,0 a 1,5 m para aquellas que se presentan en los taludes aguas arriba. Las grietas en los taludes

se orientan paralelas a los mismos, así como también diagonalmente hacia arriba del talud y de forma semi circular.

La causa específica de los agrietamientos requiere mayor análisis, sin embargo, alguna inestabilidad local y superficial en la cara del talud aguas arriba (1,6 (H) / 1,0 (V)), junto con el asentamiento del relleno masivo para los muros y/o estéril en el caso del BS, pueden ser causantes de algún colgamiento y posterior agrietamiento del relleno de transición. La pérdida de relleno de transición dentro del relleno masivo se considera posible, pero con mínimo riesgo de ocurrencia y salvo cuando la estructura sea sometida a apozamiento durante condiciones de precipitación extrema, por un prolongado periodo de tiempo o en el caso que la laguna de aguas claras se ponga en contacto con los muros sin impermeabilizar. Cabe destacar que aun cuando las precipitaciones del año pasado fueron inusualmente altas para la zona, no existe (ni ha existido) evidencia de la formación de sinkholes, tanto en las plataformas operacionales construidas con relleno de transición en donde la escorrentía superficial de las aguas lluvias pudo haberse aposado, ni tampoco en las playas de relaves en las inmediaciones de los muros.

Tal como se indicó anteriormente, el personal de terreno de AmecFW reporta que en las plataformas, la profundidad de los agrietamientos no supera el 1,0 m, en tanto que los agrietamientos de los taludes no superan los 1,5 m. Dado que el espesor del relleno de transición en las plataformas es de 1,5 m y el ancho del relleno de transición colocado en el talud es de 4,0 m (1,0 m superior al recomendado en el diseño original de 3,0 m), sugieren que la pérdida de relleno de transición sería mínimo pudiéndose asegurar que no es la causa del agrietamiento.

Es importante destacar cuatro (4) condiciones que se verifican en el depósito de relaves Teck CdA, y que hacen que las grietas en el relleno de transición de la cara de los muros no sean un tema de preocupación estructural:

- En la medida que aumenta la elevación de la playa en contacto con la cara del muro, se verifica que las grietas de talud disminuyen abertura, ya que, al ser verticales en su desarrollo se cierran bajo la compresión de la carga de relaves;
- El relave depositado posee una granulometría similar al material denominado “crack stopper”, que se utiliza como relleno de reparación en geoestructuras del tipo embalse, por lo que, en la práctica se verifica que el mismo relave se encarga de rellenar y sellar las grietas expuestas al momento que son cubiertas por la playa en contacto con el muro;
- La existencia de playas de relaves extensas, manteniendo la laguna de aguas claras lo más alejada posible de la cara de los muros, minimiza el riesgo de tubificación de relaves hacia el cuerpo de los muros; y
- A partir del año 2014, la granulometría del relleno masivo con que se han construido los muros del embalse de relaves ha estado más cercana a la banda

más fina de la especificación de relleno, lo que sirve de medida de mitigación, contra el potencial de tubificación de relaves a través de alguna grieta.

### 7.3.3. Filtraciones

Al pie del MNO se mantienen las filtraciones históricas, activas desde el inicio de la operación en febrero de 2010, las que son producto de la elevación del pelo de agua de la laguna de aguas claras y de la longitud de las playas que limita las filtraciones potenciales en el resto de los muros. Las filtraciones al pie del MNO se han mantenido sin mayor cambio durante el periodo, salvo las variaciones asociadas a la normalización de los sistemas de captación, conducción y aforo que habían estado operativos hasta el periodo pasado. Respecto de los flujos asociados, estos no han sufrido variación significativa, lo que en parte se debe, a que se mantienen playas muy por sobre el nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras.

Anteriormente se ha reportado un flujo de agua muy pequeño intermitente aguas abajo del MO, conducido hasta el vertedero tipo V por la cañería de descarga del sistema de drenaje del muro. Dicho flujo de agua es consistente con el aumento mínimo, pero constante del nivel freático medido en el piezómetro PE-009A. Cabe destacar que al momento de la visita, no había flujo.

Del mismo modo a lo largo de la operación en los últimos 3 años, se ha reportado un flujo de agua que aflora intermitentemente hacia aguas abajo del MN y a una distancia de 80 m del pie del muro, surgiendo desde el terreno natural. Este último punto se activa siempre ante la ocurrencia de precipitaciones de aguas lluvias, sin embargo, se puede indicar, además, que presenta actividad luego de que se han puesto en operación las descargas D2 y/o D3. Tal como se indicó, este flujo es intermitente, desapareciendo luego de un par de semanas de ocurrido el evento pluviométrico y/o de finalizada la operación de las descargas ya mencionadas.

Respecto de la instrumentación del MN, los piezómetros PE-015 y PE-016 no muestran actividad alguna asociada a la aparición / desaparición del flujo de agua, conducido por la cañería de drenaje, y dado que la ubicación de los instrumentos es contigua a los drenes laterales y hacia aguas arriba del muro, se puede indicar que dicha agua es producto de una condición local hacia aguas abajo del muro, ya que el dren central está diseñado con el coronamiento (top) abierto y es capaz de captar el agua cuyo nivel freático supere en elevación su tope superior.

En general las filtraciones son una condición normal en este tipo de instalaciones, pueden ser manejadas fácilmente, no presentan una preocupación, y requieren control, monitoreo y vigilancia, los que en el periodo se han desarrollado de acuerdo a las recomendaciones del manual OMS\_R4 (siglas en inglés para el manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia del Depósito de Relaves Teck CdA, ver ítems 8.3.3 y 8.6). Además, en la medida que se incrementa la elevación de la laguna de aguas claras, se puede anticipar la aparición de nuevas filtraciones. De ahí que sea importante mantener playas extensas por sobre el nivel de agua de la laguna de aguas claras para ayuda a bajar la elevación el nivel freático.

Es esperable que la tasa de filtraciones aumente en la medida que la altura de la TMF aumenta y el monitoreo será una importante forma de planificar y entender la condición futura del Embalse. Del mismo modo es importante estudiar el efecto del agrietamiento del relleno de transición respecto de las filtraciones.

#### **7.3.4. Muro Sur (MS) / Aguas Arriba y Estribo Poniente**

El talud (Etapa 3, E3 en adelante) aguas arriba del muro se observa en buenas condiciones y durante la visita no se aprecia la ondulación de la lámina que había sido reportado anteriormente. En el estribo poniente del muro, se puede apreciar erosión por escorrentía superficial, en las áreas destinadas a plataformas y caminos operacionales, fuera de la estructura del muro. Se encuentra reparada la erosión de la zanja de anclaje lateral de la geomembrana, la que había resultado seriamente dañada durante las fuertes precipitaciones de mayo del año 2017. Está pendiente la protección con enrocado y geotextil, de ambas zanjas de anclaje laterales (oriente y poniente).

#### **7.3.5. Muro Oriente (Sur) (MO(S)) / Aguas Arriba y Estribos**

El talud (E3) aguas arriba del muro se observa en buenas condiciones. El talud (E4) aguas arriba cuyo frente se encuentra libre del relleno masivo suelto, se aprecia en buena condición, apreciándose que el relleno masivo que servirá de apoyo para la capa de transición tiene suficiente fino como para proteger al relleno de transición del fenómeno de tubificación (piping). Respecto de los estribos, se encuentra reparado el daño producto de la erosión superficial de las zanjas de anclaje laterales para la geomembrana, verificado durante las precipitaciones inusualmente intensas de mayo de 2017. Está pendiente la protección con enrocado y geotextil de ambas zanjas de anclaje laterales (oriente y poniente).

#### **7.3.6. Muro Oriente (MO) – Aguas Arriba y Estribos**

El talud (E3) aguas arriba se aprecia en buenas condiciones. Se observa erosión del talud debido a la escorrentía superficial, principalmente concentrada en el estribo sur. También se aprecian varias grietas horizontales hacia el tramo central del muro y semi circulares hacia el estribo norte en donde el muro se apoya sobre el Botadero Sur. Se pueden mencionar dos (2) preocupaciones respecto de estas grietas, (1) primero el potencial de inestabilidad superficial de la cara aguas arriba del talud y (2) el potencial de filtración de relaves a través de estas. Las grietas del talud se sellaron con el material fino que arrastró la escorrentía superficial de los inusuales periodos precipitaciones del año pasado, de acuerdo con las inspecciones de talud realizadas por el personal de terreno de AmecFW.

Adicionalmente, se puede apreciar sectores de apozamiento de agua en el coronamiento del muro, se recomienda nivelar las superficies, para favorecer el bombeo hacia el relleno masivo.

### 7.3.7. Muro Nororientado (MNO) – Aguas Arriba

El talud (E3) aguas arriba se encuentra erosionado y con agrietamientos horizontales y semi circulares, y al igual que en el MO los primeros principalmente se ubican hacia el eje de este y los segundos hacia el estribo sur en donde el muro se apoya sobre el Botadero Sur. Se estima que las grietas semicirculares en el estribo sur del MNO se producen por asentamiento del material de botadero, así como que las horizontales, se deberían a inestabilidad local y superficial del talud aguas arriba y/o asentamiento normal del relleno masivo. Del mismo modo se pueden apreciar varias cárcavas producto de la escorrentía superficial posterior al intenso período de precipitaciones del año 2017. Por otro lado, se verifica la presencia de pequeños arbustos en el tramo norte del talud aguas arriba, el que está orientado directamente hacia el sur geográfico. La mayoría de las grietas del talud, no obstante, pueden ser visualizadas con más claridad que el año pasado (los bordes se ven más abiertos), en profundidad están selladas con material fino que arrastró la escorrentía superficial de los inusuales periodos precipitaciones del año pasado, lo cual fue verificado por la supervisión de terreno AmecFW, por inspección directa mediante descuelgue en el talud.

Tal como se explica en el ítem 7.3.2 las grietas en el relleno de transición de la cara del MNO, no son un tema de preocupación estructural, requiriendo control, monitoreo y seguimiento tal y como se ha hecho en el sitio hasta la fecha.

### 7.3.8. Muro Nororientado (MNO) – Aguas Abajo.

El talud aguas abajo del muro está en buenas condiciones al momento de la visita, se aprecian filtraciones al pie del muro, las que están siendo recolectadas y monitoreadas, luego de quedar implementado a comienzos del año 2018, el plan de mejoras propuesto por AmecFW. También se visita la recientemente construida caseta para proteger el poste de llegada de los cables de los piezómetros instalados en la fundación del MNO, así como el acelerógrafo, el que se encontraba en mantención para periodo de la visita. Durante el próximo año, se contempla la instalación de un segundo acelerógrafo, destinado a la TMF, el que se posicionará al coronamiento de la plataforma para la reubicación del TK-042.

Se deja establecido, que existe un acelerógrafo en el sector del molino SAG, el que se encuentra totalmente operativo como parte de la instrumentación de planta.

### 7.3.9. Muro Norte (MN) – Aguas Arriba

El talud (E3) aguas arriba se aprecia en buenas condiciones. Se puede observar erosión por escorrentía superficial concentrada en el estribo poniente de muro, lo que habitualmente ocurre luego de las precipitaciones intensas, ya que existe un camino operacional que el departamento de Mina Teck CdA, utilizan para el traslado de los relaves retirados desde la zona urbana de Andacollo (denominados relaves U-V), los que son finalmente dispuestos dentro de la cubeta. A lo largo del talud aguas arriba hacia el oriente, se pueden apreciar algunos puntos de erosión por escorrentía superficial localizados y menores. Se aprecian sand boils en la playa de relaves, lo que

no es compatible con una condición estática. Del mismo modo se pueden apreciar pequeños arbustos en el talud aguas arriba, orientado directamente hacia el sur geográfico.

Se observaron algunas grietas en la plataforma construida con relleno masivo al coronamiento de la E4, El. 1.162,5 m s.n.m.. Se han excavado calicatas para determinar la profundidad de las grietas y han sido marcadas / pintadas para levantamiento topográfico, así como se han instalado algunos extensómetros para control regular de las mismas. Estas grietas no se relacionan con el relleno de transición, ya que la zona detallada se encuentra en el relleno masivo propiamente tal.

### 7.3.10. Muro Norte (MN) / Aguas Abajo

Se aprecia inactiva la filtración intermitente al pie del MN, que se detalla en el ítem 7.3.3

### 7.3.11. Botadero Sur (BS)

El Botadero Sur es una gran protrusión (alta y ancha) de estéril de mina volteado en la cubeta previo al inicio de la construcción del embalse, situado entre los muros MNO y MO. En el total de su superficie perimetral (taludes y hombro) se encuentra recubierto con relleno de transición, con un ancho compactado promedio (ponderado en función del volumen colocado por capa) de 5,12 m efectivo (sin sobre ancho de construcción), el que fue construido durante la E3 y representa un 28% más que el ancho de diseño mínimo (4 m). Se pueden apreciar, nuevas grietas superficiales y vestigios de grietas antiguas ya reparadas a lo largo del relleno de transición. El estanque distribuidor de relaves (TK – 042), se localiza sobre esta estructura. El estéril del BS fue cargado por volteo, sin control de compactación, ni control alguno de construcción y aparentemente es muy variable respecto del tamaño del estéril. Esta área se identifica como la mayor preocupación del GRB, tanto en el diseño como en la operación, respecto a que se deben limitar las filtraciones y/o el ingreso de relaves dentro del relleno del botadero. El plan de llenado vigente apunta al desarrollo de playas muy extensas, de manera de prevenir posibles formaciones de *sinkholes* (sumideros). Sin embargo, considerando los agrietamientos que han ocurrido y continuarán ocurriendo en el relleno de transición y ante la posibilidad cierta de que sismos de gran magnitud vuelvan a ocurrir a lo largo de la vida útil y abandono del embalse, se debe mantener un esquema robusto de operación, monitoreo, mantención y vigilancia, que permita asegurar playas extensas por sobre el nivel de agua de la laguna de aguas claras. En la medida que el embalse incremente su altura, esta área se transformará en la más crítica de la instalación. El monitoreo de las filtraciones, asentamientos y agrietamientos, son elementos fundamentales para asegurar la seguridad de esta zona. Al momento de la visita se está desarrollando el programa de investigaciones geotécnicas, a través de sondajes de acuerdo con lo programado y que, cabe destacar no han encontrado agua al interior del botadero.

### 7.3.12. Muro Poniente – solo Fundación

Al momento de la visita, no se ha iniciado la construcción del MP (programada para comenzar a mediados del año 2019), ya que debido a la condición topográfica del terreno natural en el sector poniente del embalse, la Etapa 4 marca el inicio de su construcción (no contempla obras para las Etapas 1 @ 3). Durante la visita, se revisa la traza de muro, cuyo escarpe se desarrolló durante el año 2013 y que deberá ser repasado previo al inicio de la construcción.

### 7.3.13. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.

Se inspeccionó el sistema existente para la recuperación de aguas claras, el volumen de la laguna es de 550.000 m<sup>3</sup> aproximadamente y la capacidad de bombeo se encuentra alrededor de 200 L/s. Se aprecia algo de erosión en el talud, producido por la descarga de la cañería de drenajes del manifold de impulsión. El sistema será decomisionado a mediados de 2019, para elevar la altura de recuperación mediante la construcción de una nueva trinchera (#9).

