

# INFORME TÉCNICO

## REVISION ANUAL DEL DESEMPEÑO DE LAS INSTALACIONES DE RELAVES 2023 (AFPR - 2023)

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



Preparado por:

WSP E&I

Avenida Las Condes 11 700

Vitacura, Santiago, Chile

[www.wsp.com](http://www.wsp.com)

28 de marzo de 2023

**Compañía Minera TECK- Carmen de Andacollo**

**INGENIERO DE REGISTRO Y CQA CONSTRUCCIÓN**

**DEPÓSITO DE RELAVES**

**PROYECTO N° E40221**

**INFORME TÉCNICO**

**N° TECK:**

**N° WSP E&I: E40221-6000-DT00-RPT-0005**

**PARA**

**REVISION ANUAL DEL DESEMPEÑO DE LAS INSTALACIONES DE  
RELAVES (AFPR - 2023) – DEPÓSITO DE RELAVES**

Preparado por:

**WSP E&I**

Aprobado por:

Jefe de Proyecto  
Ingeniero de Registro  
Cliente

Luis Alvarez Lepceley

Luis González

Juan Carlos Gómez

(LA)

(LG)

(JCG)

Rev.	Autor	Emitido para	Fecha	Rev. por	Fecha Aprob.
A	LA	Revisión Interna	16/03/2023	LG/JP	18/03/2023
B	LA	Para el Cliente	27/03/2023	JP/JCG	28/03/2023
0	LA	Para Uso	28/03/2023	LA	28/03/2023

## Contenido

---

<b>0.0</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY ....</b>	<b>12</b>
<b>1.0</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>23</b>
1.1.	Propósito, alcance del trabajo y metodología.....	23
1.2.	Abreviaturas.....	24
1.3.	Regulaciones aplicables al depósito de relaves .....	25
1.4.	Permisos.....	28
1.5.	Descripción de las Instalaciones .....	28
<b>2.0</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN 2022.....</b>	<b>31</b>
2.1.	Depositación de Relaves .....	31
2.2.	Capacidad de Almacenamiento Remanente .....	34
2.3.	Construcción y Operación Durante el Período.....	37
2.3.1.	Operación de Agua y Relaves.....	37
2.3.2.	Construcción de Muros.....	38
2.4.	Planta y Secciones Transversales Actualizadas.....	41
2.5.	Revisión de Datos y Registros.....	53
2.5.1.	Inspecciones diarias .....	53
2.5.2.	Inspecciones semanales.....	54
2.5.3.	Inspecciones mensuales.....	55
2.5.4.	Inspecciones trimestrales.....	55
2.5.5.	Inspecciones anuales .....	55
2.5.6.	Inspecciones quinquenales.....	56
2.5.7.	En tiempo real.....	56
2.5.8.	Post Evento .....	56
<b>3.0</b>	<b>DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2022 .</b>	<b>59</b>
3.1.	Resumen anual de datos climáticos y tendencia.....	59
3.2.	Almacenamiento de la CMP .....	63
3.3.	Volumen de agua descargada (superficial y subterránea).....	68
<b>4.0</b>	<b>RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2022.....</b>	<b>79</b>
4.1.	Lecturas Piezométrica 2022.....	79
4.1.1.	Lecturas Piezómetros MN.....	79
4.1.2.	Lecturas Piezómetros MNO .....	82
4.1.3.	Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica .....	88
4.1.4.	Lecturas Piezómetros Casagrande .....	91
4.1.5.	Lecturas Piezómetros MO.....	95
4.1.6.	Lecturas Piezómetros MO(S).....	98
4.1.7.	Lecturas Piezómetros MS.....	101
4.1.8.	Lecturas Piezómetros MP.....	101
4.1.9.	Conclusión Piezometría.....	104
4.2.	Deformaciones.....	105
4.2.1.	Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 4 .....	105
4.2.2.	Prismas para control de Asentamientos .....	111
4.2.3.	Monitoreo InSAR.....	114
4.2.4.	Conclusión Monitoreo de Deformaciones .....	119
<b>5.0</b>	<b>ESTABILIDAD.....</b>	<b>121</b>

<b>6.0</b>	<b>CALIDAD DE AGUA DESCARGADA.....</b>	<b>122</b>
<b>7.0</b>	<b>OBSERVACIONES DEL SITIO.....</b>	<b>123</b>
7.1.	Participantes .....	123
7.2.	Programación.....	123
7.3.	Inspección .....	125
7.3.1.	Extensión de Playas .....	125
7.3.2.	Agrietamiento de la Zona de Transición .....	128
7.3.3.	Filtraciones .....	129
7.3.4.	Muro Norte (MN) – Aguas Arriba .....	130
7.3.5.	Muro Norte (MN) - Aguas Abajo.....	131
7.3.6.	Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba .....	132
7.3.7.	Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo.....	133
7.3.8.	PL. Tk-042 (ex BS).....	133
7.3.9.	Muro MO – Aguas Arriba. ....	135
7.3.10.	Muro MO – Aguas Abajo.....	135
7.3.11.	Muro MO(S) – Aguas Arriba .....	135
7.3.12.	Muro MO(S) – Aguas Abajo.....	136
7.3.13.	Muro MS – Aguas Arriba.....	137
7.3.14.	Muro MS – Aguas Abajo .....	138
7.3.15.	Muro Poniente – Aguas Arriba. ....	138
7.3.16.	Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.....	138
7.3.17.	Instrumentación y Monitoreo .....	139
7.3.18.	Niveles de agua .....	139
<b>8.0</b>	<b>EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACION DE RELAVES .....</b>	<b>141</b>
8.1.	Criterios de Diseño Clave .....	141
8.2.	Modos de Falla .....	143
8.2.1.	Evaluación de Modos de Falla Catastróficos, Etapa 4.....	144
8.3.	Peligros – Medidas de Diseño / Control .....	145
8.3.1.	Estabilidad física.....	145
8.3.2.	Manejo de Agua Producto de Eventos Extremos.....	151
8.3.3.	Manual de Operación .....	154
8.3.4.	Revisión de la clasificación de la instalación de relaves (según DGA).....	154
8.4.	Comportamiento físico .....	154
8.4.1.	Geotécnico .....	154
8.4.2.	Hidráulico.....	155
8.5.	Comportamiento operacional .....	162
8.5.1.	Procedimientos operacionales .....	162
8.5.2.	Incidentes y confiabilidad .....	162
8.5.3.	Mantenimiento .....	164
8.6.	Revisión del Manual de Operaciones .....	165
8.7.	Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia .....	165
8.8.	Revisión de Seguridad (DSR) .....	165
8.9.	Actualización de Distancia Peligrosa .....	170
<b>9.0</b>	<b>RESUMEN Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>171</b>
9.1.	Resumen de actividades de construcción durante la visita.....	171
9.2.	Resumen de desempeño.....	171

9.3.	Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo	171
9.3.1.	Trinchera #10A.....	171
9.4.	Evaluación de consecuencias según GISTM.....	173
9.5.	Estatus Recomendaciones AFPR 2022.....	174
9.6.	Recomendaciones AFPR 2022.....	175
9.6.1.	Longitud de Playas.....	175
9.6.2.	Agrietamientos en la Zona de Transición.....	175
9.6.3.	Filtraciones.....	176
9.6.4.	MN – Aguas Arriba.....	176
9.6.5.	MN – Aguas Abajo.....	177
9.6.6.	MNO – Aguas Arriba.....	177
9.6.7.	MNO – Aguas Abajo.....	177
9.6.8.	PL. Tk-042 (ex BS) – Aguas Arriba.....	177
9.6.9.	BS – Aguas Abajo.....	178
9.6.10.	MO – Aguas Arriba.....	178
9.6.11.	MO – Aguas Abajo.....	178
9.6.12.	MO(S) – Aguas Arriba.....	178
9.6.13.	MO(S) – Aguas Abajo.....	178
9.6.14.	MS – Aguas arriba.....	179
9.6.15.	MS – Aguas Abajo.....	179
9.6.16.	MP – Aguas Arriba.....	179
9.6.17.	Trincheras.....	179
9.6.18.	Monitoreo y control.....	179
<b>10.0</b>	<b>AFPR 2024.....</b>	<b>181</b>
<b>11.0</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>182</b>
<b>Anexo A</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO.....</b>	<b>183</b>
<b>Anexo B</b>	<b>PIEZÓMETROS INSTALADOS Y PROYECTADOS....</b>	<b>211</b>
Anexo B.1.	Piezómetros de Cuerda Vibrante.....	212
Anexo B.1.1.	Etapa de construcción (EPCM) y Comisionamiento.....	212
Anexo B.1.2.	Etapa de operación.....	212
Anexo B.1.3.	Ubicación de los piezómetros.....	213
Anexo B.2.	Instrumentación Complementaria : Campañas de Sondajes.....	214
Anexo B.2.1.	Campaña de Sondajes 2018: MNO / BS.....	214
Anexo B.2.1.1.	Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2018.....	214
Anexo B.2.1.2.	Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2018.....	215
Anexo B.2.1.3.	Piezómetros Casagrande.....	216
Anexo B.2.1.4.	Piezómetros de Fibra Óptica.....	216
Anexo B.2.2.	Campaña de Sondajes 2021: MP.....	217
Anexo B.2.2.1.	Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2021.....	217
Anexo B.2.2.2.	Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2021.....	217
<b>Anexo C</b>	<b>ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS MUROS DEPÓSITO DE RELAVES.....</b>	<b>233</b>
<b>Anexo C.1.</b>	<b>Monolitos para control de Asentamientos, Etapas 1 y 2.</b>	<b>234</b>
<b>Anexo C.2.</b>	<b>Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3.</b>	<b>236</b>