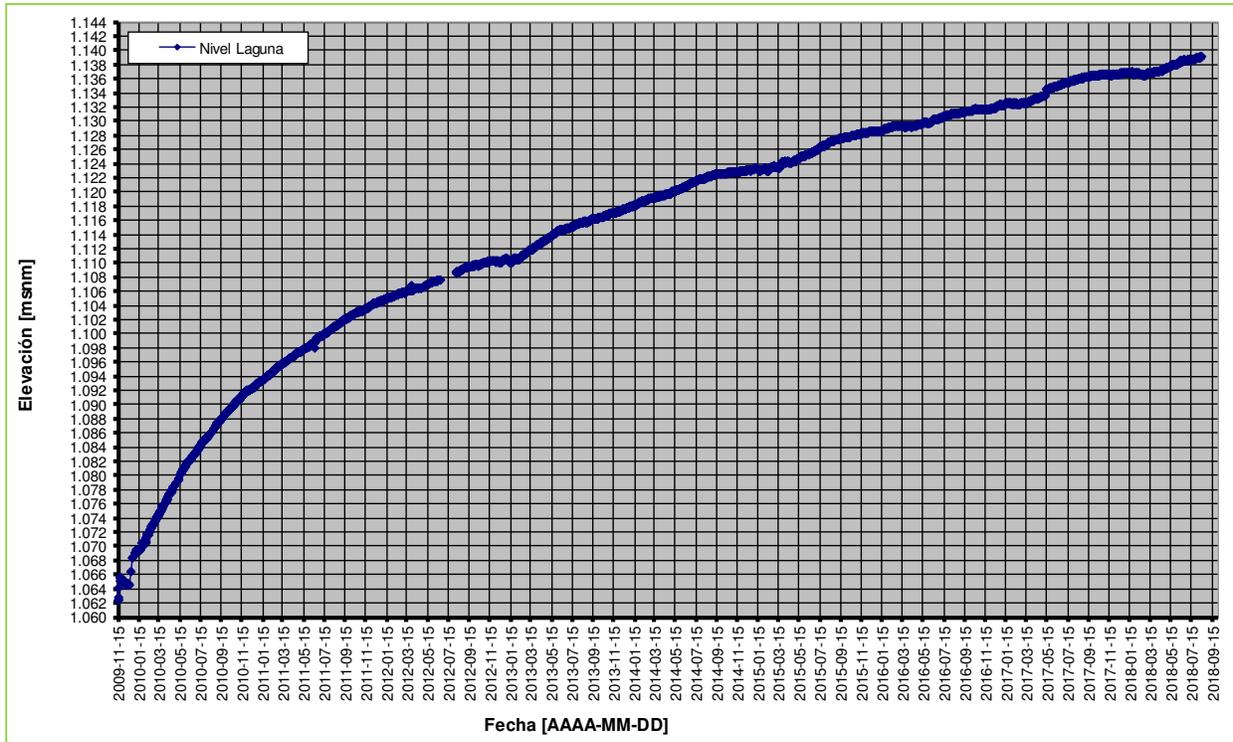
### 7.3.14. Instrumentación y Monitoreo

El programa de instrumentación y monitoreo se desarrolla de acuerdo con lo indicado en el OMS. Se encuentra en plena implementación un plan de desarrollo tecnológico, para que la información colectada por los instrumentos esté disponible en línea y en tiempo real, para su revisión por el personal del departamento de Agua y Relaves de Teck CdA, lo anterior se considera una mejora, que sitúa a la TMF al nivel de los más actualizados estándares de vigilancia en depósitos de relaves.

### 7.3.15. Niveles de agua

El nivel de la laguna de clarificación se mide topográficamente mediante estación total todos los días. A continuación, se presenta la evolución histórica de la Elevación del pelo de agua de la alguna de aguas claras.

Figura 7-1: Elevación de la laguna de aguas claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, AmecFW).



## 8.0 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA PRESA

### 8.1. Criterios de Diseño Clave

A continuación, se presenta el chequeo de la condición de los criterios de diseño claves de la TMF, durante el período.

**Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave (ref. OMS\_R4 AmecFW).**

Item	Criterio de Diseño	Estatus Durante el Período
Pendiente media de depositación de los relaves	Superficial: 0,5%; Bajo el Agua 1,2 %	Superficial: 0,35%; Bajo el Agua: 0,60 % (menores a las esperadas)
Método Constructivo	Construcción por método aguas abajo	Corresponde al método constructivo aplicado durante el período;
Sistema de Impermeabilización	Material de baja permeabilidad (relleno de transición) en talud interno de todos los muros y Botadero Sur. Adicionalmente, geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, sobre el relleno de transición, en talud interno de la Etapa 1 de los muros MNO, MO y Botadero Sur y en todas las Etapas para los muros que drenan hacia la cuenca del Limarí (MO(S) y MS).	Verificado durante el período;
Geometría de los Muros	Talud Aguas Abajo 1,8 (H) / 1 (V). Talud Aguas Arriba 2,0 (H) / 1 (V) para los muros impermeabilizados con Geomembrana y 1,6 (H) / 1 (V) sin Geomembrana, Ancho de coronamiento mínimo de 50 m en etapas de crecimiento intermedias (1 @ 5)	Verificado durante el período;
Densidad de Compactación en Muros de Estéril	Entre 1,5 t/m <sup>3</sup> y 1,9 t/m <sup>3</sup>	En promedio E1 @ E4 1,8 t/m <sup>3</sup> ; en el periodo 2017.04 @ 2018.03: 1,9 t/m <sup>3</sup> , alcanzandose densidades de compactación secas de hasta 2,0 t/m <sup>3</sup> ;
Revancha	Mínimo 3 m para los relaves en contacto con los muros	Verificado durante el período;
Posición Laguna de aguas de claras	Alejada de los muros, en la cola del embalse y equidistante de los muros	Controlado operacionalmente durante el período, se considera normal que durante la operación de este tipo de instalaciones, por cortos periodos de tiempo se formen lagunas parásitas de baja profundidad y que se apoyan contra los muros, principalmente al inicio de la operación de algún punto de descarga, lo que no presenta compromiso de la seguridad de las instalaciones, dado que por ser superficiales no generan gradiente hidráulico hacia aguas abajo de los muros y son de muy corta duración (solo un par de días);
Diseño Sísmico	Análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creible (SMC).	Debe actualizarse el análisis de estabilidad dinámica, una vez finalizada la campaña de sondajes en el MNO y BS;
Lluvia de diseño para obras durante la operación	Lluvia con periodo de retorno correspondiente al máximo probable, para peak de crecida y para volúmenes de crecidas	Verificado para un evento de PMP con una duración de 3 días, estimado mediante el método de Stowhas, donde la PMP <sub>24h</sub> = 444 mm, y la PMP <sub>3d</sub> = 809 mm, valores que se consideran conservadores;
Recuperación de Agua	Máxima recuperación de agua en el depósito	La máxima recuperación se implementa, previo al / durante el periodo de precipitaciones (abril - septiembre).

## 8.2. Modos de Falla

Se define como falla de un depósito como la descarga súbita y sin control de parte del material depositado. Normalmente esta falla va acompañada de una prolongada suspensión de la capacidad de operación del depósito y por consiguiente de la explotación minera.

A continuación, se hace un chequeo para el periodo, de los modos de falla detallados en el taller de “Análisis de Riesgos del Depósito de Relaves” (Hazop), documento # E40165-840-TR-R-005\_R0, que se llevó a cabo en La Serena, los días 5 y 6 de Julio del año 2017.

Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2017 (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
CUBETA	Overtopping	En Muros Sur y MO (S): descarga hacia la cuenca del Limarí / Inestabilidad de los muros / Destrucción de la planta / Pérdida de vidas humanas / Destrucción de bienes	Durante el periodo se ha estado controlado mediante la revancha operacional;
	Volumen excedido, entra en contacto con muros	Incremento filtraciones de los muros / Piping	Controlado operacionalmente durante el período;
	Filtraciones por la fundación	Contaminación de la napa subterránea / Filtración de agua y relaves hacia aguas abajo	Existen indicios los cuales apunta a que hay una condición de mezcla de aguas (naturales + industriales), en las filtraciones del sector norte del embalse de relaves principalmente. Lo anterior está en proceso de estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital, actualmente en desarrollo de WSP;
MN, MNO, MO, MP	Falla de los taludes AArriba	Deterioro de la estructura del muro / Pérdida de la resistencia global del muro	Se aprecian zonas con cierta inestabilidad superficial del relleno de transición, la que se puede asociar a la inclinación del talud, pero que no comprometen la estabilidad de la estructura de contención;
	Inestabilidad de los taludes AAbajo	Daño a instalaciones agua abajo.	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;
	Erosión del talud AArriba	Deterioro de la capa de transición y del estéril	En general los taludes aguas arriba, presentan erosión por escorrentía superficial, la cuál en muchos casos, logró sellar aquellas grietas de talud, mediante la movilización de finos durante el evento de precipitación extrema de mayo de 2017. En todos los casos la erosión por escorrentía superficial, no compromete la integridad de las estructuras;
	Deformación excesiva de los muros	Agrietamiento transición / Reducción del espesor efectivo / Mal aspecto de los taludes / Pérdida de la funcionalidad	Las principales deformaciones se refieren a los asentamientos, los cuales a la fecha no indican compromiso de las estructuras;
	Falla de la Fundación / Falla de la pared sur del rajo / Píping	Deslizamiento o grietas en los taludes / Asentamientos mayores a diseño / Desplazamiento del muro MNO / Formación de sink hole / Pérdida de Relaves / Lavado de Finos	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;
MO(S), MS	Filtración por el muro	Infiltraciones en la pata del talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado	No existe evidencia de filtración desde el embalse hacia aguas abajo del muro, se estudiará en detalle al momento de recibir el modelo hidrogeológico distrital;
	Deformación excesiva de los muros	Rotura membrana	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Filtración por la fundación	Contaminación de la napa subterránea	En proceso de Estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital;
	Inestabilidad talud aguas arriba	Rotura Membrana / Afectación de la Zona de Transición, causando grietas y comprometiendo la Estabilidad del Embalse / Pérdida capacidad estructural	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Inestabilidad talud aguas abajo	Daño a instalaciones (futuras) / Alarma en la comunidad	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Rotura de la membrana	Filtraciones	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante la visita.

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
SISTEMA DE DRENAJE BASAL DE LOS MUROS	Inestabilidad de taludes	Incremento de filtraciones por el talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado / levantamiento del nivel freático / Pérdida de la capacidad de drenar	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante el periodo;
BS	Deformación excesiva del enrocado	Agrietamientos de la transición	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Píping	Formación de sink hole.	Sin evidencia de la presencia de sinkholes, en ninguna de las estructuras durante el periodo;
	Falla de la fundación aguas abajo	Falla del talud aguas abajo / Posible destrucción de instalaciones	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el periodo;
SISTEMA DE RECUPERACIÓN	Estabilidad trinchera	Suspensión de la operación / Daño en las instalaciones de recuperación	Se aprecia que los bancos de contención han contenido la roca meteorizada que se ha desprendido desde los taludes, protegido a las persona y las instalaciones;
	Rotura cañería	Erosión en la zona de la falla de la cañería / Suspensión recuperación de agua.	Sin eventos de rotura durante el periodo;
	Suspensión energía	Suspensión recuperación de agua / Crecimiento de la laguna	Sin eventos de suspensión de energía durante el periodo;
	Calidad del agua no es adecuada para la operación	Detención del sistema de recuperación	Sin eventos sobre la calidad de agua que comprometa la operación normal de la planta concentradora durante el periodo;
	Laguna de aguas claras desplazada	Suspensión operación sistema de recuperación	Sin eventos durante el periodo;
	Exceso relaves en el agua	Deterioro bombas	Controlado operacionalmente durante el periodo;
SISTEMA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE RELAVES	Rotura cañería	Erosión rellenos transición y estéril del muro	Sin eventos de rotura durante el periodo;
	Embanque cañería de relaves	Suspensión de transporte de relaves	Sin eventos de embanque durante el periodo;
	Suspensión de energía	Descarga de relaves suspendida	Los eventos de suspensión de energía durante el periodo, han comprometido toda de la planta concentradora;
	Falla tanque de Distribución TK-42	Descarga de relaves suspendida	Sin eventos de falla del TK-042 durante el periodo;
	Deformación del terreno a lo largo del trazado	Suspensión temporal de descarga por ramal	Sin evidencia de este tipo de falla durante el periodo;
CERROS NATURALES	Erosión / deslizamientos masivos	Eventual impacto en infraestructura	Sin eventos durante el periodo;
	Filtraciones	Contaminación de la napa subterránea al exterior Interrupción del sistema de recuperación de agua Reducción de la revancha	En proceso de Estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital;
SISTEMA DE DESVIO DE CONSTRUCCIÓN	Rotura, deterioro tubería	Flujo de agua y relaves hacia aguas abajo, sector El Churque	Sin eventos durante el periodo;
COMUNIDAD	Accidente de personal extraño	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el periodo;
MEDIO AMBIENTE	Estéril ARD / Tailings ARD	Acidificación del agua	No existe evidencia concluyente respecto del ARD, en desarrollo pruebas estáticas y dinámicas con las muestras extraídas de la campaña de sondajes; se recomienda actualizar el estudio de drenaje ácido el año 2020;
	Paralización por orden de la autoridad	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el periodo;
	Presencia de animales en el área del depósito	Puede requerir suspensión de la descarga de relaves / Contenido de metales en el agua	Eventos aislados se han verificado durante el periodo. Está en construcción refuerzo del cierre perimetral, de manera de evitar el acceso de animales al área de la cubeta;
	Generación de polvo por viento en las playas	El polvo afecta zonas externas e internas al proyecto	Sin eventos durante el periodo.

## 8.3. Peligros – Medidas de Diseño/Control

### 8.3.1. Estabilidad física

La estabilidad física del depósito se basa en la calidad (naturaleza) de los materiales que conforman los muros o estructuras soportantes, junto con la geometría de las mismas. En este caso el material predominante de estas estructuras es enrocado estéril proveniente de la mina. Este material presenta excelentes propiedades resistentes y permeables que lo hacen un material seguro. Como elemento de control a la migración del relave a través del enrocado estéril el diseño incluye la colocación en la cara de aguas arriba (interna) de un suelo de granulometría medio fino denominado relleno de transición. Junto con esta medida el diseño contempla que la laguna de aguas claras se ubique alejada de los muros en condición operacional normal, con playas de relaves extensas apoyadas sobre los muros.

Las características del suelo de fundación fueron investigadas durante la etapa de proyecto. En general el material de fundación es un suelo típico del área suelo superficial y roca en profundidad, más bien granular con presencia de estratos de características geotécnicas medias, lo que fue considerado por el diseño. Salvo el caso del MNO, del BS y del MO, en donde la roca basal se encontró hasta 15 m. bajo el nivel de terreno natural en algunos sectores, en general la cobertura de suelo sobre la roca basal es mínima: de hasta 1,0 m para los MO(S), MS y MP.