<b>Anexo C.3. Comparación de Asentamientos Totales.....</b>	<b>241</b>
<b>Anexo C.4. Comparación de Asentamientos Sísmicos .....</b>	<b>249</b>
<b>Anexo D REGISTROS DE INSPECCIÓN DE TERRENO .....</b>	<b>251</b>

## Tablas

---

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones AFPR 2023.....	21
Chart 0-2: AFPR 2023 Recommendations Summary. ....	22
Tabla 1-1: Documentos de Referencia.....	24
Tabla 1-2: Nomenclatura y Abreviaturas.....	24
Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2022 (ref. manual OMS_R6, WSP E&I). .....	28
Tabla 2-1: Depositación Real Versus Programada (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada).....	31
Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Reportes Diarios, WSP E&I) .....	35
Tabla 2-3: Revancha Hidráulica / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Reportes Diarios, WSP E&I) .....	35
Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 5, año 2022 (ref. CQA WSP E&I) .....	39
Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 5, al 31 de diciembre de 2022 (ref. CQA, WSP E&I). .....	39
Tabla 2-6: Relleno de Transición Construido Durante el Año 2022, Etapa 4, (ref. CQA, WSP E&I).....	40
Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del depósito de relaves vs volumen de crecida (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).....	63
Tabla 7-1: Programación AFPR 2023.....	124
Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave Durante el Periodo (ref. manual OMS_R5 WSP E&I (ex Wood)).....	142
Tabla 8-2: Parámetros de los Terremotos MC y Op para el Sitio del Depósito de Relaves Teck CdA (ref. SS-14128-01e, 2016 y SS-2209-011e, 2022).....	148
Tabla 8-3: Parámetros de los Sismos Relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG). ....	149
Tabla 8-4: Relación de Aceleraciones Horizontales Máximas en el Sitio para Sismos Relevantes vs Sismos Interplaca de Diseño. ....	149
Tabla 8-5: DSR; Recomendaciones (1 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).....	167
Tabla 8-6: DSR, Recomendaciones (2 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).....	168
Tabla 8-7: DSR, Recomendaciones (3 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).....	169
Tabla B-1: Piezómetros de Cuerda Vibrante Instalados.....	213
Tabla B-2: Piezómetros Campaña de Sondajes 2018 MNO / BS.....	215
Tabla B-3: Piezómetros de Cuerda Vibrante Campaña de Sondajes 2021 MP .....	218
Tabla C.3-1: Asentamiento Total Porcentual por Etapa.....	245

## Figuras

---

Figura 2-1: Depositación Real Versus Programada, Total por Descarga (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada).....	32
---	----

Figura 2-2: Depositación Real Versus Programada, Total por Sector (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada)..... 32

Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 21 de diciembre de 2022 (ref. Informe Anual de Gestión 2022, Teck CdA)..... 33

Figura 2-4: Pendientes de Depositación de Relaves Típica (ref. Criterio de Diseño Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves, documento N° E40221-2000-DT00-DSC-0001, WSP E&I (ex Wood))..... 37

Figura 2-5: Planta Depósito de Relaves, al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0118, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 42

Figura 2-6: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 43

Figura 2-7: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 44

Figura 2-8: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 45

Figura 2-9: Sección C - C: Botadero Sur (BS), Detalle, al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 46

Figura 2-10: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 47

Figura 2-11: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 48

Figura 2-12: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 49

Figura 2-13: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 50

Figura 2-14: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I)..... 51

Figura 2-15: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2022, Etapa 4 estribo sur MNO, estribo norte MO, sobre BS (Pl. TK-042), Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, WSP E&I)..... 52

Figura 2-16: Ficha de Inspección Post Evento (ref. manual OMS\_R5, WSP E&I)..... 58

Figura 3-1: Esquema Principales Flujos (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA)..... 60

Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2022 (Histórico 1 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA)..... 61

Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2022 (Histórico 2 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA)..... 62

Figura 3-4: Almacenamiento de la  $CMP_{3d}$  y tormentas 24 h,  $T_{50}$  y  $T_{200}$  para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood))..... 64

Figura 3-5: Almacenamiento de la  $CMP_{3d}$  y tormentas 24 h,  $T_{50}$  y  $T_{200}$  para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood))..... 65

Figura 3-6: Almacenamiento de la  $CMP_{3d}$  y tormentas 24 h,  $T_{50}$  y  $T_{200}$  para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood))..... 66

Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Actualización Plan de Llenado 2022, WSP E&I (ex Wood))..... 67

Figura 3-8: Almacenamiento de la  $CMP_{3d}$ , para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup> para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood))..... 68

Figura 3-9: MNO, Caudal Sistema de Drenajes, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 71

Figura 3-10: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (sur) (ex afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 72

Figura 3-11: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 73

Figura 3-12: MNO, Caudal Total sector El Churque, Drenajes + CHQ Afloramientos (norte y sur), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 74

Figura 3-13: Posición Relativa Descargas MN, respecto del CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación con Depósito (ref. Google Earth, WSP E&I)..... 75

Figura 3-14: Posición Relativa Descargas MN, CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación sin Depósito (ref. Google Earth, WSP E&I)..... 76

Figura 3-15: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles (ref. plano E40165-840-R-PL-030.000\_RC, WSP E&I). ..... 77

Figura 3-16: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación (ref. plano E40165-840-R-PL-030.001\_RC, WSP E&I)..... 78

Figura 4-1: MN; Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 80

Figura 4-2: MN, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 81

Figura 4-3: MN, Grafico Piezométrico PE – 015 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 81

Figura 4-4: MN, Grafico Piezométrico PE – 016 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 82

Figura 4-5: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 83

Figura 4-6: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 84

Figura 4-7: MNO, Grafico Piezométrico PE - 003 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 85

Figura 4-8: MNO, Grafico Piezométrico PE - 004 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 85

Figura 4-9: MNO, Grafico Piezométrico PE - 005 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 86

Figura 4-10: MNO, Grafico Piezométrico PE - 006 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 86

Figura 4-11: MNO, Grafico Piezométrico PE - 019 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 87

Figura 4-12: MNO, Grafico Piezométrico PE - 020 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 87

Figura 4-13: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 89

Figura 4-14: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, sin Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 90

Figura 4-15: MNO, Grafico Piezométrico DH4 (4100) y DH4 (4200) Histórico – al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)..... 90

Figura 4-16: BS, Grafico Piezométrico DH6 (6100) y DH6 (6200) Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 91

Figura 4-17: BS, Grafico Piezométrico DH8 (8100) y DH8 (8200) Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 91

Figura 4-18: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, al 14 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP). ..... 92

Figura 4-19: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, Detalle, al 14 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP). ..... 93

Figura 4-20: BS, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 Histórico, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2022 (ref. Monitoreo manual, WSP E&I). ..... 94

Figura 4-21: BS, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 Histórico, Detalle, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2022 (ref. Monitoreo manual, WSP E&I). ..... 95

Figura 4-22: MO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 96

Figura 4-23: MO, Gráfico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 97

Figura 4-24: MO, Grafico Piezométrico PE - 009 Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 97

Figura 4-25: MO, Grafico Piezométrico PE – 009A Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 98

Figura 4-26: MO, Grafico Piezométrico PE – 010 Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 98

Figura 4-27: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 100

Figura 4-28: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I) ..... 100

Figura 4-29: MP, Grafico Piezométrico Sondajes MP1 y MP2 (Casagrande), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 102

Figura 4-30: MP, Grafico Piezométrico Sondaje MP2 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 103

Figura 4-31: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP3 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 103

Figura 4-32: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP4 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 104

Figura 4-33: TMF, Monolitos Proyectados para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. WSP E&I (ex Wood)) ..... 107

Figura 4-34: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MN (24 mo) y MNO (9 mo), (ref. WSP E&I) ..... 108

Figura 4-35: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MO(S) (15 mo) (ref. WSP E&I) ..... 108