Durante la operación del depósito un aspecto habitual en los muros y estructuras soportantes ha sido la aparición de agrietamientos en las bermas y taludes aguas arriba construidos con relleno de transición, las cuales son monitoreadas en cuanto a su actividad y posteriormente reparadas según requerimiento.

A juicio de AmecFW estas grietas son consustanciales al diseño pues derivan de la colocación de una capa de material cohesivo compactado (relleno de transición) sobre un relleno granular de densidad media (relleno masivo). Estos materiales presentan distintos módulos de deformación (elasticidad / plasticidad). A lo anterior se agrega que la construcción del muro está en general muy adelantada con respecto al nivel del relave generando amplias revanchas, lo que favorece la deformación del muro / estructura soportante por acción del llenado con relave (aguas arriba) transmitiéndose a la capa de transición y / o por acción de la construcción del Relleno Masivo (aguas abajo). Una medida para reducir este efecto es disminuir la altura de crecimiento entre el nivel superior de la capa de transición y la playa de relave, lo que se conseguiría si se implementa un cambio de la construcción de etapa completa a subetapas para cada una de las tres etapas de construcción restantes.

La opción de reducir la densidad de la capa de transición no aparece como conveniente pues no eliminaría la aparición de grietas, dada la cohesión del material del relleno de transición (aunque se estima que podría reducir el espesor de los agrietamientos).

Dado que no es posible evitar las grietas, salvo un cambio radical de diseño el que no se estima necesario desde el punto de vista de la seguridad de la TMF, es necesario mantener un monitoreo periódico del movimiento en la superficie de la capa de

transición, según lo implementado en el año 2017 para el MN y para todos los muros a durante el año 2018, de manera de poder identificar desplazamientos que sean precursores de la aparición de agrietamientos y hacer las reparaciones, en la medida que estas discontinuidades superficiales lo vayan requiriendo.

Todos los muros tienen un sistema de drenaje y un sistema de monitoreo piezométrico. Esta característica del diseño junto a la predominancia del enrocado estéril, aseguran el control del agua de infiltración y la evacuación controlada de forma de no generar altas presiones de poros que podrían reducir la capacidad resistente del material.

La construcción de los muros y obras asociadas tienen un control de calidad y aseguramiento, que velan por el cumplimiento de planos y especificaciones; además de registrar los ajustes y modificaciones que se realizan con la aprobación del Ingeniero (diseñador).

En opinión de AmecFW estas características del diseño junto al control de la construcción y el monitoreo del comportamiento eliminan cualquier peligro de estabilidad en estas estructuras.

El día 16 de septiembre de 2015 a las 19:54 h los muros de la TMF soportaron un sismo interplaca subductivo de magnitud 8,4 (Mw), con epicentro frente a las costas de la Región de Coquimbo, a 37 km al suroeste de la localidad de Canela Baja, con coordenadas epicentrales 71,741 °W y 31,637 °S a una profundidad de 23 km, según reportó el Centro Sismológico Nacional.

Respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia de 155 km app., hacia el surponiente, la magnitud del sismo es prácticamente la de diseño, e indujo una aceleración de 0,52 g (65% de la aceleración máxima inducida en el sitio por el sismo de diseño), según el registro del acelerógrafo ubicado en el edificio de molienda, para monitoreo del molino SAG. Durante este sismo se generaron grietas en una de las bermas de la capa de transición del Muro Nororiente. A raíz de este evento se generó un informe técnico (documento # E40071-840-TR-006: "Agrietamiento en el Muro Nororiente") de evaluación que analizó el comportamiento de los muros y particularmente el agrietamiento del Muro Nororiente. Durante la visita, se puede constatar que la condición descrita no ha vuelto a ocurrir, ni tampoco ha empeorado respecto lo ya detallado.

### 8.3.2. Manejo de Agua Superficial

El manejo del agua superficial es otro aspecto clave en la seguridad / estabilidad de un depósito. Un diseño típico incluye un evacuador de crecidas para descargar las aguas en exceso de la laguna de operación y/o evitar que la laguna entre en contacto de largo plazo con el muro. Sin embargo, el depósito de Teck - CdA no tiene un evacuador ni su diseño lo contempla para el período de operación de este. La explicación de esto está en la baja pluviometría del área, la reducida cuenca aportante, la ubicación de la laguna en un punto alejado de los muros y las revanchas existentes. Como respaldo a este diseño se han actualizado los estudios para el Volumen Máximo Probable (ver 3.2), el

cual analiza precipitaciones de 3 días de duración. Los resultados de dicho análisis muestran que:

- El Volumen Máximo Probable (VMP) ocasionado por un evento de Precipitación Máxima Probable (PMP) de 3 días para las etapas de crecimiento E3, E4, E5 y E6, por el método de Stowhas corresponde a 3,7 Mm<sup>3</sup>, 3,7 Mm<sup>3</sup>, 4,0 Mm<sup>3</sup> y 3,7 Mm<sup>3</sup> respectivamente, se deja establecido que AmecFW considera que estos valores son conservadores;
- De acuerdo con el Plan de Llenado Actualizado (2016), se determinó que respetando la revancha de 3 m, el embalse de relaves de Teck-CdA es capaz de albergar, para las etapas de crecimiento E3, E4, E5 y E6, un evento de PMP con una duración de 3 días estimada por los métodos de Stowhas (método con base estadísticas de Chile);
- Para almacenar de manera segura el VMP calculado, se deben implementar ajustes al plan de llenado, que permitan alejar la laguna de aguas claras de un punto en el MN y otro en el MO. Estas nuevas condiciones de borde deberán ser incorporadas en la actualización del plan de llenado; y
- Para almacenar de manera segura el VMP calculado, se deben impermeabilizar completa la cara aguas arriba del MP, ya que en todas las etapas la laguna de aguas claras con crecida se apoyaría completamente contra dicha estructura.

### 8.3.3. Manual de Operación

El manual de operación es el documento que reúne las acciones a tomar en la operación normal y ante emergencias de forma de operar según las guías y criterios del diseño. A continuación, se indican los aspectos más relevantes que tienen que ver con la seguridad de la TMF y que son parte del manual:

- Plan de depositación y manejo de laguna.
- Etapas de crecimiento de las obras principales.
- Plan de monitoreo de aguas y relaves

El actual manual (OMS\_R4) se aplica satisfactoriamente y comprende todos estos aspectos con especial énfasis en el monitoreo de agua y relaves.

### 8.3.4. Revisión de la clasificación de la presa

Al momento de escribir el presente reporte, la estructura contenedora más alta de la TMF corresponde al MNO con 107,50 m de alto y el volumen acumulado al 31 de marzo de 2018 es 82,7,4 Mm<sup>3</sup>. De acuerdo con estas características la clasificación de este depósito de acuerdo con la regulación de la DGA (ver punto 1.2) es Categoría C (muro mayor a 30 m de altura y/o almacenamiento superior a 60 Mm<sup>3</sup>).

## 8.4. Comportamiento físico

### 8.4.1. Geotécnico

El comportamiento geotécnico del área del depósito se considera satisfactorio.

El estéril de mina para la construcción del relleno masivo ha variado desde el rockfill de gran tamaño hasta una grava o una grava arenosa. En primera instancia esto mejoraría la compactación de los rellenos, sin embargo, se requiere de una campaña de ensayos de terreno / laboratorio para estimar las nuevas propiedades de este relleno.

El estéril de mina disponible para la construcción del relleno de transición de la Etapa 4, se aprecia con un contenido de finos mayor que el utilizado durante la construcción de la etapa 3 (33% promedio bajo malla #200).

Si bien, la cantidad de Ensayos para el material factible de utilizar como relleno de transición para la E4, no es tan extensa como la que se dispone para la construcción de la E3, se monitoreará de cerca la explotación de los acopios durante la construcción, de manera de adelantarse a cualquier cambio significativo y permanente en las características granulométricas del material disponible.

Tal como se señala en el punto 8.3.1 precedente, los agrietamientos que se han presentado son consustanciales al diseño pues derivan de la colocación de una capa de material cohesivo compactado sobre un relleno granular de densidad media o sin compactación (como es el caso del relleno del Botadero Sur). Estas grietas no alcanzan a travesar el espesor completo del relleno de transición y por ende no se pierde la continuidad de la capa. Tampoco se detecta un riesgo de inestabilidad local o global. La estabilidad general de los muros no está en riesgo, aunque se debe mantener el monitoreo y vigilancia intensivos sobre la TMF, de modo de detectar algún cambio de esta condición, en las etapas de crecimiento y operación futuras.

La presencia de grietas requiere un monitoreo topográfico periódico para controlar y analizar el movimiento del muro y de la capa de transición, durante la operación del depósito.

Al momento de escribir el presente reporte ya se dispone de datos vectoriales mensuales para el desplazamiento de los monolitos para control de asentamientos de un (1) año para del MN y de siete meses (7) para el resto de los muros, estos datos deberán ser analizados durante el año 2019, agregando además el monitoreo topográfico en tiempo real, que suministre plan de monitoreo remoto (mediante estación total destinada y prismas distribuidos en las plataformas operacionales de la TMF), el que está actualmente en proceso de implementación, y que estará operativo durante los últimos meses del año 2018.

Asimismo, siempre es recomendable realizar trabajos de sellado de las grietas en los taludes de la capa de transición, a modo de prevenir la infiltración de relave una vez la playa cubra la grieta y además evitar la erosión que se puede generar durante la temporada de lluvias.

Las grietas detectadas en el Muro Norte durante la inspección DSI del año 2017, se han extendido en la superficie de control tanto en sentido transversal y longitudinal para el año 2018, pero en ningún caso se han profundizado, siguen siendo de pequeño espesor (< 5 mm). Estas grietas deben ser monitoreadas, por lo que se debe medir su actividad y se han realizado levantamientos topográficos, tanto en 2017 como 2018 para su posterior estudio.

## 8.4.2. Hidráulico

En la actualidad se han mantenido los flujos en el sistema colector de filtraciones del muro Nororiente, los que luego de las mejoras desarrolladas a fines de 2017 e inicios 2018, presentan una mayor confiabilidad respecto de su captación, colección y aforo. Se estima que el rango de error actualmente por aforador de +/- 0,4 L/s, lo que comparados con los +/- 1,5 L/s de las mediciones anteriores, indirectas y/o con reglas limnimétricas corroídas, se consideran una mejora sustancial desde el punto de vista del monitoreo y vigilancia de las instalaciones.

Durante el año 2016 se comenzó a reportar un flujo menor de agua en el cajón aguas abajo del muro Oriente, cuya cañería de HDPE, protegida mediante dado de hormigón armado H-30, pasa por debajo de una pila ROM. Respecto a este punto, se deja establecido que al momento de la vista la cañería de descarga estaba seca y uno (1) de los tres (3) piezómetros de cuerda vibrante instalados en la fundación del MO, el PE-009A, presenta una tendencia leve pero consistente al aumento del nivel freático (ver Figura 4-14 y 4-15) desde el Q4 del año 2015.

Adicionalmente, se han verificado la presencia de un flujo de agua intermitente en el aforador del MN (posterior a la visita) y en un punto a una distancia de 80 m hacia aguas abajo de la pata del MN (denominado AFL-MN), en donde el agua aflora directamente desde el suelo natural. Ambos flujos de agua presentan actividad cada vez que se opera las descargas de relaves D2 / D3, instaladas en el MN hacia el estribo poniente / oriente respectivamente y, por otro lado, solo el punto AFL-MN presenta actividad, luego de cada evento de precipitaciones.

Respecto del agua en el aforador, lo escaso del flujo (0,0013 L/s, medido por aforo directo mediante balde metálico de 1 L de capacidad) y su duración de no más 10 días durante el primer evento en abril de 2018, dificulta su análisis en primera instancia. A diferencia de lo que ocurre con el MO, los piezómetros de cuerda vibrante instalados en la fundación del MN (PE-015 y PE-016), no muestran actividad alguna que pueda relacionarse con un aumento del nivel freático dentro del muro hacia aguas arriba.

Sin embargo, se deja establecido que el dren central, que capta las aguas conducidas por los drenes laterales y las evacúa en el aforador (hacia aguas abajo del MN), está diseñado para que por su parte superior (top) pueda captar cualquier agua de filtración a lo largo de su recorrido de 350 m app., por lo tanto, es perfectamente posible que este flujo menor de agua, esté siendo captado en un sector hacia aguas abajo del MN, ya que una reciente campaña de calicatas en el sector del AFL-MN, ha detectado la presencia de agua somera durante los eventos de afloramiento a un par de metros de profundidad bajo el nivel de terreno natural, y que escurre hacia el rajo de la mina. La

empresa encargada del estudio hidrogeológico integral WSP, ha incorporado este sector al alcance de su estudio y al momento de escribir el presente informe, se considera que esta condición no reviste un peligro para la seguridad de las instalaciones.

Respecto del agua que aflora por el punto AFL-MN, se tiene un mejor registro de su actividad ya que su flujo es mayor (en promedio 0,1 L/s) y más prolongado en el tiempo de hasta 2 meses para su actividad más reciente entre marzo y mayo de 2018.

Todos los flujos colectados están dentro de los valores previstos en el diseño para cada uno de los muros y se presentan de manera gráfica en el caso de MNO en las figuras 3-5, 3-6 y 3-7.

El depósito presenta además la laguna de aguas claras posicionada adecuadamente a la cola del embalse en el punto de instalación del sistema de bombeo de agua recuperada y alejada de los muros por extensas playas de relaves. La revancha excede a la mínima operacional requerida de 3,0 m, para las playas de relaves en contacto con los muros.

## 8.5. Comportamiento operacional

### 8.5.1. Procedimientos operacionales

Los procedimientos corresponden a los Estándares Operativos de Teck-CdA, los cuales forman parte de las capacitaciones iniciales a todas las empresas contratistas que prestan servicios en Teck - CdA.

### 8.5.2. Incidentes y confiabilidad

#### 8.5.2.1. BS: Plataforma cota El. 1.141 m s.n.m.

Esta plataforma está próxima a recibir la descarga de relaves, por lo que se debió normalizar la condición de los agrietamientos de la superficie. Los trabajos se desarrollaron entre los días 08 y 31 mayo de 2018 y contemplaron la construcción de 2 capas de relleno de transición de 40 cm de espesor compactado cada una, totalizando un volumen construido de aproximadamente 1.220 m<sup>3</sup>.