Figura 4-36: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MS (12 mo) (ref. WSP E&I) ..... 109

Figura 4-37: TMF, Prismas para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. WSP E&I) ..... 110

Figura 4-38: MN, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo, 01 de enero @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA) ..... 112

Figura 4-39: MNO, Asentamiento Prismas Etapa 4 (3 mo, 01 de octubre @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA) ..... 113

Figura 4-40: MO, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo, 01 de enero @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA) ..... 113

Figura 4-41: MO(S), Asentamientos Prismas, Etapa 4 (3 mo, 01 de octubre @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA). ..... 114

Figura 4-42: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.02.26 @ 2022.04.03 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). ..... 115

Figura 4-43: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.11.09 @ 2023.01.04 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). ..... 116

Figura 4-44: InSAR Deformación Horizontal Periodo 2022.02.26 @ 2022.04.03 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). ..... 117

Figura 4-45: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.11.09 @ 2023.01.04 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). ..... 118

Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2022.12.21 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA). .... 127

Figura 7-2: Longitud Playa de Relaves post tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), al 2022.07.20 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA). ..... 128

Figura 7-3: TMF, Elevación de la Laguna de Aguas Claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I). ..... 140

Figura 8-1: Registro Sismo 16S.2015 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) ..... 149

Figura 8-2: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) ..... 150

Figura 8-3: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones) ..... 150

Figura 8-4: Desarrollo de la Laguna de Aguas Claras durante el Año 2022 (ref. presentación Desempeño 2022, WSP E&I)..... 153

Figura 8-5: MN, Caudal de Afloramientos Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I) ..... 158

Figura 8-6: MO(S), Sistema de drenaje y Conducción de Drenajes (ref. WSP E&I)..... 159

Figura 8-7: MO(S), Drenajes Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. WSP E&I)..... 161

Figura 8-8: MO(S), Ubicación Afloramiento (ref. E40221-5000-DT00-MEM-0010, WSP E&I).. 163

Figura B-1: A) PVC lisos y ranurados; B) Grava; C) Terminación del Pozo..... 216

Figura B-2: MP – Planta Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27) ..... 218

Figura B-3: MP – Perfil Longitudinal Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27)..... 219

Figura B-4: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.000\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 220

Figura B-5: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.001\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 221

Figura B-6: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (Ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.000\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 222

Figura B-7: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros, Cuerda Vibrante Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.001\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 223

Figura B-8: MO; Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.000\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 224

Figura B-9: MO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.001\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 225

Figura B-10: MO(S), Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0010\_R1, WSP E&I (ex Wood)). ..... 226

Figura B-11: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectoado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, WSP E&I (ex Wood)). ..... 227

Figura B-12: MS, Sistema de Drenes Centrales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0004, WSP E&I (ex Wood)). ..... 228

Figura B-13: MP, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0002, WSP E&I (ex Wood)). ..... 229

Figura B-14: Plano E40165-840-R-PL-056\_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31. .... 230

Figura B-15: Detalle Habilitación Piezómetros Casagrande (por WSP, elevaciones de Plataforma según Figura B-14). ..... 231

Figura B-16: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por WSP E&I (ex Wood), elevaciones de Plataforma según Figura B-14). ..... 232

Figura C.1-1: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. WSP E&I (ex Wood)) ..... 235

Figura C.2-1: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 3, plano As Built, al 31 de diciembre de 2016 (ref. WSP E&I (ex Wood)) ..... 237

Figura C.2-2: TMF, Perfil Etapa 3 MN, MNO, BS y MO (ref. WSP E&I (ex Wood)). ..... 238

Figura C.2-3: MO(S), Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. WSP E&I (ex Wood)). ..... 239

Figura C.2-4: MS, Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. WSP E&I (ex Wood)). ..... 240

Figura C.3-1: Esquemas de Tipo de Asentamientos Estáticos. .... 242

Figura C.3-2: Asentamientos Totales (menores a 2,5%) ..... 243

Figura C.3-3: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%) ..... 244

Figura C.3-4: Asentamientos Capa Actual en Comparación con Asentamientos Propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales). ..... 248

Figura C.4-1: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos ..... 249

## 0.0 RESUMEN EJECUTIVO

En el presente reporte se describen las observaciones y resultados de la Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (AFPR 2023) del depósito de relaves Teck CdA realizada por WSP E&I (ex Wood) los días 16 y 17 de enero de 2023, en la que participaron los Sres.: Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro Teck CdA, WSP E&I, Chile; John Pottie, Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile y la Sra. Josselyn Ibarra Neira, Especialista Geotécnica y Relaves, Teck Resources, Santiago de Chile.

El periodo de tiempo analizado corresponde al comprendido entre los días 01 de enero y 31 de diciembre de 2022, ambos días inclusive (365 días corridos).

Se deja establecido que al término del año 2022 casi no existen restricciones relativas a la pandemia COVID 19. Dado lo anterior, las actividades de construcción de las obras diferidas del Depósito de Relaves se desarrollaron en completa normalidad durante el 2022.

Del mismo modo, se deja establecido que las actividades de operación, monitoreo y vigilancia del depósito de relaves se desarrollaron normalmente durante todo el 2022, por parte de personal del turno Teck CdA, con apoyo permanente de personal de terreno de WSP E&I

El propósito de la Revisión fue revisar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento y funcionamiento de la TMF<sup>2</sup> en general, con una atención específica sobre la condición física a corto plazo y los resultados

## EXECUTIVE SUMMARY

This report describes the observations and results of the Annual Tailings Facility Performance Review (AFPR 2023) of Teck CdA TMF<sup>1</sup> conducted by WSP E&I (ex Wood) on January 16 and 17, 2023. The participants were Mr. Luis González Caro M.Sc., Engineer of Record Teck CdA, WSP E&I, Chile; John Pottie, Geotechnical Engineering Manager, Teck Resources, Santiago, Chile and Ms. Josselyn Ibarra Neira, Geotechnical and Tailings Specialist, Teck Resources, Santiago de Chile.

The time period analyzed corresponds to January 1 and December 31, 2022 inclusive (365 calendar days).

As of the end of year 2022, almost no restrictions related to the COVID 19 pandemic are established. Given the above, the construction activities of the deferred works of the TMF were developed in normal conditions during 2022.

Similarly, the operation, monitoring and surveillance activities of the TMF were conducted normally throughout 2022. The activities were conducted by Teck CdA shift staff and permanently supported by WSP E&I field staff.

The purpose of the review was to verify and assess the overall TMF performance and operation, focusing specifically on the short-term physical condition and the surveillance

---

<sup>1</sup> Tailings Management Facilities

<sup>2</sup> Siglas en inglés para Instalaciones para el Manejo de Relaves

de la vigilancia.

Durante todo el año 2022, la instalación de relaves operó dentro de los límites establecidos por la etapa 4 de crecimiento diferido (de un total de 6 etapas).

Respecto de la construcción de la Etapa 4 de crecimiento diferido iniciada el año 2019, se puede señalar: (1) En enero del año 2022 finalizó la construcción del relleno de transición en los estribos sur / norte de los muros MNO / MO, incluida la estructura denominada PI. Tk-042 (ex BS), estos muros no requieren impermeabilización según lo estipulado en el diseño; y (2) En octubre del año 2022 finalizó la construcción del muro MP con la impermeabilización del talud interno del muro. Al término del año 2022 no quedaban trabajos de construcción pendientes asociados con la Etapa 4.

Respecto de la construcción de la Etapa 5 de crecimiento diferido, se puede señalar: (1) En abril de 2022 inició el corte y retiro del relleno masivo suelto desde la cara del talud interno del muro MO(S), el que finalizó en octubre de 2022 según lo programado; y (2) En noviembre de 2022 inició el corte y retiro en el muro MN, según lo programado.

Durante todo el 2022, el depósito de relaves habría tenido la capacidad suficiente para almacenar de manera segura, tanto la crecida producto de una tormenta de 24h para periodos de retorno  $T_{50}$ ,  $T_{100}$  y  $T_{200}$ , como aquella producto de un evento de precipitación máxima probable (PMP) con una duración de 3 días ( $PMP_{3d} = 809$  mm). Durante todo el año la laguna de aguas claras se mantuvo a una distancia superior a 400 m, del talud aguas arriba de los muros sin impermeabilizar de los sectores norte y centro de la TMF, 4 veces por sobre los 100 m mínimos considerados en el criterio de diseño.

results.

Throughout 2022, the tailings facility operated within the limits established by Stage 4 of deferred growth (of a total of six stages).

In relation to the construction of Stage 4 of deferred growth initiated in 2019, the following can be observed: (1) In January 2022 Teck Cda the construction was completed of the transition backfill in the south / north abutments of the MNO / MO dams, including the structure called PI. Tk-042 (ex BS). These dams require no liner as specified in the design; and (2) In October 2022, the construction of the MP dam was completed by lining the upstream slope of the dam. At the end of 2022, no construction work activities were pending related to Stage 4.

In reference to the construction of Stage 5 of the deferred growth: (1) In April 2022 started the cutting and removal of the loose rockfill from the upstream slope of the MO(S) dam, completed in October 2022 as scheduled; (2) In November 2022 Teck Cda commenced the cutting and removal on the MN dam, as scheduled.

Throughout 2022, the TMF had sufficient capacity to safely store both the flood from a 24-hour storm for return periods  $T_{50}$ ,  $T_{100}$  and  $T_{200}$ , as well as that from a 3-day probable maximum flood (PMF) event ( $PMF_{3d} = 809$  mm). Throughout the year, the clear water pond remained at a distance of more than 400 m from the slope upstream of the unlined dams in the northern and central sectors of the TMF. Four times more than the minimum 100 m considered in the design criteria.

La precipitación total anual acumulada

The total annual accumulated rainfall for

para todo el año 2022 fue de 183 mm (18,7 mm, 2021), equivalente a un 29% más que la precipitación media histórica en el sitio contemplada en el diseño, siendo la evaporación para el mismo periodo de 1.596 mm (balance negativo).

La máxima precipitación diaria se verificó el 14 de julio de 2022 y fue de 91,3 mm, la segunda máxima precipitación diaria registró 21,9 mm el 10 de julio de 2022, ambos eventos dentro de una tormenta de lluvia y nieve que se prolongó desde el 09 hasta el 16 de julio de 2022, la que acumuló 174 mm, representando un 95% de la precipitación anual acumulada para 2022. El comportamiento de la TMF durante y posterior a la tormenta se considera muy satisfactorio.

Respecto de los muros MN, MNO y MO, la instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante (9 c/u) y Casagrande (3 c/u), presentó lecturas estables, lo que significa que el nivel freático en el interior de los muros estuvo controlado por el sistema de drenaje basal.

Respecto del muro MO(S), la instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante (2 c/u), presentó a fines del Q1 del año 2022, un aumento leve pero abrupto de las lecturas, posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), las lecturas cayeron a los niveles previos al Q1 de 2022, para nuevamente presentar un aumento leve pero abrupto a mediados de septiembre de 2022. A partir de dicha fecha las lecturas se han mantenido estables. Es importante destacar que, no obstante lo anterior, durante todo el año 2022, las lecturas piezométricas indicaron que el nivel freático estuvo al nivel de la fundación del muro, sin la presencia de agua en el cuerpo de la estructura contenedora.

2022 was 183 mm (18.7 mm, 2021), equivalent to 29% more than the historical average precipitation at the site considered in the design. While evaporation for the same period was 1,596 mm (negative balance).

The maximum daily rainfall was verified on July 14, 2022 and amounted to 91.3 mm. The second maximum daily rainfall recorded 21.9 mm on July 10, 2022. Both events within a rain and snow storm that lasted from July 9 to July 16, 2022. The precipitation accumulated during the storm was 174 mm, representing 95% of the cumulative annual precipitation for 2022. The behavior of the TMF during and after the storm is considered to be very satisfactory.

In reference to the MN, MNO and MO dams, the vibrating wire piezometers (9 each) and Casagrande (3 each), showed stable readings, which means that the water table inside the dams was controlled by the basal drainage system.

Concerning the MO(S) dam, the vibrating wire piezometers (2 each), presented at the end of Q1 of 2022, a slight but abrupt increase in readings, after the July storm (09 @ July 16, 2022), the readings dropped to the levels prior to Q1 of 2022, to again present a slight but abrupt increase in mid-September 2022. Since then, readings remained stable. Notwithstanding the above, throughout 2022, the piezometric readings indicated that the water table was at the dam foundation level, and no water was present in the body of the dam.

Respecto del muro MP, la instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante (5 c/u) presentó lecturas estables aparentemente influenciados por la cercanía de la laguna de aguas claras. La instrumentación mediante piezómetros Casagrande (2 c/u) presentó: (1) en el caso del MP-01 (hacia el norte) lecturas estables aparentemente influenciados por la cercanía de la laguna de aguas claras; y (2) en el caso del MP-05 (hacia el sur), lecturas influenciadas por la piezometría somera del sector. Se debe notar que todos los piezómetros del muro MP, han sido instalados recientemente (fines de 2021), por lo que pueden tardar alcanzar su nivel hidrostático, sobre todo en terrenos de baja permeabilidad, como es el caso de la fundación del MP.

Respecto a la actividad sísmica en el área de la TMF, se indica que durante el año 2022, no se experimentaron eventos significativos.

Los asentamientos de los muros registrados durante el 2022 estuvieron dentro de los rangos esperados por el diseño.

Durante la revisión de terreno para el presente informe, no se detectaron condiciones de inestabilidad que pudieran indicar problemas con la integridad de los diferentes muros del depósito de relaves, encontrándose todas las estructuras contenedoras en buen estado.

A diferencia del año 2021, durante la revisión de terreno se observaron agrietamientos en la zona de transición en los muros MNO y MO, y en menor grado en los muros MO(S) y MS, los que son consistentes con las deformaciones dentro de lo esperado monitoreadas a través de: (1) los monolitos para control de asentamientos; (2) la estación robotizada con prismas distribuidos; y (3) InSAR. Estas grietas no

In relation to MP dam, the vibrating wire piezometers (5 each) showed stable readings apparently influenced by the proximity of the clear water pond. The Casagrande piezometers (2 each) showed: (1) in the case of MP-01 (to the north) stable readings apparently influenced by the proximity of the clear water pond; and (2) in the case of MP-05 (to the south), readings influenced by the shallow piezometry of the sector. On the other hand, all piezometers of MP dam were recently installed (end of 2021), therefore they may take time to reach their hydrostatic level, especially in low permeability soils and bedrocks, as is the case of the MP foundation.

In relation to seismic activity in the TMF area, during 2022 no significant events were observed.

The dam settlements recorded during 2022 were within ranges expected by the design.

During the field review conducted for this report, no unstable conditions were identified suggesting problems in the integrity of TMF dams and all of the containment structures were in good condition.

Unlike 2021, during the field review, cracks were observed in the transition zone in the MNO and MO dams, and to less extend in MO(S) and MS dams. These are consistent with the expected deformations monitored through: (1) the settlement control survey hubs; (2) the robotic total station including distributed prisms; and (3) InSAR. These cracks pose no risk to the global integrity of dams. However, these should be

revisten ningún riesgo para la integridad global de los muros, y deben ser monitoreadas, exploradas mediante calicatas y reparadas, para evitar que aumenten durante el próximo periodo.

Se mantienen las filtraciones y drenajes permanentes observadas al pie aguas abajo del muro MNO del orden de los 13,2 L/s, sin variación respecto a 2021 y al pie aguas abajo del muro MN las filtraciones y drenajes continúan siendo menores alcanzando un peak de 0,75 L/s durante el periodo (1 L/s, peak 2021), siempre relacionadas directamente con los ciclos de operación de las descargas asociadas al muro MN (D2 y D3), así como con la descarga controlada de agua producto del dewatering del rajo inundado debido a la tormenta de julio de 2022, totalizando ~509.000 m<sup>3</sup> de agua descargada al depósito desde la posición del Spigot D3, maniobra que se prolongó entre el 09 de agosto y el 21 de octubre de 2022.

Durante 2022, se mantuvo activo el flujo en la cañería de descarga del dren del muro MO(S), con un caudal ~1 L/s (~ 0,3 L/s, 2021). Sin embargo, hacia aguas abajo y al centro del muro, el 13 de junio de 2022 se detectó un afloramiento de agua clara (~ 0,2 L/s) sin turbiedad, y sin evidencia de arrastre de finos, el que pese a desaparecer el 23 de julio de 2022 posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), reaparece el 15 de octubre de 2022 para mantenerse permanente hasta el 31 de diciembre de 2022. Es importante destacar que: (1) desde el mismo día de su aparición, el afloramiento logró ser contenido y controlado dentro de la propiedad minera, y ha sido conducido, manejado, monitoreado y vigilado diariamente; y (2) el comportamiento del afloramiento es consistente con las variaciones que presentaron durante el 2022, las lecturas de los piezómetros del MO(S) descritas anteriormente. Tal como en el caso del muro MN, los flujos de drenaje y

monitored, explored by test pits, and repaired to prevent increase in size during the next period.