Como parte de los trabajos, se excavaron dos (2) calicatas de 4 metros de profundidad (1,5 m en el relleno de transición y 2,5 m en relleno masivo no controlado del BS), la primera se denominó calicata poniente, excavada hacia la nariz del BS y la segunda se denominó calicata oriente, hacia la pata del talud aguas arriba del MO. Adicionalmente se excavó la cara del talud en contacto con la playa de relaves en un punto intermedio entre ambas calicatas. En ninguno de los puntos se encontró la presencia de relaves dentro del cuerpo del BS, ni tampoco saturación del relleno. Considerando la condición severa del agrietamiento del talud de la Etapa 3 en contacto con la playa de relaves, y considerando la pequeña laguna parásita de baja profundidad que por un par de días se apoya en el vértice del BS / MO al momento que inicia la operación de la D5 (operó desde el día 7 de abril hasta el 20 del mismo mes, tan solo 18 días antes de iniciar la

exploración), la condición en las que se encontraron los rellenos es excelente y ratifica lo indicado por AmecFW, respecto de que los agrietamientos de la capa de transición no permiten el paso de relaves, dado que no traspasan completa la capa de transición y nunca han estado en contacto con agua con un gradiente hidráulico que permita el flujo de relaves desde la cubeta hacia el relleno,

La presencia de agua somera, local, y por un corto periodo de tiempo es casi inevitable en este tipo de instalaciones durante el proceso de descarga de relaves, lo anterior es ratificado por la experiencia de AmecFW en Chile. Dicha condición no reviste riesgo alguno, siempre y cuando el apozamiento de agua en contacto con los muros sea superficial y de corta duración. De acuerdo a lo anterior, AmecFW no lo ve como una preocupación real desde el punto de vista de la seguridad de las instalaciones, sin embargo, debe mantenerse en observación permanente.

La actualización del plan de llenado programada considerará la sensibilización de la secuencia de llenado reubicando y/o agregando puntos de descarga, de manera de analizar si es factible minimizar de este fenómeno.



Foto 8-1 BS, Calicata. oriente, Pl. El. 1.141,00 msnm, 2018.05.15



Foto 8-2: BS Calicata. oriente, Pl. El. 1.141,00 msnm, 2018.05.15



Foto 8-3 BS, Calicata. poniente, Pl. El. 1.141,00 msnm, 2018.05.17



Foto 8-4: BS Calicata. poniente, Pl. El. 1.141,00 msnm, 2018.05.17 (regla de 4,00 m extendida)



Foto 8-5: BS, Exploración de Talud, Pl. 1.141 msnm, 2018.05.17



Foto 8-6: BS, Exploración de talud en contacto con playa de relaves, 2018.05.17

Foto 8-7: BS, Exploración de talud en contacto con playa de relaves, 2018.05.17

Figura 8-1: BS, plataforma El. 1.141 m s.n.m., plano de reparación, E40165-840-R-PL-079.

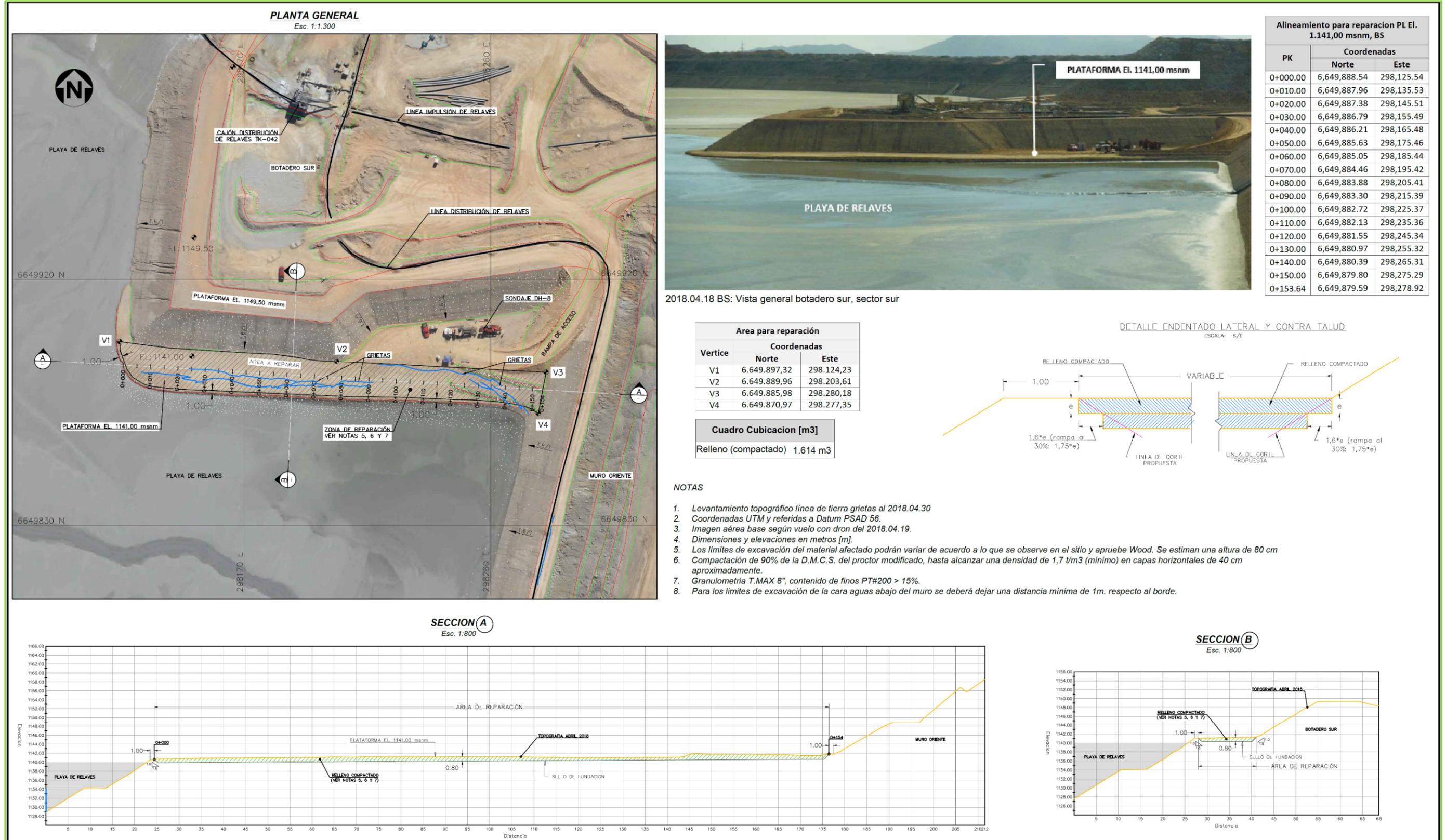


Figura 8-2: BS, plataforma El. 1.141 m s.n.m., as vuelta reparación, E40165-840-R-PL-085.



2018.05.15 BS: Sello de fundación reparación PL El. 1141,00 msnm, BS



2018.05.23 BS: Construcción capa #1 reparación PL El. 1141,00 msnm, BS



2018.05.28 BS: Construcción capa #2 reparación PL El. 1141,00 msnm, BS



2018.05.14 BS: Calicata sector oriente reparación PL El. 1141,00 msnm, BS



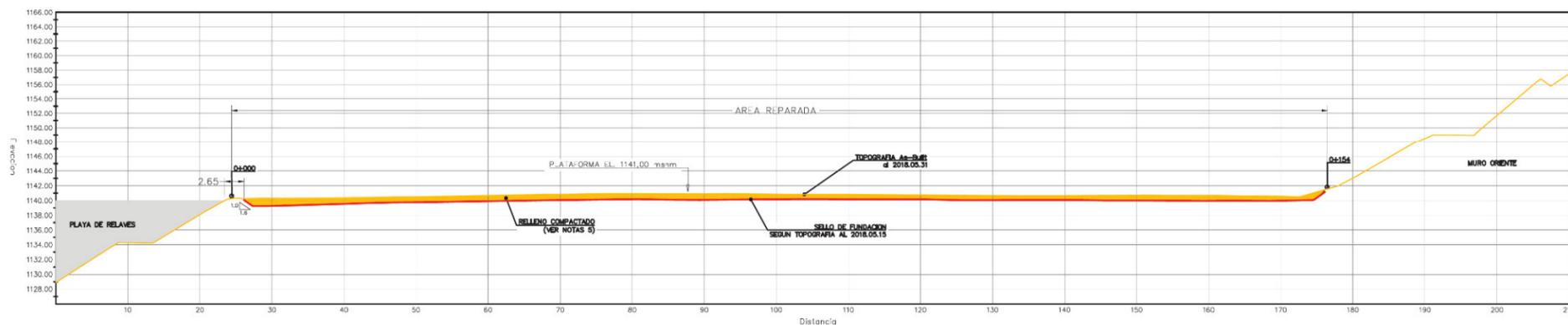
2018.05.16 BS: Calicata sector poniente reparación PL El. 1141,00 msnm, BS

NOTAS

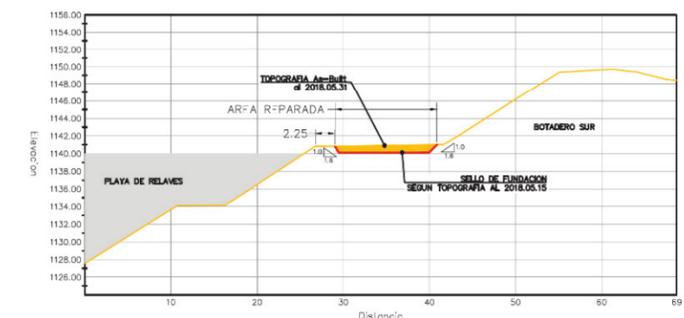
1. Levantamiento topográfico línea de tierra de salida realizado el 2018.05.31 por Wood.
2. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.
3. Imagen aérea base según vuelo con dron del 2018.05.25.
4. Dimensiones y elevaciones en metros [m].
5. Rellenos en dos capas compactadas según especificaciones y de espesor promedio 0,40 m.

Cuadro Cubicacion [m3]	
Total relleno compactado	1.220 m3

SECCION A Esc. 1:800



SECCION B Esc. 1:800



## 8.5.2.2. MNO: Subsidiencias El Churque.

Dos socavones, hundimientos o subsidiencias han sido reconocidos en el terreno; el primero se ubica, por el lado del estribo poniente distante 80 m del pie del MNO, inmediatamente aguas abajo del talud del camino minero para acceso a los muros del embalse del MNO (Subs-MNO01 en adelante), y el segundo, por el lado oriente de la piscina MNO (Subs-MNO02), según se puede apreciar en la siguiente fotografía.

Se deja establecido que ambas subsidiencias se presentan fuera de la traza de fundación del MNO, alejadas a más de 80 m del pie de la etapa 6 de crecimiento del muro y se verifican en un material de relleno, diferente de aquel sobre el cual se fundó el muro, colocado con posterioridad a la construcción de la fundación. Este material de relleno corresponde a trabajos asociados al mejoramiento del sector El Churque, con el objetivo de habilitarlo como área de circulación operacional para equipos menores. Considerando lo anterior, ambas subsidiencias no presentan riesgo, ni comprometen estructuralmente el MNO, sin embargo, requieren control, monitoreo y vigilancia periódico, por encontrarse en las inmediaciones de una estructura contenedora de relaves.

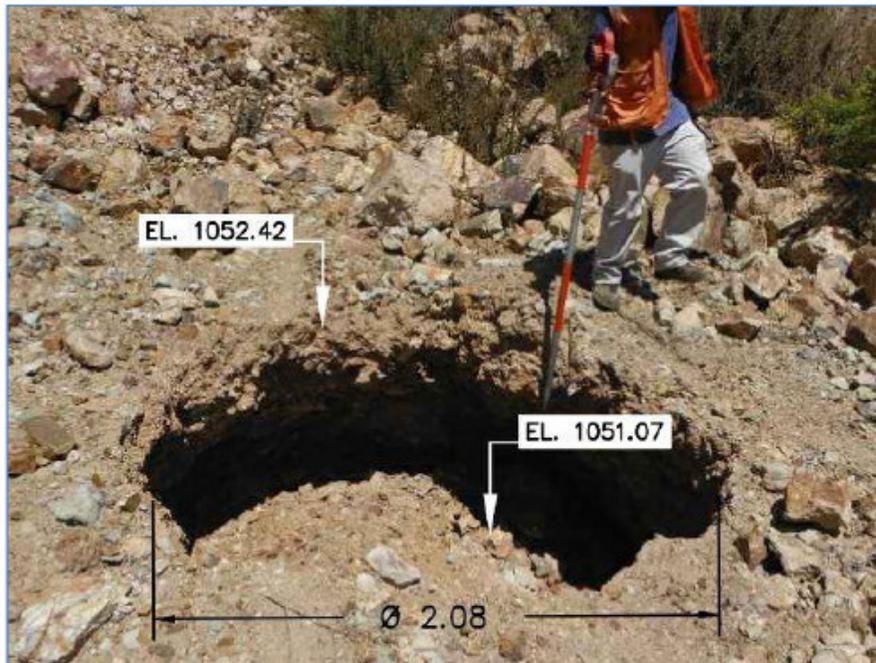
**Figura 8-3: Ubicación de las Subsidiencias**



### 8.5.2.2.1. Subs-MNO01.

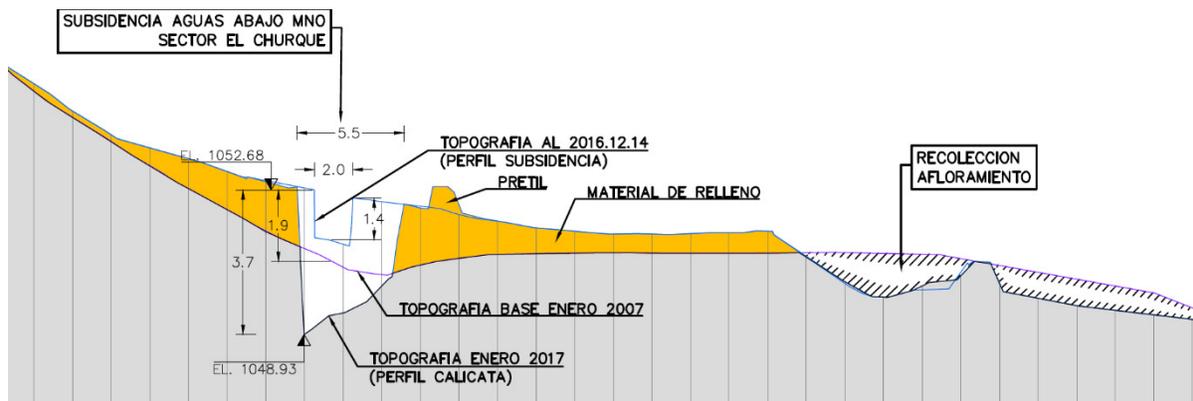
La subsidiencia ubicada cerca del estribo izquierdo del MNO al pie del camino minero y a 80 m de distancia del pie del talud aguas abajo del MNO fue topográficamente levantada en terreno durante la primera quincena de diciembre de 2016. Sin embargo, la ocurrencia de esta subsidiencia se fecha con certeza a lo menos un año antes, tal como lo muestra la imagen aérea del vuelo dron del 18 de diciembre del 2015.

Figura 8-4: Levantamiento Subs-MNO01



Posteriormente, a fines de marzo de 2017 se inició la profundización de la Subs-MNO01 mediante el uso de una excavadora, faena que fue detenida por afloramiento de agua. No se hizo una caracterización del material excavado. La geometría del hundimiento después de esta excavación se muestra en las siguientes figuras y fotografías.