Permanent seepage and drainage observed at the downstream toe of the MNO dam maintained at 13.2 L/s, showing no variation in comparison to 2021. At the downstream toe of the MN dam, seepage and drainage continue to be lower, reaching a peak of 0.75 L/s during the period (1 L/s peak 2021). These seepage flows are always related to the operation cycles of discharges linked to the MN dam (D2 and D3). And they also relate to the controlled discharge of water from the dewatering of the flooded pit caused by the July 2022 storm, totaling ~509.000 m<sup>3</sup> of water discharged to the TMF from the position of Spigot D3, an activity that lasted from August 09 to October 21, 2022.

During 2022, the flow remained active in the MO(S) dam drain discharge pipe, with a flow rate ~1 L/s (~ 0.3 L/s, 2021). However, downstream and to the center of the dam, on June 13, 2022, a clear water spring (~ 0.2 L/s) was observed showing no turbidity and no evidence of fines entrainment, which despite disappearing on July 23, 2022 after the July storm (09 @ July 16, 2022), reappeared on October 15, 2022 to remain permanent until December 31, 2022. However: (1) since the same day of appearance, the seep was contained and controlled in the site, and was conducted, managed, monitored and inspected on a daily basis; and (2) the behavior of the seep is consistent with the variations presented in 2022, the MO(S) piezometer readings described above. As in the case of the MN dam, the drainage flows and seeps of the MO(S) dam were related to the operation cycles of the tailings discharges in the sector (D6, D6B, D6C and D7). Although the

afloramientos del muro MO(S) se han podido relacionar con los ciclos de operación de las descargas de relaves en el sector (D6, D6B, D6C y D7), aunque no se debe descartar que se trate de una mezcla de aguas, dada la presencia histórica de agua natural en el sector, también observada durante la construcción de la Etapa 3 del muro MO(S).

Para todos los muros, los flujos de filtración y drenajes colectados están dentro de los valores previstos en el diseño para cada una de las estructuras contenedoras. En general, las bajas tasas de infiltración se deben principalmente a la elevación actual del pelo de agua de la laguna de aguas claras y a la longitud de las playas de relaves por encima del nivel de agua en la laguna, lo que restringe las potenciales filtraciones, y además, a la estructura misma de los muros, cubiertos con relleno de transición, o con relleno de transición más liner.

WSP E&I comprende y respalda plenamente el objetivo de largo plazo de Teck para todas sus instalaciones de relaves, según el cual se busca que cada TMF alcance el estado landform<sup>3</sup>, con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. WSP E&I actualmente considera cada uno de los muros del depósito de relaves de Carmen de Andacollo como estructuras landform dada su geometría y forma de construcción. Los trabajos actualmente en desarrollo enfocados hacia el objetivo de largo plazo, indicarán durante los períodos de los próximos informes AFPR anuales, si se ha logrado mantener el estado general landform, junto con la eliminación de cualquier posibilidad de falla creíble que contemple el vertimiento de fluidos aguas abajo de la TMF.

Respecto de la estabilidad física, se

possibility of a mixture with natural seepage flows should not be ruled out, given the historical presence of natural water in the sector, also observed during the construction of the MO(S) dam's stage 3.

For all the dams, the seepage and drainage flows collected are within the design predicted values for each of the impoundment structures. In general, the low seepage rates are mainly due to the current water head elevation of the clear water pond and the length of the tailings beaches above the water level in the pond, which restricts the potential seepage, and to the very structure of the dams, covered with transition fill, or with transition fill plus liner.

WSP E&I fully understands and supports Teck's long-term objective for all of its tailings facilities, whereby each TMF is targeted to reach a landform status, with all potential failure modes ultimately reduced to non-credible. WSP E&I currently considers each of the Carmen de Andacollo TMF dams to be landform structures, given their geometry and construction form. Work currently underway focused on the long term objective will indicate during the future annual AFPR reporting periods whether the overall landform status was achieved, along with the elimination of any credible failure likelihood that address fluid spill downstream of the TMF.

Physical stability is based on the quality

<sup>3</sup> Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.

puede indicar que esta se basa en la calidad (naturaleza) de los materiales que conforman los muros o estructuras soportantes, junto con la geometría de estas y su fundación. El diseño contempla para todos los muros la colocación en la cara de aguas arriba (interna) de un suelo de granulometría medio fino denominado relleno de transición, emplazando además la laguna de aguas claras alejada de los muros en condición operacional normal, con playas de relaves extensas apoyadas sobre los mismos. 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 de Registro. En opinión de WSP E&I, estas características del diseño incluyendo sus fundaciones, junto al control de la construcción, el monitoreo permanente del comportamiento y una operación controlada permiten minimizar el nivel de riesgo a niveles aceptables, ante cualquier peligro de estabilidad en estas estructuras. En opinión de WSP E&I, al momento de escribir el presente informe la TMF no presenta modos de falla creíbles que puedan causar la pérdida catastrófica de agua y/o relaves hacia aguas abajo del depósito de relaves Teck CdA, lo que queda ratificado mediante el reciente taller realizado en 13 de marzo de 2023, posterior a la inspección de terreno AFPR 2023.

El comportamiento geotécnico del área del depósito durante el 2022 se considera satisfactorio y de acuerdo con la intención del

(nature) of the materials that form the dams or containment structures, together with their geometry and its foundation. The design includes for all the dams the placement on the upstream (internal) slope of a medium-fine gradation soil called transition backfill, also locating the clear water pond away from the dams in normal operational condition, with extensive tailings beaches resting on the internal slope of the dams. All of the dams have a drainage system and a piezometric monitoring system. This design characteristic, together with the prevailing use of rockfill, ensures the control of seepage water and controlled evacuation so as not to generate high pore pressures that could reduce the resistance capacity of the material. The construction of the dams and associated works have a quality control and assurance system that ensures compliance with the plans and specifications, in addition to recording the adjustments and modifications that are made with the approval of the Engineer of Record. In WSP E&I's opinion, these design characteristics including its foundations, together with construction control, permanent behavior monitoring and controlled operation allow minimizing the risk level to acceptable levels, in case of any stability hazard in these structures. In the opinion of WSP E&I, at the time of writing this report the TMF has no credible failure modes that could cause catastrophic loss of water and/or tailings downstream of the Teck CdA TMF, which is confirmed by the recent workshop held on March 13, 2023, subsequent to the AFPR 2023 field review.

The geotechnical performance of the TMF area during 2022 is considered satisfactory and in accordance with the

diseño.

La primera inspección DSR para la TMF en estudio, se realizó durante el Q3 del año 2018 y estuvo a cargo de Arcadis Chile (ACL en adelante). De los hallazgos y mejoras detectadas durante la revisión, al término del año 2022 Teck CdA presenta un progreso efectivo del 62% y se encuentra avanzando en los restantes. Se deja establecido que el próximo DSR se realizará el año 2023, al quinto (5°) año de la anterior, de acuerdo a lo programado.

El comportamiento observado del depósito está de acuerdo con lo esperado en el diseño y la operación de la TMF, la que se han desarrollado siguiendo las recomendaciones del manual OMS. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales. El caudal de filtraciones y drenajes que se registran en el depósito están dentro del rango estimado en el diseño.

En opinión de WSP E&I, al momento de escribir el presente documento, y de acuerdo a la evaluación de modos de fallas creíbles catastróficas realizada el 13 de marzo de 2023, posterior a la inspección AFPR 2023, no existen modos de falla catastróficas creíbles que puedan impactar la integridad de la instalación de relaves de Teck CdA, causando la pérdida de agua y/o relaves hacia aguas abajo de la TMF.

Es importante destacar que el Q4 del año 2021 se realizó una actualización del taller de riesgos, 2017, mediante un taller FMEA que analizó específicamente la E4 de crecimiento diferido, y cuya actualización se tiene programada para el Q4 del año 2023, para la operación dentro de los límites de la E5 de crecimiento diferido.

En el contexto del nuevo Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM), Teck ha decidido clasificar

design intent.

The first DSR inspection for the TMF under study, was performed during Q3 2018 by Arcadis Chile (ACL hereinafter). Based on the findings and improvements observed during the review, at the end of 2022, Teck CdA presents an effective progress of 62% and is advancing in the remaining areas. The next DSR will be held in 2023, five years after the previous Dam Safety Review, as scheduled.

The observed behavior of the deposit is in accordance with the expected design and operation of the TMF, which was developed following the recommendations of the OMS manual. The deformations of the dams as the TMF grows are considered as normal. The seepage and drainage flow rates recorded in the TMF are within the range estimated in the design.

In the opinion of WSP E&I, at the time of writing this report, and based on the assessment of credible catastrophic failure modes conducted on March 13, 2023, subsequent to the AFPR 2023 inspection, no credible catastrophic failure modes exist that could impact the integrity of the Teck CdA tailings facility, causing loss of water and/or tailings downstream of the TMF.

In this regard it is important to note that a risk workshop was conducted in Q4 2021, that updates the 2017 workshop, through an FMEA analysis that specifically assessed the deferred growth Stage 4, and is scheduled to be updated in Q4 2023, for operation within the limits of the deferred growth Stage 5.