Figura 8-5: Geometría profundización Subs-MNO01



De acuerdo a lo mostrado en la Figura 8-6, se debe destacar que la profundidad de la subsidencia, al momento del levantamiento de diciembre 2016, no alcanza la superficie del terreno del sector, determinado por la topografía base del año 2.007, lo que ratifica lo indicado por AmecFW desde el momento de su aparición, en relación a que su ocurrencia está circunscrita exclusivamente a aquella capa de material colocado posteriormente a la construcción del proyecto Hipógeno.



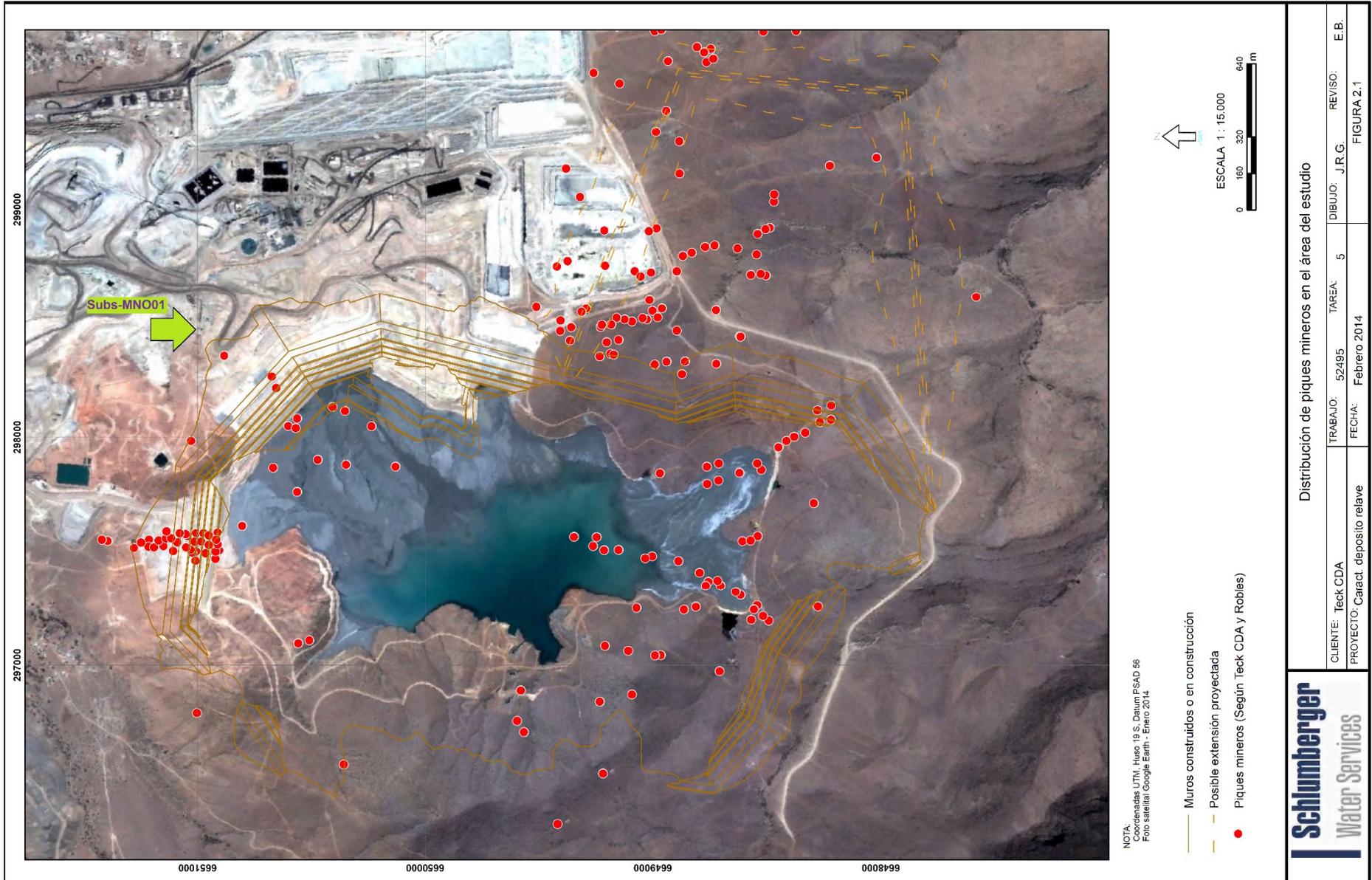
Foto 8-8: El Churque, Profundización Subs-MNO01

Foto 8-9: El Churque, Profundización Subs-MNO01

De acuerdo con los registros de los piques existentes previo al inicio de la construcción de la TMF, en el área de las subsidencias no existe ninguna excavación minera antigua (ver Figura 8-7).

Otros elementos adicionales que pueden ser interesantes de señalar para el estudio de esta subsidencia son que entre el 6 y 19 de agosto de 2015 precipitaron más de 60 mm; además, el 16 de septiembre de 2015 ocurrió el terremoto de Coquimbo, de magnitud momento 8,4 y que produjo la inundación completa del área de interés. Ambos fenómenos pudieron cooperar en la dinámica de la subsidencia y coinciden con la fecha en que se tienen los indicios más antiguos de su existencia (post terremoto 16S).

**Figura 8-6: Distribución de piques mineros en la TMF (ref. "Informe Modelo Hidrogeológico, Conceptual del Sector del Depósito de Relaves, SWS, 2014.09)**



## 8.5.2.2.2.Subs-MNO02.

La subsidencia ubicada al costado oriente de la piscina recolectora de drenajes del MNO se localiza específicamente en las coordenadas UTM (PSAD56) 6.651.046,88 mN y 298.564,13 mE, a una elevación de 1.046,02 msnm. Aunque parcialmente derrumbada, sus dimensiones aproximadas son 85 cm de diámetro y 45 cm de profundidad. Está subsidencia fue detectada y reportada por la supervisión de terreno AmecFW posteriormente a las lluvias intensas de la primera quincena de mayo de 2017.



Foto 8-10: El Churque, Subs-MNO02



Foto 8-11: El Churque, Subs-MNO02

En este caso, la causalidad está de manera directa relacionada con los intensos eventos pluviométricos ocurridos en la región, lo que es confirmado por la supervisión de terreno de AmecFW. En efecto, el total de precipitaciones caídas fue de 197 mm concentrados en cuatro días: 10, 11 y 12 de mayo, destacando una precipitación máxima y absolutamente inusual para la región de 103,5 mm el día 11 de mayo. Lo anterior produjo que el sector El Churque en estudio fuera totalmente inundado, provocando diferentes grados y tipos de erosiones en la plataforma de relleno pobremente compactado colocado durante 2013 - 2014 como base para el cierre perimetral existente. Se destaca que la elevación de la subsidencia Subs-MNO01 está 6,7 metros por sobre la elevación de la subsidencia del costado de la piscina MNO, por lo que además, en este último sector, los efectos erosivos y de acumulación (saturación) de agua son mayormente significativos.

Se deja establecido, que el relleno en el cual se presentó la Subs-MNO02, no forma parte de la estructura contenedora de la piscina colectora de filtraciones del MNO, sino que se trata de rellenos colocados de manera muy posterior a su construcción.

### 8.5.2.2.3. Análisis

Es opinión de AmecFW que los eventos de subsidencias en el área están relacionados principalmente con fenómenos de sufusión, es decir, de erosión mecánica por disolución, dispersión y transporte de sedimentos y minerales evacuados por flujos hídricos subsuperficiales. En otras palabras, las subsidencias son manifestaciones en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación debido a la disolución o erosión natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua.

Lo anterior puede ser facilitado por un drenaje interno subsuperficial a través de microcanales (“pipes”) por iluviación mecánica y procesos de erosión diferencial, los que no son escasos en ambientes áridos y semiáridos, especialmente si se está en presencia de eventos de precipitaciones concentradas, inusuales, en un lapso relativamente corto (hasta tres días). En este sentido, la circulación de un exceso de agua por grietas y fisuras en rellenos o terraplenes poco compactados produciría una consecencial erosión subsuperficial.

Fácilmente evidenciable en las imágenes aéreas, en el área de ambas subsidencias se observan históricamente “pozas” de agua y ambientes saturados que delatan fenómenos intensos, pero cortos, de gran circulación de agua superficial, parcialmente apoyada, con evidencias de escorrentías con alta concentración de sales.

Dado los factores anteriores, siempre existirá la posibilidad que puedan generarse otras subsidencias en el sector, especialmente después de periodos de inusual intensidad pluviométrica, en suelos o rellenos artificiales escasamente consolidados.

Los fenómenos de subsidencias en este sector aparentemente no están relacionados con otros elementos tales como la existencia de tuberías (que pueden tener alguna rotura o filtración) o existencia de piques mineros antiguos. Sin embargo, las condiciones de construcción del relleno, colocado por volteo y sin propósitos estructurales, es un elemento coadyuvante a la formación de hundimientos.

### 8.5.2.2.4. Recomendaciones

Para la subsidencia del estribo poniente del MNO al pie de la rampa de acceso se propone realizar una exploración mediante la excavación de un cruzado de zanjas tal como lo muestra la Figura 8-8. La zanja NO-SP debería ser excavada antes que la zanja NP-SO de modo que esta funcione como alivio ante eventuales afloramientos de agua. Estas zanjas deberían ser excavadas con una excavadora de brazo largo, intentando alcanzar una profundidad de terreno donde se pueda observar evidencias de suelo hundido o de suelo relativamente consolidado o roca. Se recomienda que, una vez excavadas las zanjas de exploración, se prosiga con excavaciones en el entorno del hundimiento, hasta encontrar la cañería de HDPE corrugado que aprecia en el punto de afloramiento AFL-Poza, y descubrirla completa entre el pie del camino minero ubicado a 80 m aguas abajo del MNO y el mencionado punto de afloramiento. Posterior a esta exploración se recomienda colocar un filtro inverso, y cubrir la zona de la misma forma en que se cubrieron los afloramientos hacia el sur del Churque, a comienzos del año 2018.

De acuerdo con el perfil de la Figura 8-6, la exploración sobrepasó el nivel de terreno determinado por el levantamiento topográfico aerofotogramétrico de enero 2007, realizado previo al inicio de la construcción de las obras tempranas del embalse de relaves, sin embargo, no se terminó el trabajo de exploración por afloramiento de agua. Los sondajes de exploración minera perforados en el sector demuestran, de manera general, que la roca fundamental se encuentra entre 6 y 8 metros de profundidad; sin embargo, esta subsidencia se ubica a escasos metros de afloramientos rocosos de la ladera del cerro, por lo que se estima que su profundidad sea menor a la indicada.

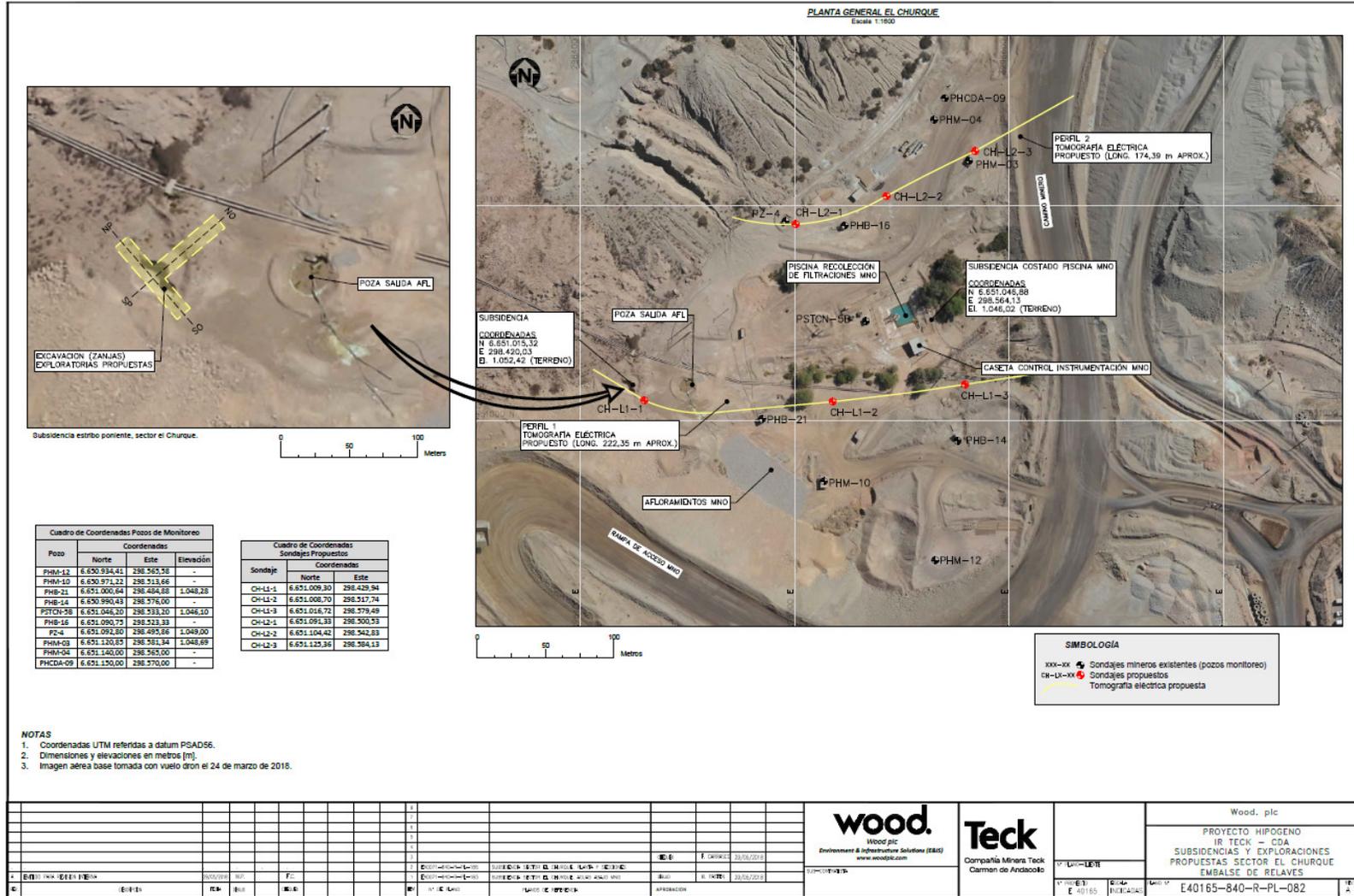
Como se señaló, en caso de aparecer agua durante la excavación, ella puede ser encauzada por la zanja NO-SP para posteriormente ser evacuada mediante una bomba de achique y dirigirla hacia la poza de recolección ubicada al oriente del hundimiento.

No se consideran exploraciones específicas en el sector de la subsidencia del costado de la piscina MNO. En este caso, sólo se pueden considerar medidas de reparación (sobre-excavación, relleno y compactación) de aquellos lugares que se evidencian erosionados, como así también, la implementación de algunas medidas de mitigación entre las cuales podrían considerarse la construcción de obras menores eficientes para el encauzamiento de las aguas lluvias dado que este es un sector topográficamente deprimido donde tiende a acumularse agua y/o ser impactado más fuertemente por los agentes erosivos hídricos.