In the context of the new Global Industry Standard on Tailings Management for the Mining Industry, Teck has decided to classify

todos los muros como estructuras de extrema consecuencia, y deben ser diseñados para la Crecida Máxima Probable (PMF, por sus siglas en inglés) y el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés), se deja establecido que el diseño de los muros del depósito de relaves Teck CdA contempla actualmente dichas cargas extremas.

Teck CdA está tomando las acciones necesarias para ajustarse al GISTM, en el plazo establecido de tres (3) años. Dichas acciones iniciaron durante el mes de junio de 2021, mediante el desarrollo de un taller interno preliminar, para la identificación de brechas, cuyo objetivo fue determinar el nivel de preparación en que se encontraba Teck CdA respecto del nuevo estándar GISTM. Del mismo modo, en abril de 2022 se realizó en el sitio Teck CdA una autoevaluación del cumplimiento de la Gobernanza de Relaves enfocado al GISTM.

all dams as extreme consequence structures and must be designed for Probable Maximum Flood (PMF) and Maximum Credible Earthquake (MCE). It is hereby confirmed that the design of the Teck CdA TMF dams currently addresses these extreme loads.

Teck CdA is taking the necessary actions to comply with the GISTM within the established three (3) year period. These actions began in June 2021, through the development of a preliminary internal workshop for the identification of gaps, which aimed to determine Teck CdA's level of preparedness for the new GISTM standard. Similarly, in April 2022, a self-assessment of Teck CdA's compliance with Tailings Governance focused on GISTM was conducted at Teck CdA site.

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones AFPR 2023.

ITEM	AREA	SUB ITEM	ESTRUCTURA	DETALLE	RESPONSABLE	FECHA
1	Construcción	1.1	MN	Retirar las cañerías del sistema de dewatering del rajo, que atraviesan rellenos no estructurales hacia el estribo oriente, previo a la construcción de los rellenos masivo / transición;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		1.2	TMF	El terreno natural debe ser preparado, mapeado y escarpado antes de colocar los rellenos tanto en los estribos, como en la fundación, en particular entre los muros MN / MNO y entre los muros MO / MO(S);	WSP E&I	Permanente
		1.3	Pl. Tk-042 (ex BS)	Habilitar babero de HDPE en el rebose sur;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.4	MO(S)	Retirar las dos (2) cañerías de HDPE de diámetro menor en el talud aguas arriba del muro, previo a la colocación del relleno de transición;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.5	MO(S)	Reparar la Geomembrana de HDPE expuesta en la zanja de anclaje superior;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.6	MS	Retirar los sobretamaños detectados en el relleno masivo; y	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.7	MP	Proteger con rip rap, el relleno de las zanjas de anclaje laterales en ambos estribos del muro (norte y sur).	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
2	Mantenimiento	2.1	MNO, Pl. Tk-042, MO, MO(S) y MS	Monitorear, explorar con calicatas y reparar los agrietamiento en el relleno de transición E4, principalmente en aquellas en la Pl. Tk-042 sobre el antiguo Botadero Sur;	Teck CdA - WSP E&I	Permanente
		2.2	MO	Retirar los derrames de relleno masivo, existentes sobre la plataforma operacional de la E4;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.3	MO(S)	Limpiar de escombros la plataforma operacional a la elevación de la Etapa 4 de crecimiento diferido;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.4	MO(S) / MS / MP	Habilitar venteos al hombro de la geomembrana, para prevenir el atrapamiento de aire bajo del liner; y	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.5	MO(S)	Reponer los candados rotos de los cercos que protegen el ingreso a los piques.	Teck CdA	2023.Q1
3	Operación	3.1	TMF	Operar en el corto plazo las descargas del sector sur (D7 y D8) y luego las del sector norte (D1, D2, D3 y D4) de la TMF.	Teck CdA	2023.Q1
4	Monitoreo, Control y Vigilancia	4.1	TMF	Instalar piezómetros adicionales ubicados aguas arriba en la playa de relaves y cercanos a los muros MN y MNO;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		4.2	TMF	Reponer el monitoreo de deformaciones de los muros (monolitos y prismas), una vez terminados los trabajos de construcción;	Teck CdA - WSP E&I	Permanente
		4.3	MN	Utilizar balde > 1L para el aforo de los caudales de filtraciones y / o evaluar la factibilidad de habilitar flujómetro;	WSP E&I	2023.Q1
		4.4	MNO	Reponer y reubicar el acelerógrafo de El Churque en un lugar protegido de la escorrentía superficial e inundaciones;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		4.5	Pl. Tk-042 (ex BS)	Monitorear los asentamientos de las fundaciones de bombas, y de los soportes de cañerías en la estación de distribución de relaves;	Teck CdA - WSP E&I	Permanente
		4.6	MP	Monitorear el comportamiento del piezómetro Casagrande MP-01 hacia el estribo norte del muro, y las implicancias que tiene sobre el nivel freático debajo del muro ya que tiene implicancias directas sobre el diseño; y	Teck CdA - WSP E&I	Permanente
		4.7	TMF	Habilitar la Segunda estación total robotizada, hacia el Sur del depósito de Relaves.	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
5	Estudios y Diseño	5.1	MO(S)	Realizar un estudio que identifique la causa de las filtraciones del MO(S), que considere aspectos operacionales, geológicos, geotécnicos y otros;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		5.2	TMF	Estudiar dentro de los análisis de filtraciones, la posibilidad de flujos de agua pasantes a través del terreno natural entre muro y muro;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		5.3	MO(S)	Analizar los piques abandonados y evaluar su posible relleno con hormigón para prevenir flujos por debajo del muro;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		5.4	TMF	Realizar detalle de ingeniería respecto del empalme de los muros con el terreno en los estribos;	WSP E&I	Permanente
		5.5	MN	Evaluar la estabilidad de la plataforma del by pass de la cañería de agua fresca;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		5.6	Pl. Tk-042	Mantener registro de cómo se construyó el relleno de la cárcava producto de la fuga de relaves, y como se realizó el empalme e integración al estribo norte del MO;	WSP E&I	2023.Q1
		5.7	MO(S) / MS	Revisar y Diseñar solución definitiva para el sistema de conducción de drenajes y afloramientos;	WSP E&I	2023.Q3
		5.8	TRCH	Diseñar plan de remediación y protección (sostenimiento o malla de contención), para el bloque de roca fracturada en el talud de la excavación de la trinchera #10 A	WSP E&I	2023.Q2
		5.9	TMF	Estudiar la factibilidad de construir monolitos para control de asentamientos en el coronamiento de los muros, a la El. 1.177,5 msnm, en el relleno masivo	WSP E&I	2023.Q2

Chart 0-2: AFPR 2023 Recommendations Summary.

ITEM	AREA	SUB ITEM	STRUCTURE	DETAIL	RESPONSIBLE	DATE
1	Construction	1.1	MN	Remove the pit dewatering system pipes, which cross non-structural backfills to the east abutment, prior to the construction of the rockfill/transition backfills;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		1.2	TMF	The natural soil should be prepared, mapped and scarped before placing the backfills both in the abutments and in the foundation. Particularly between the MN / MNO dams and the MO / MO(S) dams;	WSP E&I	Permanent
		1.3	Pl. Tk-042 (ex BS)	Enable HDPE liner in the south overflow;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.4	MO(S)	Remove the two (2) smaller diameter HDPE pipes on the slope upstream of the dam, prior to the placement of the transition backfill;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.5	MO(S)	Repair the HDPE liner exposed in the upper anchor trench;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.6	MS	Remove oversized observed in the rockfill; and	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		1.7	MP	Protect the lateral anchor trench backfill in both abutments of the dam (north and south) with rip rap.	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
2	Maintenance	2.1	MNO, Pl. Tk-042, MO, MO(S) y MS	Monitor, explore by using test pits, and repair cracks in the E4 transition backfill, specially those in Pl. Tk-042 at the old Botadero Sur (South Waste Dump);	Teck CdA - WSP E&I	Permanent
		2.2	MO	Remove the existing massive backfill spills on the E4 operational platform;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.3	MO(S)	Clear debris from the operational platform to the Stage 4 deferred growth elevation;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.4	MO(S) / MS / MP	Enable vents at the shoulder of the geomembrane to prevent air trapping under the liner; and	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		2.5	MO(S)	Replace broken locks on fences that protect the access to abandoned artisanal mine shafts.	Teck CdA	2023.Q1
3	Operation	3.1	TMF	Operate in the short term the south sector discharges (D7 and D8) and then the north sector discharges (D1, D2, D3 and D4) of the TMF.	Teck CdA	2023.Q1
4	Monitoring, Control and Surveillance	4.1	TMF	Install additional piezometers located upstream on the tailings beach and near the MN and MNO dams;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		4.2	TMF	Replace dam deformation monitoring (survey hubs and prisms), once construction work is completed;	Teck CdA - WSP E&I	Permanent
		4.3	MN	Use bucket > 1L for the gauging of seepage flows and/or evaluate the feasibility of enabling flowmeter;	WSP E&I	2023.Q1
		4.4	MNO	Replace and relocate the El Churque accelerograph to a location protected from surface runoff and flooding;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		4.5	Pl. Tk-042 (ex BS)	Monitor settlement of pump foundations and pipe supports at the tailings distribution station;	Teck CdA - WSP E&I	Permanent
		4.6	MP	Monitor the behavior of the Casagrande MP-01 piezometer towards the north abutment of the dam, and the implications on the water table under the dam, as this has direct implications on the design; and	Teck CdA - WSP E&I	Permanent
		4.7	TMF	Enable the second robotic total station to the south of the TMF.	Teck CdA - WSP E&I	Permanent
5	Studies and Design	5.1	MO(S)	Conduct a study to identify the cause of MO(S) seepage, considering operational, geological, geotechnical aspects and others;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		5.2	TMF	As part of the seepage analysis, study the possibility of water flow through the natural soil between dams;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q4
		5.3	MO(S)	Analyze the abandoned shafts/levels and evaluate their possible backfilling with concrete to prevent flows under the dam;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q3
		5.4	TMF	Perform engineering detail regarding the overlap of dams with the soil at the abutments;	WSP E&I	Permanent
		5.5	MN	Evaluate the stability of the fresh water pipe by-pass platform;	Teck CdA - WSP E&I	2023.Q2
		5.6	Pl. Tk-042	Maintain records of how the backfill was constructed after tailings leakage, as well as the splicing and integration to the north abutment of the MO;	WSP E&I	2023.Q1
		5.7	MO(S) / MS	To review and design a final solution for the drainage and seep piping system;	WSP E&I	2023.Q3
		5.8	TRCH	Design a remediation and protection plan for the fractured rock block on the slope of the excavation of trench #10 A.	WSP E&I	2023.Q2
		5.9	TMF	Study the feasibility of constructing monoliths for settlement control at the top of the dams, at El. 1,177.5 masl, in the massive backfill.	WSP E&I	2023.Q2

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se describen las observaciones y resultados de la Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (en adelante AFPR por sus siglas en inglés) del depósito de relaves de la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo (en adelante Teck CdA) realizada por WSP E&I (ex Amec / ex Amec Foster Wheeler / ex Wood) durante los días 16 y 17 de enero de 2023, en la que participó el Sr.: Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro Teck CdA, WSP E&I, Chile y al igual que en los seis (6) años anteriores, la inspección se realizó en forma conjunta con el Sr. John Pottie, Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile.

Para la presente inspección se incorporó la Sra. Josselyn Ibarra Neira, Especialista Geotécnica y Relaves, Teck Resources, Santiago de Chile.

Cabe destacar que la inspección de terreno no se desarrolló según la planificación indicada en el AFPR.2022, ya que originalmente estaba programada para el 5 y 6 de diciembre.

El periodo de tiempo que es materia de análisis en el presente reporte técnico corresponde a aquel comprendido entre los días 01 de enero y el 31 de diciembre de 2022, ambos días inclusive, lo que equivale a 365 días corridos. En todos los casos cuando a lo largo del texto se indique “al periodo” o “el periodo”, siempre se estará haciendo referencia de manera específica a dicho lapso, y de manera general al año 2022.

Se deja establecido que al término del periodo casi no existen restricciones relativas a la pandemia COVID 19. Dado lo anterior, las actividades de construcción de las obras diferidas del Depósito de Relaves se desarrollaron en completa normalidad durante el 2022.

Del mismo modo, se deja establecido que las actividades de operación, monitoreo y vigilancia del depósito de relaves se desarrollaron normalmente durante todo el año, por parte de personal del turno Teck CdA, con apoyo permanente de personal de terreno de WSP E&I.

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

El propósito de esta Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves es revisar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento y funcionamiento de la TMF en general, con una atención específica sobre la condición física a corto plazo y los resultados de la vigilancia. Para lograr lo anterior se utilizan como referencia los siguientes documentos:

**Tabla 1-1: Documentos de Referencia.**

Organismo	Descripción	Capítulo	Fecha
Teck	Guía para estructuras de retención de Relaves y Agua	5.2.3	Enero 2019
Teck	Gobernanza de Relaves en Teck	-	Marzo 2019
CDA	Dam Safety Guidelines 2007	-	2013 Edition
ICMM / PRI / UNEP	Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera	-	Agosto 2020
ICMM	Tailings Management: Good Practice Guide	-	Mayo 2021

## 1.2. Abreviaturas

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

**Tabla 1-2: Nomenclatura y Abreviaturas.**

Ítem	Descripción
TMF	Depósito de Relaves (Instalaciones para el Manejo de Relaves)
MN	Muro norte
MNO	Muro nororiente
BS	Botadero sur
PBS	Protección botadero sur
MO	Muro oriente
MO(S)	Sección sur del muro oriente
MC	Muro de cierre
MS	Muro sur
MP	Muro poniente
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
ZAS / ZAI / ZAL / ZCF	Zanja de anclaje superior / de anclaje inferior / de anclaje lateral / Cortafugas
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
mo	Mes / Meses
Pl.	Plataforma
El.	Elevación
GRB	Geotechnical Review Board

Ítem	Descripción
SNGM	Sernageomin
MOP	Ministerio de Obras Públicas
DGA	Dirección General de Aguas
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
Teck CdA	Compañía Minera Teck - Carmen de Andacollo
Teck	Teck Corporativo
VOp	Variabes Operacionales
EOR	Ingeniero de Registro
WSP E&I	ex Amec / ex Amec Foster Wheeler / ex Wood
MAC	Asociación Canadiense de Minería
CDA	Asociación Canadiense de Presas
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
PMP / CMP (o PMF)	Precipitación / Crecida Máximo Probable en la cuenca del depósito
Thrust MCE (o MC)	Terremoto Interplaca Subductivo Máximo Creíble
Intraplaca MCE (o MC)	Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia Máximo Creíble
Thrust Op	Terremoto Interplaca Subductivo Operacional
Intraplaca Op	Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia Operacional
SMC	Sismo Máximo Creíble
E1, E2, E3, E4, E5, E6	Etapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 de crecimiento diferido.
DSR	Inspección de Seguridad de Depósito de Relaves
GISTM	Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera
TWRS	Estructuras Contenedoras de Agua y Relaves
TWG	Grupo de Trabajo de Relaves
UN	Unidad de Negocios
GM	Gerente General
FMEA	Análisis de Modos de Falla y Consecuencias
FO	Piezómetro de Fibra Óptica
VW	Piezómetro de Cuerda Vibrante

### 1.3. Regulaciones aplicables al depósito de relaves

Para el período en estudio, en Chile tanto el diseño como la construcción, la operación y el cierre de los depósitos de relaves están regulados por el Decreto Supremo 248 / 2006, del Ministerio de Minería. 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, más específicamente estéril de mina, corresponde a la categoría (2).

Se deja establecido que próximamente entrará en vigencia el Decreto Supremo N° 35 / 2021, que dejará sin efecto el DS 248 / 2006 antes mencionado, según el cual se deberán regir las instalaciones de relaves al momento de su promulgación.

Para el período, la normativa chilena no considera un análisis de riesgo (o las consecuencias de una liberación descontrolada de relaves, pulpa de relaves y/o agua) 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 depósito de relaves de Teck CdA, además del análisis estático, se requiere un análisis dinámico de estabilidad para el que se adopta el acelerograma sintético del 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 los factores de seguridad mínimos. Asimismo, el artículo 14 del DS 248 exige la estimación de la denominada distancia peligrosa (ver capítulo 8.9), consistente en la determinación geométrica de la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave depositado en caso de colapso de la TMF.

Para el manejo de las aguas naturales afluentes y efluentes del depósito, aplican las recomendaciones de la 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 depósito en el caso que se requiriese. El decreto 50 (MOP, 2015) establece las condiciones técnicas que deberán cumplirse en el proyecto, construcción y operación de depósitos de capacidad superior a 50.000 m<sup>3</sup> o cuyo muro tenga más de 5,00 m de altura, y según el artículo 12 del mencionado decreto, el depósito Teck Carmen de Andacollo corresponde a una obra categoría C (grandes) debido a que tiene más de 30 m de altura de muro o más de 60 Mm<sup>3</sup> de capacidad. Para esta categoría, se establece que la crecida de diseño para obras de evacuación y desagüe tiene un periodo de retorno de 10.000 años y el diseño debe ser verificado para la CMP (Art. 30 letras b y c, respectivamente). 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<sup>4</sup>, se deberá usar este último valor como crecida de diseño. Cabe destacar que, durante la operación el depósito de relaves Teck CdA no requiere un evacuador debido a la reducida cuenca aportante y la gran revancha que permite almacenar varias veces el volumen de la crecida de diseño (ver capítulo 3.2 más adelante). Se deja establecido que el decreto supremo 35 / 2021 modificará el Decreto N° 50 antes mencionado.