La perforación de un sondaje en el punto de la subsidencia no se estima recomendable, sin embargo, para entender y mejorar el conocimiento del eventualmente complejo sistema de circulación de aguas subsuperficiales, se propone la ejecución de dos líneas de tomografía eléctrica, de 222 y 174 metros de longitud, en las ubicaciones que se muestran la Figura 8-8. Estos perfiles servirían para complementar además, la tomografía realizada en el año 2012, en el sector del muro y alrededores del depósito, al sur de la presente área de estudio, que se realizó en apoyo al estudio hidrogeológico de la expansión del depósito de relaves. Las nuevas líneas geofísicas aquí propuestas han sido trazadas considerando la existencia de sondajes existentes en el sector; sin embargo, a la fecha no se ha logrado reunir la información de registros de dichas perforaciones por lo cual, la información generada por esas perforaciones no serviría para calibrar las líneas geofísicas. En línea con lo anterior, se propone considerar la perforación de seis sondajes geotécnicos cortos (25 a 40 m) para tal efecto; la profundidad de los sondajes la determinarán los resultados del perfilaje eléctrico. La ubicación de estos sondajes geotécnicos se muestra la Figura 8-8. Una alternativa aceptable en caso de no poder realizar la geofísica (y calibración) es excavar la zona, dejarla expuesta y colocar material para controlar el flujo en la zona.

Finalmente, se recomienda que la información resultante de las exploraciones sea puesta en un contexto integrado, incluyendo la información dispersa existente, montada sobre un mapa geológico-estructural actualizado, a escala de detalle (1:4.000 o mayor).

Figura 8-7: BS, plataforma El. 1.141 m s.n.m., levantamiento topográfico reparación E40165-840-R-PL-079



### 8.5.3. Mantenimiento

Las actividades de mantención están siendo realizadas directamente por Teck - CdA. Las mantenciones periódicas (semestrales) de la instrumentación geotécnica, será retomada durante el año 2018. AmecFW realiza lectura y registro periódico de los piezómetros, pero debe verificarse por parte de una empresa especializada, una revisión de los sistemas de respaldo (baterías, paneles solares, memoria de almacenamiento, etc.).

### 8.6. Revisión del Manual de Operaciones

Se encuentra emitida la revisión 4 del OMS, cuyas principales actualizaciones se refieren a:

- Desarrollo del ítem de Mantención;
- Detallamiento de los compromisos asociados a la TMF, que se indican en la RCA;
- Agrega ítem plan de cierre; y
- Agrega ítem entrenamiento y competencias.

### 8.7. Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia

La revisión 3 del Plan de Respuesta ante Emergencia se emitió con fecha 29 de abril de 2015, no se dispone de actualización de dicho plan.

No existe Plan de Preparación ante Emergencias específico para la TMF, se sugiere su emisión durante el año 2018.

### 8.8. Actualización de Distancia Peligrosa

Tal como se indicó en el DSI del año 2017, según lo indicado en el capítulo 1.2 la normativa chilena *en el artículo 14 del DS 248 exige la estimación de la denominada distancia peligrosa consistente en la estimación del área que cubrirían los relaves en el caso de una hipotética ruptura de los muros y consecuente derrame de relaves embalsado*. A continuación, se presenta la actualización de dicha estimación, la que se detalla en el informe E40165-840-R-TR-001 Rev. C.

**Tabla 8-3: Resumen Distancia Peligrosa 2017.03.14 (ref. estudio de Distancia Peligrosa, AmecFW)**

Muro	Etapa N°	LONGITUD (m)
Poniente	6	928
Norte	3	1.111
	4	1.575
	5	1.725
	6	924
Nororient	3	1.292
	4	1.461
	5	1.680
	6	1.717
Oriente	3	1.190
	4	1.236
	5	1.363
	6	1.491
Oriente (Sur)	4	995
	5	1.166
	6	1.261
Sur	6	929

La Figura 8-8, presenta gráficamente la superficie cubierta por un derrame de los relaves embalsados ante una hipotética ruptura de los muros del Embalse de Relaves, según las distancias anteriormente detallas, para la condición actual de los muros del depósito de relaves (Etapa 3). Para la actual etapa no hay riesgo de derrame en los muros Sur y Oriente (Sur) ya que el relave quedaría contenido por el terreno natural. A partir de la etapa 4 en el muro Oriente (Sur) existiría un volumen, que en caso de colapso, se podría movilizar.

La siguiente etapa del estudio, se refiere al desarrollo del estudio de inundación que asuma una brecha hipotética de los muros que conforman el embalse de relaves Teck – CdA estimando la distancia y área cubierta por los relaves y agua liberadas.

El análisis considerará tres (3) escenarios cada uno individualizado por las etapas de construcción E4, E5 y E6 a las elevaciones de coronamiento El. 1.162.5 m s.n.m.; 1.177.5 m s.n.m. y 1.204 m s.n.m. respectivamente.

Según las recomendaciones del GRB.2018, se considerarán dos (2) escenarios para el evento de falla, el primero (1) bajo condiciones normales de operación (sunny day) sin liberación de agua desde la alguna, considerando además que no hay cuerpos de agua importantes aguas abajo de la TMF, que puedan aumentar la movilidad de los relaves

derramados y el otro (2) más dañino para la inundación inducida por la PMP, que tome en cuenta la experiencia de Los Frailes (1998), Mount Polley (2014) y Samarco (2015), respecto de las siguientes características de la brecha supuesta en los rellenos de los muros: la profundidad (el GRB considera poco conservador los 9° supuestos por AmecFW, para la inclinación de la brecha en los rellenos de los muros), y el ancho (el GRB considera conservador que la brecha supuesta sea de un ancho igual a 5 veces respecto la profundidad). El GRB se muestra conforme respecto de que la descarga de agua y pulpa sea considerada como “fluido” y de la inclinación de 3° al interior del embalse.

De manera de estimar las superficies inundadas, se aplicarán las siguientes metodologías:

- Método iterativo Geométrico para la topografía del sitio; y
- Modelamiento numérico mediante elementos finitos, usando el software FLO-2D, para el agua de la laguna y los relaves.

Este estudio se necesita para actualizar la clasificación de consecuencias según CDA, ya que la que se encuentra vigente, no guarda relación 100% con las superficies inundadas con relaves que arrojó el estudio de distancia peligrosa desarrollado durante 2017.

Del mismo modo, el estudio de inundación y la clasificación de consecuencias revisada, permitirá desarrollar los planes ERP y EPP, así como los controles, monitoreos y ajustes de diseño, con los énfasis necesarios de acuerdo con las reales consecuencias de cada uno de los muros.

Figura 8-8: Superficie afectada por ruptura de los muros Etapa 3, 2017.03.14 (ref. estudio de Distancia Peligrosa, AmecFW)



## 9.0 RESUMEN Y RECOMENDACIONES

### 9.1. Resumen de actividades de construcción durante la visita

Al momento de la inspección se estaban realizando los siguientes trabajos:

- Rellenos masivos: se estaba construyendo el relleno masivo de la Etapa 4 del MS y el carguío intermitente de la nueva plataforma para la reubicación del cajón de distribución de relaves, en el BS;
- Rellenos de transición y/o rectificación: sin actividad al momento de la visita;
- Instalación de geosintéticos en la cara aguas arriba de los muros, piscinas, sistemas de captación y conducción de drenajes: sin actividad al momento de la visita;
- Excavación y relleno de zanjas corta fugas, de anclaje superior, inferior y laterales: sin actividad al momento de la visita;
- Construcción de sistema colector y de control de filtraciones: sin actividad de construcción al momento de la visita; y
- Instalación de instrumentación geotécnica: al momento de la visita estaba en pleno desarrollo la campaña de sondajes en el MNO y BS, campaña que incluye la habilitación de nueva instrumentación en ambas estructuras (Piezómetros de Fibra Óptica y Casagrande).

### 9.2. Resumen de desempeño

El comportamiento observado del depósito está de acuerdo con lo esperado en el diseño y la operación de este y se ha realizado siguiendo las recomendaciones del Manual de Operaciones. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales. Se recomienda ampliar el monitoreo principalmente en el Botadero Sur que permitan un seguimiento y evaluación permanente del comportamiento. Así mismo, se recomienda realizar un modelo de deformaciones que permita entender más acabadamente el o los mecanismos de formación de las grietas.

Las filtraciones que se registran en el depósito están dentro del rango estimado en el diseño.

## 9.3. Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo

### 9.3.1. Diseño MP

El estudio de almacenamiento de la VMP, arrojó que el MP, siempre estará en contacto con el agua acumulada, por lo tanto, se deberá revisar el diseño completo del MP, es decir, se deberá impermeabilizar completo el talud aguas arriba hasta la Etapa 6 inclusive, lo que indirectamente mejora la estabilidad general del muro, ya que el criterio de diseño para el embalse de relaves, requiere que el talud a impermeabilizar tenga una inclinación 2 (H) / 1(V), que es más estable que el talud de diseño con una inclinación 1,6 (H) / 1 (V).

### 9.3.2. Descargas adicionales MN y MO

El estudio de almacenamiento del VMP, arrojó que tanto el MN como el MO, estarán en contacto en dos zonas puntuales con el agua acumulada producto de la PMP<sub>3d</sub>, esto implica que, para la E4, E5 y E6, se deba considerar la adición de puntos de descarga adicionales que permitan levantar la playa en contacto con el muro y evitar que el agua entre en contacto con el muro sin impermeabilizar.

### 9.3.3. Descarga adicional BS

Operacionalmente cada vez que opera la D4, se forma una pequeña laguna parásita somera y de un par de días de duración, en contacto con el BS, bajo la ubicación de monolito para control de asentamientos BS-07, y que presenta mayor actividad que el resto de los monolitos del BS, incluyendo desplazamiento lateral. Por lo tanto, a priori, se recomienda agregar un punto de descarga adicional en las inmediaciones del estribo sur del MNO en el empalme con el BS, esta ubicación deberá ser ratificada por la actualización del plan de manejo de relaves.

## 9.4. Clasificación de consecuencias según CDA (ref. Teck)

### Dam Safety

High Consequence Dams: West / North / NE / East (North End) Dams





<b>Operation</b>	CdA
<b>Height</b>	4 dams 33 to 151 m
<b>Crest Length</b>	3,2 km (combined)
<b>Tailings Storage</b>	297 Mm <sup>3</sup>
<b>Water Storage</b>	650.000 m <sup>3</sup> (Operational max.)

Potential Inundation Impacts	Surveillance & Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation of open pit and plant area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daily, Weekly, Monthly &amp; Quarterly surveillance</li> <li>Annual Dam Safety Inspection by EoR</li> <li>DSI and ITRB every one (1) yrs (Latest – 2018.03 / 2018.05)</li> </ul>

### Dam Safety

High Consequence Dams: West / North / NE / East (North End) Dams





<b>Operation</b>	CdA
<b>Height</b>	4 dams 33 to 151 m
<b>Crest Length</b>	3,2 km (combined)
<b>Tailings Storage</b>	297 Mm <sup>3</sup>
<b>Water Storage</b>	650.000 m <sup>3</sup> (Operational max.)

Potential Inundation Impacts	Surveillance & Monitoring
<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundation of open pit and plant area</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daily, Weekly, Monthly &amp; Quarterly surveillance</li> <li>Annual Dam Safety Inspection by EoR</li> <li>DSI and ITRB every one (1) yrs (Latest – 2018.03 / 2018.05)</li> </ul>

Nota: Esta clasificación fue desarrollada por Teck durante el año 2014, y requiere ser actualizada con el resultado del estudio de inundación actualmente en desarrollo.

## 9.5. Estatus Recomendaciones DSI 2017

Ítem	Recomendaciones DSI 2017	Responsable	Status de respuesta / Acción
1	<b>DEPOSITO DE RELAVES (TMF)</b>		
1.1	Revisión del sistema de hitos topográficos	AMECFW	Finalizado: 2018. Q3.
1.2	Se recomienda realizar el monitoreo de las deformaciones del BS	AMECFW	Durante el periodo se monitorea trimestralmente el corrimiento vectorial de los monolitos para control de asentamientos. Adicionalmente, la automatización del monitoreo mediante estación total y prismas distribuidos en las plataformas operacionales a la cota El. 1.149,5 msnm, permitirá tener monitoreo vectorial continuo, y tendencia para los asentamientos, continuándose con la nivelación cerrada trimestral. 2018.Q4
1.3	Revisar el procedimiento de reparación de grietas de modo que permitan dar soluciones de mantención que perduren en el tiempo	AMECFW	(1) Agrietamientos de talud: Remover bordes de material suelto; Compactar material suelto al interior; Colocar arena fina compactando manualmente para ir rellenando los espacios vacíos; Como parte del sistema para controlar que las grietas existentes se puedan volver a abrir, es un paso importante controlar las escorrentías superficiales. (2) Agrietamiento de Plataforma con Revancha mayor o igual a 3 m: no serán reparados inmediatamente y se preserván para monitoreo (salvo que se requiera por condición climática extrema) (3) Agrietamiento de Plataforma con Revancha menor a 3 m: la plataforma deberá ser reconstruida para su puesta en operación.
1.4	Se recomienda reservar un monto de dinero anual en el OPEX de las instalaciones de relaves para la mantención de plataformas.	TECK - CDA	Finalizado: el ítem de mantención de estructuras se agregó al OMS_R4 y la AR.2018 para la TMF, ya contempla dichos fondos.
1.5	Se recomienda en el plazo inmediato, analizar en conjunto con mina Teck – Cda la disponibilidad de estéril fino.	AMECFW / TECK - CDA (mina)	Finalizado: Existe nuevo acopio de estéril fino en el estribo norte del MO(S), con material suficiente para dar cobertura a la etapa 4 de construcción.
1.6	Se recomienda en el corto plazo implementar la solución para canalización, conducción y registro de los afloramientos al pie del talud aguas abajo del muro Nororient	AMECFW / TECK - CDA	Finalizado: en operación desde inicios del 2018.
1.7	Se recomienda dar curso a la campaña de sondajes (Down Holes).	TECK - CDA	Finalizada: 2018.Q2.
1.8	Se recomienda proteger los rellenos de zanjas de anclaje de geomembrana en el sector del muro Oriente (Sur) contra la erosión producto de la concentración de escorrentías.	AMECFW / TECK - CDA	Diseñado: se implementará previo al periodo de precipitaciones 2019
1.9	Se recomienda retomar las mantenciones de instrumentación geotécnica.	TECK - CDA	Asignado el contrato de Mantención semestral

Page 1

## 9.6. Recomendaciones DSI 2018

### 9.6.1. Longitud de Playas

Tener longitudes de playas adecuadas, es fundamental para limitar las filtraciones a través de los muros además de prevenir la saturación del relleno de transición, esto último, podría producir una pérdida del relleno dentro de los rellenos masivos más gruesos, que conforman el cuerpo de los muros ya que el propósito primario del relleno de transición es servir de barrera para los sólidos de los relaves sometidos a una baja cabeza hidráulica, pero no para prevenir completamente que el relleno de transición fluya dentro del relleno masivo. Se deja establecido que el ancho del relleno de transición fue diseñado conservadoramente (3 m) y construido a partir de la E3 más conservadoramente aún, aumentando en 1 m, por razones constructivas. Sin embargo, con un relleno de transición debilitado, los relaves y el agua podrían fluir dentro del cuerpo del muro y más allá. Una longitud de playa mínima de 100 m debiera mantenerse bajo condiciones extremas del nivel del pelo de agua (tormenta de diseño y/o falla en la operación del sistema de recuperación de aguas claras). Se está completando la modelación para la capacidad de almacenamiento del embalse, bajo condiciones extremas de precipitaciones y los resultados indican que se mantienen longitudes de playa extensas, lo que permite limitar las filtraciones, salvo en algunos sectores puntuales del embalse los que deberán ser controlados mediante la adición de nuevas descargas de relaves, las que serán modeladas en la actualización 2018 del plan de llenado. Del mismo modo, está diseñado la instalación de instrumentación tanto en los taludes de aguas arriba, como en playas, para verificar la ubicación de la superficie freática y así monitorear los efectos de los cambios de longitud de las playas. Su instalación está programada para el año 2019.

### 9.6.2. Filtraciones

Se deberá monitorear de cerca, la tasa de filtración, asimismo como la duración de las descargas de relaves locales, lluvias recientes, la elevación de los relaves, la elevación del pelo de agua y calidad (principalmente la carga de sedimentos) del agua de las filtraciones. Mejorar los aforadores a la salida de los flujos de filtración, de manera de aquietar el flujo a monitorear y muestras de calidad de agua serían muy útiles. Del mismo modo aumentar la instrumentación en las playas aguas arriba, cerca de los muros, podría ser útil para comprender el efecto de las descargas de relaves y la reducción de la superficie freática. Esta instrumentación es adicional a la detallada en el ítem anterior y deberá programarse su instalación para el año 2020.

### 9.6.3. Agrietamientos en la Transición

La causa específica de los agrietamientos en la capa de transición requiere de mayor investigación. El control de calidad del relleno de transición y su construcción, además del seguimiento de las grietas son muy importantes, cada una de estas actividades se desarrollan en el sitio de acuerdo a las mejores prácticas de la industria. Según lo indicado en el ítem 7.3.2, los agrietamientos existentes no presentan riesgo para la seguridad de las instalaciones, debiendo ser controlados, monitoreados y vigilados regularmente, tal y como se ha venido haciendo en el sitio hasta la fecha.

### 9.6.4. MS

Se debe controlar la escorrentía superficial mediante zanjas, la cual debe ser proyectada y diseñada.

Proteger la zanja de anclaje lateral de la geomembrana, de la erosión por escorrentía superficial mediante la colocación de geotextil y enrocado de armadura (riprap).

### 9.6.5. MO(S)

Analizar las granulometrías del relleno masivo, desarrolladas durante la construcción de la E4 del muro para chequear la compatibilidad entre el relleno de transición y el relleno masivo;

Proteger la zanja de anclaje lateral de la geomembrana, de la erosión por escorrentía superficial mediante la colocación de geotextil y enrocado de armadura (riprap); y

Instalar piezómetros en la playa de relaves frente al muro.

### 9.6.6. MO – Aguas Arriba

Prevenir la erosión de los estribos, taludes y coronamiento, controlando la escorrentía superficial por precipitaciones. Requiere diseño y la solución debe estar implementada antes del periodo invernal del 2019.

### 9.6.7. MO – Aguas Abajo

Reconstruir el sistema de aforo de las filtraciones, ya que el existente se encuentra deteriorado. Requiere diseño y la solución debe estar implementada antes del periodo invernal del 2019.

## 9.6.8. MNO – Aguas Arriba

Prevenir la erosión de los estribos, taludes y coronamiento, controlando la escorrentía superficial por precipitaciones, Requiere diseño y la solución debe estar implementada antes del periodo invernal del 2019.; y

Retirar los arbustos del talud aguas arriba.

## 9.6.9. MNO – Aguas Abajo (El Churque)

Habilitar el sismógrafo y alimentar con red eléctrica el sistema de carga de la batería de la instrumentación existente.

Implementar lo indicado en el ítem 8.5.2.2.4, respecto de las subsidencias.

## 9.6.10. MN – Aguas Arriba

Prevenir la erosión de los estribos y taludes, controlando la escorrentía superficial por precipitaciones, Requiere diseño y la solución debe estar implementada antes del periodo invernal del 2019;

Retirar los arbustos del talud aguas arriba; y

Instalar (2) dos piezómetros en la playa de relaves frente al muro, para monitorear la presión de poros.

## 9.6.11. MN – Aguas Abajo

Mejorar el sistema de recolección de filtraciones del afloramiento intermitente, además de habilitar el sistema de bombeo que recupera las filtraciones desde la piscina del MN.

## 9.6.12. BS

Perforar un sondaje en la plataforma El. 1.141 msnm e instalar piezómetro;

Monitorear las grietas;

Alejar el agua de la cara del botadero sur producto de la operación del punto de descarga rebose, mediante la instalación de otra descarga; y

Instalar el segundo sismógrafo en el coronamiento de la nueva plataforma para la distribución de relaves El. 1.177,5 msnm

## 9.6.13. MP

Ejecutar 6 calicatas a lo largo del largo de eje central del muro cada 50 m para definir la profundidad de la roca de fundación. La ejecución de sondajes será provista de acuerdo al CAPEX del 2019 de Teck CdA;

Diseñar y construir una zanja cortafugas al pie del muro; y

Extender a 2 (H) : 1 (V) la inclinación del talud aguas arriba del muro, para impermeabilizarlo con geomembrana.

## 9.6.14. Trincheras

Extender la cañería de drenaje del manifold de impulsión del agua recuperada, para prevenir la erosión

## 9.6.15. Monitoreo y control

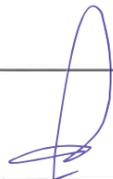
Se requiere actualizar la metodología de monitoreo de las filtraciones, de manera de identificar claramente la cantidad y orígenes de los flujos interceptados, esto deberá hacerse al momento que WSP entregue los resultados de su modelo hidrogeológico distrital; y

Considerar la instalación de piezómetros aguas arriba de los muros, según diseño del año 2017.

## 10.0 ANEXOS

- Anexo A Registro Fotográfico
- Anexo B1 Registro de Inspección de Terreno: MS
- Anexo B2 Registro de Inspección de Terreno: MO(S)
- Anexo B3 Registro de Inspección de Terreno: MO
- Anexo B4 Registro de Inspección de Terreno: BS
- Anexo B5 Registro de Inspección de Terreno: MNO
- Anexo B6 Registro de Inspección de Terreno: MN

**Amec Foster Wheeler - División de Medio Ambiente e Infraestructura**

	
<b>Luis Álvarez Lepeley Jefe de Terreno (EoR)</b>	<b>Luis González Caro Ingeniero de Registro</b>

**ANEXO A  
REGISTRO FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1: Muro Sur - Estribo Poniente



Fotografía 2: Muro Sur - Talud Aguas Arriba, Impermeabilización de Talud Aguas Arriba

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI 2018

PAGE:	REV.:
1	



Fotografía 3: Cubeta – Vista hacia el Nor Oriente



Fotografía 4: Muro Sur - Vista hacia el Oriente

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
2

REV.:



Fotografía 5: Cubeta – Vista hacia el Nor Oriente



Fotografía 6: Muro Oriente Sur - Estribo Sur

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
3

REV.:



Fotografía 7: Cubeta Vista hacia el Norte



Fotografía 8: Muro Oriente Sur – Vista hacia el Norte

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
4

REV.:



Fotografía 9: Muro Oriente Sur – Vista hacia el Norte



Fotografía 10: Muro Oriente Sur - Talud Aguas Arriba Perfilado

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
5

REV.:



Fotografía 11: Cubeta Vista hacia el Nor Poniente



Fotografía 12: Cubeta – Vista hacia el Poniente

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
6

REV.:



Fotografía 13: Muro Oriente Sur – Vista hacia el Sur



Fotografía 14: Muro Oriente Sur – Vista hacia el Sur

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
7

REV.:



Fotografía 15: Muro Oriente Vista hacia el Nor Oriente



Fotografía 16: Muro Oriente –Vista hacia el Norte

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
8

REV.:



Fotografía 17: Muro Oriente –Vista hacia el Sur – Agrietamientos



Fotografía 18: Muro Oriente –Vista hacia el Sur – Agrietamientos

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

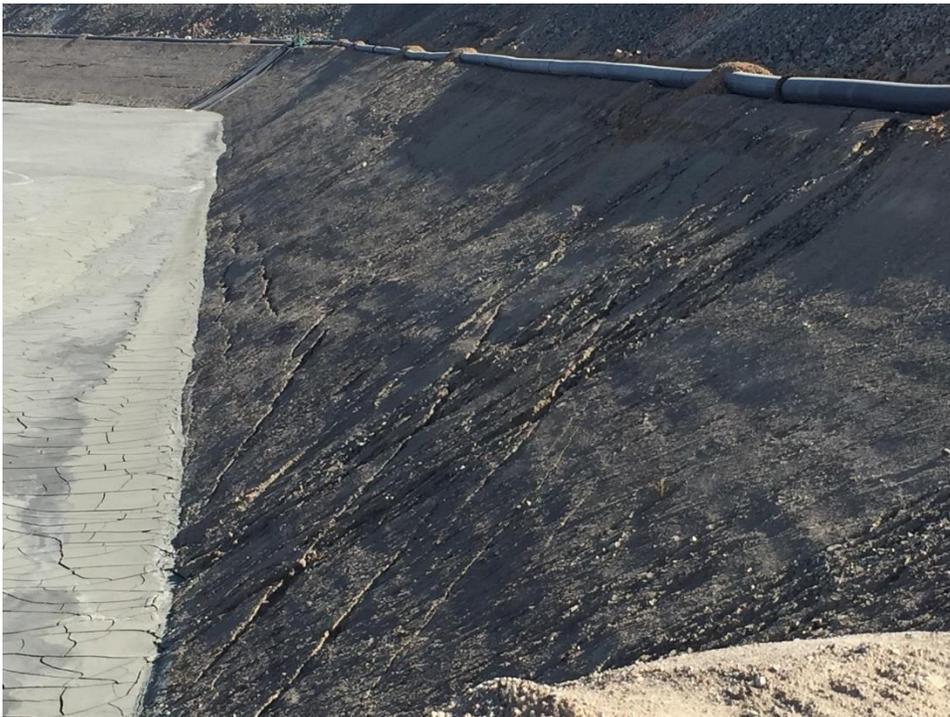
JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
9

REV.:



Fotografía 19: Cubeta – vista hacia el Nor Poniente



Fotografía 20: Muro Nororientado – Agrietamientos Diagonales Estribo Sur

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
10

REV.:



Fotografía 21: Muro Nororientado – Agrietamientos Diagonales Estribo Sur



Fotografía 22: Muro Nororientado – Vista hacia el Norte - Agrietamientos Horizontales

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
11

REV.:



Fotografía 23: Muro Nororientado – Vista hacia el Norte - Agrietamientos Horizontales



Fotografía 24: MNO – Agrietamientos Horizontales Talud Aguas Arriba Estribo Sur

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI218

PAGE:  
12

REV.:



Fotografía 25: MNO – Vista hacia el Sur - Agrietamientos Horizontales Talud Aguas Arriba



Fotografía 26: MNO – Erosion por Escorrentía Superficial y Arbusto en Talud Aguas Arriba

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
13

REV.:



Fotografía 27: MN y acopio de Relaves UV – Playa de Relaves Húmeda por reciente Operación de Descarga



Fotografía 28: MN y Acopio de Relaves UV – Playa de Relaves Húmeda por reciente Operación de Descarga

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
14

REV.:



Fotografía 29: MN - Calicata Agrietamiento Relleno Masivo El. 1.162 msnm



Fotografía 30: MO – Estribo Norte – Agrietamiento Talud Aguas Arriba

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
15

REV.:



Fotografía 31: BS – Agrietamientos Pl. 1.141 msnm



Fotografía 32: BS – Cárcavas por Escorrentía Superficial

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
16

REV.:



Fotografía 33: BS – Agrietamiento Pl. 1.141 msnm



Fotografía 34: BS – Agrietamientos Pl. 1.141 msnm

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
17

REV.:



Fotografía 35: BS – Agrietamiento Pl. 1.141 msnm



Fotografía 36: BS – Playas de Relaves Húmedas por Operación reciente de la Descarga Rebose

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
18

REV.:



Fotografía 37: Cubeta – Vista hacia Nor Poniente - Desarrollo de Playas



Fotografía 38: Cubeta – Vista hacia Oriente - Desarrollo de Playas

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
19

REV.:



Fotografía 39: Cubeta – Vista hacia Sur Poniente - Desarrollo de Playas



Fotografía 40: Cubeta – Vista hacia Nor Poniente - Desarrollo de Playas

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
20

REV.:



Fotografía 41: BS – Playas de Relaves Húmedas por Operación reciente de la Descarga Rebose



Fotografía 42: MNO – Aguas Abajo

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
21

REV.:



Fotografía 43: MNO – Piscina Colectora de Filtraciones Aguas Abajo y Aforador



Fotografía 44: Trinchera #8

**wood.**

PROJECT: Andacollo TSF

CLIENT:  
TECK CDA

DATE:  
March 2018

JOB No.:  
DSI2018

PAGE:  
22

REV.:

**ANEXO B1  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
MS  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165  
 Muro SUR

Ubicación Teck - CdA  
 Fecha de Inspección 2018.03.05/06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

**Personal**  
 Supervisor Luis Alvarado L. Otros M. J. Jarama (Amcstn)  
 Representante Wood Luis Gonzalez J. Pothé (Teck)

**Clima**

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neblina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Condición del Muro**

Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

**Información del Muro**

El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
 El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**

Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo  CARGULO INTERMITENTE ET  
 Relleno Transición   
 Impermeabilización   
 Descarga   
 Otro

**Razón de la Inspección**

Rutinaria   
 Condición Especial  DSI 2018

**Nomenclatura Puntaje**

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,  
 F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantenimiento / Estudio requerido,  
 P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,  
 U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,  
 N = Sin Inspeccionar.

## 2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S		
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	S		
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
2.4	Sinkholes	✓	S		
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	S		
2.6	Protección Superficial	✓	F	Balones EN ACTO RA PELIGRO PARA LAS PERSONAS INSTALADAS	
2.7	Erosión	✓	S		
2.8	Vegetación	✓	S		
2.9	Madrigueras de animales	✓	S		
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página )</p>					

### 5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	5		
5.2	Vegetación y Escombros	✓	5		
5.3	Protección del talud	✓	5	PROTEGER QUE LA LAMINA NO QUEDA EXPUESTA Y SE QUEDA METIDA DEBAJO	
5.4	Desplazamientos	✓	5		
5.5	Erosión	✓	F		
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	5		
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: COLOCAR RELLENO GRANULAR SOBRE PROTECCION ANCLAJES LATERALES Y COLECTAR ESCORRENTAS SUPERFICIALES ANTES QUE BAJE POR EL ANCLAJE. ENTRE RELLENO GRANULAR Y RELLENO ~~INTERNO~~ ANCLAJE, PONER GEOTEXTIL. (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

MEDIA CAJETA A LO LARGO DEL ANCLAJE LATERAL.

**ANEXO B2  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
MO(S)  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165  
 Muro ORIENTE SUR

Ubicación Teck - CdA  
 Fecha de Inspección 2018.03.05/06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal LUIS ALVAREZ L.  
 Supervisor LUIS ALVAREZ L. Otros M. DAVACHI (AMECTW)  
 Representante Wood LUIS GONZALEZ C. J. POTTIE / J. ZUTA (TECK)

**Clima**

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neblina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Condición del Muro**

Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

**Información del Muro**

El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
 El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**

Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo  CARGA N.A.  
 Relleno Transición  TERMINAR CORTEY RETIRO DE TIERRA  
 Impermeabilización   
 Descarga   
 Otro

**Razón de la Inspección**

Rutinaria   
 Condición Especial  DI 2018

**Nomenclatura Puntaje**

- S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
- F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantenimiento / Estudio requerido,
- P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
- U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
- N = Sin Inspeccionar.

## 2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S		
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	S		
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
2.4	Sinkholes	✓	S		
2.5	Desplazamientos Laterales	/	S		
2.6	Protección Superficial	/	S		
2.7	Erosión	/	S		
2.8	Vegetación	/	S		
2.9	Madrigueras de animales	/	S		
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página )</p>					

### 4. Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial	✓	S		
4.2	Vegetación y Escombros	✓	S		
4.3	Protección del talud	✓	S		
4.4	Desplazamientos	✓	S		
4.5	Erosión	✓	S		
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: **PREVENIR AFLORAMIENTO AL PIE DEL ES TRIBO**  
 (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

### 5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	S		
5.2	Vegetación y Escombros	✓	S		
5.3	Protección del talud	✓	S		
5.4	Desplazamientos	✓	S		
5.5	Erosión	✓	S		
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
5.7	Otras condiciones inusuales				

**Notas:** TOMAR GRANULOMETRÍA A LA CARA COMPACTADA (6 MUESTRAS) REPRESENTATIVAS. CON FOCO EN EL GRD. A DIFERENTES ALTURAS. FOTOS DE CADA CAUCUTA ANTES / DURANTE / DESPUÉS.  
 (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

**ANEXO B3  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
MO  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165 Ubicación Teck - CdA  
Muro ORIENTE Fecha de Inspección 2018.03.05 y 06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal  
Supervisor LOIS ALVAREZ L. Otros M. DAVACHI (AMECTW)  
Representante Wood LUIS GONZALEZ J. POTTIE / JOSE ZUJA (TECK)

**Clima**

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neblina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Condición del Muro**

Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

**Información del Muro**

El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**

Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo  \_\_\_\_\_  
Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
Descarga  \_\_\_\_\_  
Otro  \_\_\_\_\_

**Razón de la Inspección**

Rutinaria   
Condición Especial  DSI 2018

**Nomenclatura Puntaje**

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,  
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantenión / Estudio requerido,  
P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,  
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,  
N = Sin Inspeccionar.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	F	HACIA EL ESTRIBO NORTE SE VEN GRIETAS	
1.2	Erosion Superficial	✓	F	HACIA EL ESTRIBO SUR EROSION XISOMERIA.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	F	AGRIETAMIENTO EN TALUD ARRIBA ESTRIBO NORTE	
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S		
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: PERMA. A LA PLAYA APOYADA, AL TALUD, MEJORA ESTABILIDAD, ES UNA POSIBILIDAD.</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

### 5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	S		
5.2	Vegetación y Escombros	✓	S		
5.3	Protección del talud	✓	S		
5.4	Desplazamientos	✓	S		
5.5	Erosión	✓	F	ESCORRIENTIA SUPERFICIAL EROSIONATAUD MEJORAR CONDICION.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
5.7	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: PENDIENTE HAGA EL RELLENO MASIVA PARA MEJORAR CONDICION DE ESCORRIENTIA SUPERFICIAL.            (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

**ANEXO B4  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
BS  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165 Ubicación Teck - CdA  
Muro BOTADEROSUR Fecha de Inspección 2018.03.06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal  
Supervisor LUIS ALVAREZ L. Otros M. DAJACHI (AMECTN)  
Representante Wood LUIS GONZALEZ C JO POTTIE / J. SOTA (TECK)

Clima	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nebliña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Condición del Muro  
Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

Información del Muro  
El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

Metodo de Constructivo del Muro  
Eje central  Otro BOTADERO DE ESTERIL DE MINA SIN CONTROL DE CONSTRUCCION  
Aguas Abajo

Actividades de Construcción / Operación Local  
Relleno Masivo  PLATAFORMA TR. 042 (REUBICAD)  
Relleno Transición   
Impermeabilización   
Descarga  REBOSE INTERMITENTE  
Otro

Razón de la Inspección  
Rutinaria   
Condición Especial  DSI 2018

Nomenclatura Puntaje  
S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,  
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,  
P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,  
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,  
N = Sin Inspeccionar.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	N		
1.2	Erosion Superficial	✓	F	FUERTE EROSION X ESCORIENTA SUPERFICIAL	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	<del>P</del>	PLATAFORMA 1141 ✓ FUERTE AGRIETAMIENTO DEL TALUD. AGRIETAMIENTO MEJOR EN TALUD 1147J	
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S	PEQUEÑOS ARBUSTOS EN LA CARA DEL TALUD	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	A	GRANDES AGRIETAS / C / ASENTAMIENTO DIFERENCIAL (1141) EN LA CARIZ DEL BS 1149.5	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	P	GRANDE AGRIETA / C / ASENTAMIENTO DIFERENCIAL (1141)	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	P		
2.4	Sinkholes	✓	F	ALGUNOS PUNTOS CON <del>SINKHOLES</del> HUNDIMIENTOS PEQUEÑOS QUE FUERON ABANICADOS HACIA EL TALUD DE AGUAS ARRIBA	
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	F	ASENTAMIENTO DIFERENCIAL (1141) #42	
2.6	Protección Superficial	✓	N		
2.7	Erosión	✓	F	FUERTE EROSIÓN DE PL. 1141 CERCA DEL ESTRIBO ORIENTE	
2.8	Vegetación	✓	S		
2.9	Madrigueras de animales	✓	S		

Notas: SEÑALAR ALGUNAS DE LAS AGRIETAS, Y DAR ATENCIÓN A LAS ALLUVIAS. FALLA CARIZ DE AGUAS ARRIBA. MONITOREAR ASENTAMIENTOS ARRIBA BS. PERFORAR POZO 1141. MONITOREAR

(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

DEL DE CORONAMIENTO.

**ANEXO B5  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
MNO  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165 Ubicación Teck - CdA  
Muro NOR ORIENTE Fecha de Inspección 2018.03.06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

**Personal**  
Supervisor LUIS ALVAREZ L. Otros M. DAVACHI (AMECTW)  
Representante Wood LUIS GONZALEZ C. J. FORTIE (TECK)

### Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neblina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Condición del Muro

Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

### Información del Muro

El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

### Método de Constructivo del Muro

Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
Aguas Abajo

### Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo  \_\_\_\_\_  
Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
Descarga  \_\_\_\_\_  
Otro  CAMPAÑA DE SONDAJES DOWN HOLE.

### Razón de la Inspección

Rutinaria   
Condición Especial  8102 181

### Nomenclatura Puntaje

- S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
- F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantenimiento / Estudio requerido,
- P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
- U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
- N = Sin Inspeccionar.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	N		
1.2	Erosion Superficial	✓	P	FUERTE EROSION POR ESCORRENTIA SUPERFICIAL	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	P	AGRIETAMIENTO SUPERFICIAL LONGITUDINAL GENERAL	
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S	PEQUEÑOS ARBUSTOS DE DESFILE HACIA EL FONTE	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S		

Notas: SE REQUIERE MANUTENCIÓN GENERAL DEL TALUD. A ARRIBA PREVIO A LA ESTACIÓN LUVIOSA. DELENAR EN MATERIAL DE MANERA MANUAL LAS GRIETAS. GRIETAS: DESTABILIDAD LAS MAS ABNJO CERCA DE LA PLAYA Y CONTACTA DE CONTROL DE AGUAS SUPERFICIALES ~~DEL~~ EL TESTO.

(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

COMPACTADO  
 INSTALAR 3 LINEAS DE PRISMAS EN TALUD CERCA DEL CERODAMIENTO, A LA MITAD Y CERCA DE LA PLAYA PARA CONTROLAR ESTAD TOTAL

## 2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S		
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	F	ABRIETAMIENTO GENERAL PARALELO A LA CARNERA DE DIS. TRIDUCCION.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	F	AGENTAMIENTO SACRE- CIENTE HACIA BOTADERO SUP Y PUNTOS BAJOS EN PLATAFORMA DISTRIBUIDOS)	
2.4	Sinkholes	✓	S		
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	S		
2.6	Protección Superficial	✓	N		
2.7	Erosión	✓	S		
2.8	Vegetación	✓	S		
2.9	Madrigueras de animales	✓	S		
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

### 4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial	✓	S		
4.2	Vegetación y Escombros	✓	S	PEQUEÑOS ARBUSTOS	
4.3	Protección del talud	✓	S		
4.4	Desplazamientos	✓	S		
4.5	Erosión	✓	S	EROSION SUPERFICIAL	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
4.7	Otras condiciones inusuales				
<p><b>Notas:</b></p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página )</p>					

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	P	FUERTE EROSIÓN POR ESCORPENTA SUPERFICIAL	
5.2	Vegetación y Escombros	✓	S		
5.3	Protección del talud	✓	P	EROSIONADO	
5.4	Desplazamientos	✓	F		
5.5	Erosión	✓	P	EROSIÓN FUERTE EN EMPALME BS.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
5.7	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: SE REQUIERE PENDIENTE HACIA TROCKFILL EN TRINCHERO MASIVO Y OBRAS DE DESVIO DE A. LUVIAS</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

**ANEXO B6  
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO  
MN  
(se omiten aquellas hojas de registro que no se llenaron en  
terreno)**

Proyecto # E40165 Ubicación Teck - CdA  
 Muro MUR NOROCCIDENTE Fecha de Inspección 2018.03.06

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

**Personal**  
 Supervisor LOIS ALVAREZ L. Otros M. D. JACOBS (AMECTW)  
 Representante Wood LOIS GONZALEZ LOTTIE (TECK)

**Clima**

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Neblina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lluvia Intensa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Condición del Muro**

Operando  Abandonado  Notas: \_\_\_\_\_

**Información del Muro**

El. Laguna \_\_\_\_\_ [msnm] Revancha \_\_\_\_\_ [m]  
 El. Coronamiento \_\_\_\_\_ [msnm] Δ Laguna / Coronamiento \_\_\_\_\_ [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**

Eje central  Otro PARCIALMENTE CONSTRUIDO  
 Aguas Abajo  (ROCK FILL)

**Actividades de Construcción / Operación Locs:**

Relleno Masivo  PARCIALMENTE CONSTRUIDO  
 Relleno Transición   
 Impermeabilización   
 Descarga  DIA OPERANDO  
 Otro

**Razón de la Inspección**

Rutinaria   
 Condición Especial  SSI 2018

**Nomenclatura Puntaje**

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,  
 F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantenimiento / Estudio requerido,  
 P = Pobre. Puede que no cumpla intención de diseño. Reparación / Modificación requerida,  
 U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,  
 N = Sin Inspeccionar.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	N		
1.2	Erosion Superficial	✓	S	EROSION + FALTA DE MANEJO DE ESCORRIENTIA SUPERFICIAL	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	S		
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S	PEQUENOS ARBUSTOS A LO LARGO DEL TALUD	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S	REVISAR FUSIÓN DE POROS EN PLAYA DE VEN	
1.9	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: MUESTRAS DEL AGUA DEL AFLORAMIENTO.</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S	FRECUENTES AL CORONAMIENTO # ROCKFILL	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	S	FRECUENTES AL CORONAMIENTO # ROCKFILL	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	MW-10 PUNTO BAJO AL EJE DEL MURO	
2.4	Sinkholes	✓	S		
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	S		
2.6	Protección Superficial	✓	S		
2.7	Erosión	✓	S		
2.8	Vegetación	✓	S		
2.9	Madrigueras de animales	✓	S		
<p>Notas: REVISAR CONDICIÓN DE SELLO DE LA QUEBRADA. REVISAR DISPOSICIÓN DE GRIETAS AL CORONAMIENTO DEL MASIVO 1162 N</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	5		
3.2	Erosion Superficial	✓	5		
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	5		
3.4	Sinkholes	✓	5		
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	5		
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	5		
3.7	Vegetación	✓		MUCHA VEGETACIÓN	
3.8	Madrigueras de animales	✓	5		
3.9	Angulo	✓	5	TALUD CERCA DEL ABILLO DE REPOSO SE DEBE MEJORAR PARA EL CIERRE	
3.10	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

### 4. Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial	✓	S		
4.2	Vegetación y Escombros	✓	S		
4.3	Protección del talud	✓	S		
4.4	Desplazamientos	✓	S		
4.5	Erosión	✓	S	FUERTE EROSION X ESCORRENTIA SUPERFICIAL POSTERIOR A LUVIA	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	ZONA DE PARADO	
4.7	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: SE REQUIERE CONTROL DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL DUEO A TEMPORADA DE LUVIAS.</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	S		
5.2	Vegetación y Escombros	✓	S	PEQUEÑOS ARBUSTOS	
5.3	Protección del talud	✓	S		
5.4	Desplazamientos	✓	S		
5.5	Erosión	✓	S	EROSIÓN SUPERFICIAL X ALTA DE MANEJO DE ESCORRENTA.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
5.7	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: SE REQUIERE OBRAS DE MANEJO DE ESCORRENTA SUPERFICIAL POR LAS SUPERFICIES PARA MONITOREO DE ESCORRENTA SUPERFICIAL</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	5	SIGNOS DE AFUERTEAMIENTO GEOESTACIONAL	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	5		
6.3	Vegetación	✓	5		
6.4	Otras condiciones inusuales			SE DEBE SECAR DISCINA PARA MONITOREAR CONDICIÓN GENERAL DE LA LÁMINA.	
<p>Notas: EXCAVAR POZOS SUPERFICIALES DE AGUAS ABajo DE LA DISCINA COLECTORA, PARA MONITOREAR LA OPINIA SUBTERRANEA.</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	✓	S		
7.2	Monolitos	✓	S		
7.3	Aforadores	✓	<del>S</del> F	SE DEBUIERE HOY SE REPARAR LAS INSTA- LACIONES Y MONTAJE GRUPOS T ESCALERA. REPORNER TEGLA.	
7.4	Otros			VACIAR PISCINA COLECTORA DE FILTRA- CIÓN Y REPARAR MONITO- REAR CONDICIÓN DE LA LÁMINA.	
Notas:					
(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)					