El reglamento de la DGA en su Artículo 30 letra d, también establece criterios para la revancha hidráulica mínima, entendida como la diferencia de elevación entre el coronamiento del muro y el nivel de aguas generado por la crecida de diseño, 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; dejando

---

<sup>4</sup> Como parte de su política, al momento de escribir el presente reporte Teck no utiliza la clasificación de consecuencias, ni tampoco de categorías. De acuerdo con el GISTM, todas las instalaciones de relaves de Teck, serán diseñadas considerando consecuencias extremas.

establecido que el valor mínimo aceptado para la revancha será de 1,0 m. cuando del cálculo se obtengan valores inferiores a esa cifra.

El 05 de Agosto de 2020 el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM por sus siglas en inglés) publica el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM por sus siglas en inglés), desarrollado en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y con los Principios para la Inversión Responsable (UNEP y PRI respectivamente, por sus siglas en inglés). Este documento establece un estándar global sobre manejo integral de relaves, aplicable tanto a las instalaciones de relaves existentes, como futuras, independientemente de su ubicación, cubriendo todo el ciclo de vida de una TMF desde la selección del sitio, el diseño y la construcción, pasando por la gestión, el monitoreo y vigilancia, hasta el cierre y el post cierre. El plazo para su aplicación se cumple el 05 de Agosto de 2023, por lo que Teck CdA está tomando las acciones necesarias para ajustarse al estándar en el tiempo establecido. Dichas acciones iniciaron durante el mes de junio de 2021, mediante el desarrollo de un taller interno preliminar para la identificación de brechas, cuyo objetivo fue determinar el nivel de cumplimiento de Teck CdA respecto del nuevo estándar, en el cual se revisaron en detalle los seis (6) temas, los quince (15) principios y los setenta (70) requerimientos<sup>5</sup>, con el objetivo de generar planes de acción que permitan dar cumplimiento al estándar. Del mismo modo, en abril de 2022 se realizó en el sitio Teck CdA una autoevaluación del cumplimiento de la Gobernanza de Relaves enfocado al GISTM, con apoyo de personal de Teck Corporativo Canadá y en abril del año 2023, se tiene programada una auditoría respecto del nivel de cumplimiento del estándar para Teck CdA.

Para la evaluación de consecuencias del depósito de relaves Teck CdA, según el nuevo estándar, ver el capítulo 9.4.

---

<sup>5</sup> Son 77 requerimientos, de los cuales 7 corresponden a temas de comunidades

## 1.4. Permisos

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

**Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2022 (ref. manual OMS\_R6, WSP E&I).**

Organismo	Descripción	Resolución N°	Fecha
COREMA	Resolución de Calificación Ambiental Proyecto Hipógeno	RCA 104	2007.06.13
SEA	Resolución de Calificación Ambiental Continuidad Operacional Teck CdA	RCA 169	2020.11.24
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	2.115	2013.07.15
	Recepción de Obras Hidráulicas, recepciona la construcción de la Etapa 2	198	2014.01.22
	Solicitud de modificación Cauce de la Plataforma Tubería de Recirculación de Aguas Claras y Camino Depósito de Relaves	235	2018.03.14
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	1.311	2009.07.08
	Actualización Plan de Cierre	1.680	2015.06.24
	Actualización Plan de Cierre	2.948	2019.11.26
SEREMI de SALUD	Proyecto Construcción Depósito de Relaves	5.985	2009.10.27
	Puesta en Servicio de Depósito de Relaves	946	2010.03.15

## 1.5. Descripción de las Instalaciones

La TMF se denomina depósito de relaves Carmen de Andacollo y su desarrollo contempla la construcción de 6 etapas de crecimiento diferido, para cumplir con la vida útil de diseño del proyecto de 21 años, a través de una capacidad final de almacenamiento de 416 Mt – 297 Mm<sup>3</sup>, para el valor de la densidad seca de 1,40 t/m<sup>3</sup> considerado en el diseño.

El depósito de relaves está conformado por los muros poniente (MP), norte (MN), nororientado (MNO), orientado (que contempla los tramos norte (MO), centro MO(C) y sur MO(S)) y sur (MS), incluyendo para las Etapas 1 @ 3 inclusive, la estructura denominada Botadero Sur (BS), además del muro de cierre (MC) para la Etapa 6 de crecimiento diferido.

Como política Teck y en el contexto del nuevo Estándar Global de Relaves, todos los muros se clasifican como estructuras de extrema consecuencia, y deben ser diseñados para la Crecida Máxima Probable y el Sismo Máximo Creíble (PMF y MCE respectivamente, por sus siglas en inglés), se deja establecido que el diseño original de los muros del depósito de relaves (año 2006), cumple con ambos requisitos.

Todos los muros son de empréstito, contruidos mediante el método aguas abajo, con material estéril de mina, e impermeabilizados con geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, en el talud interno de la Etapa 1 de los muros nororiente, el Botadero Sur y muro oriente, en todas las etapas (3 @ 6) para el muro sur y para el tramo sur del muro oriente, en todas las etapas (4 @ 6) para el muro poniente y en la etapa 6 del muro de cierre. Independientemente que el muro considere impermeabilización con liner o no, todos se cubren en el talud interno con 4 metros (medidos horizontalmente) de material de empréstito de baja permeabilidad, el que se denomina relleno de transición. La base de cada muro contempla un sistema de drenaje (tipo francés) diseñado con factor de seguridad hidráulica  $FS_H = 5$ , cuyo efluente es retornado al proceso de la planta concentradora.

Los muros se construyen geoméricamente con un talud aguas abajo 1,8 (H) / 1 (V) y taludes aguas arriba 1,6 (H) / 1 (V) cuando el talud se cubra solo con relleno de transición y 2,0 (H) / 1 (V) cuando estén impermeabilizado con geomembrana, salvo el muro MP cuyo talud interno 1,6 (H) / 1 (V) será completamente impermeabilizado con liner de HDPE (Etapas 4 @ 6). 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 medida desde los relaves en contacto con los muros, de acuerdo con la recomendación del diseño sísmico basado en el análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble (MCE). Respecto de la revancha hidráulica, se debe cumplir con 1 m de revancha mínima, según el requerimiento normativo chileno.

La laguna de aguas claras se posiciona en todo momento alejada de los muros y equidistante de los mismos, en la cola del depósito. La laguna se opera para disminuir los peaks en el make up de agua fresca durante los meses de verano. Por lo cual, se deja crecer durante los meses de invierno, en que las pérdidas por evaporación son menores, y además puede recibir el aporte de las escasas precipitaciones que se verifican en la zona de emplazamiento de la planta concentradora. El mayor volumen de agua almacenado en la laguna se utiliza en verano hasta volver a la condición de tamaño mínimo. Esta práctica debe ser programa y respalda mediante el Balance de Agua y la Simulaciones de Crecimiento. Ante eventos climatológicos extremos en todo momento se debe mantener una distancia mínima de 100 m entre el perímetro de la laguna de aguas claras, hasta la cara del talud interno de cualquier muro no impermeabilizado.

De acuerdo con la estadística histórica, la precipitación promedio anual en el sitio es de 141,7 mm, para estadísticas desde 1963 hasta 2017, en la estación meteorológica

Tenencia Andacollo, y la evaporación acumulada anual es de 1.724 mm, para estadísticas desde 2014 hasta 2017, en la estación meteorológica Andacollo.

Las principales obras que conforman el manejo de relave y la TMF en general corresponden a las siguientes:

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

## 2.0 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN 2022

### 2.1. Depositación de Relaves

A continuación se resumen los datos de depositación real y programada de acuerdo con el plan de llenado vigente actualizado el Q4 del año 2021, mediante el documento # E40221-2000-DT00-RPT-0001\_R0: “Actualización Plan de Manejo de Relaves Depósito de Relaves”. Para la actualización del plan de llenado se considera un volumen de laguna variable estacionalmente, según modelo sinusoidal con periodo de un (1) año, tal como se ha observado en el registro histórico de la operación del depósito, con las siguientes características:

- Peak máximo de 650.000 m<sup>3</sup> al final del Q3 (30 de septiembre);
- Peak mínimo de 150.000 m<sup>3</sup> al final del Q1 (31 de marzo); y
- Promedio de 400.000 m<sup>3</sup> al final del Q2 (30 de junio) y Q4 (31 de diciembre).

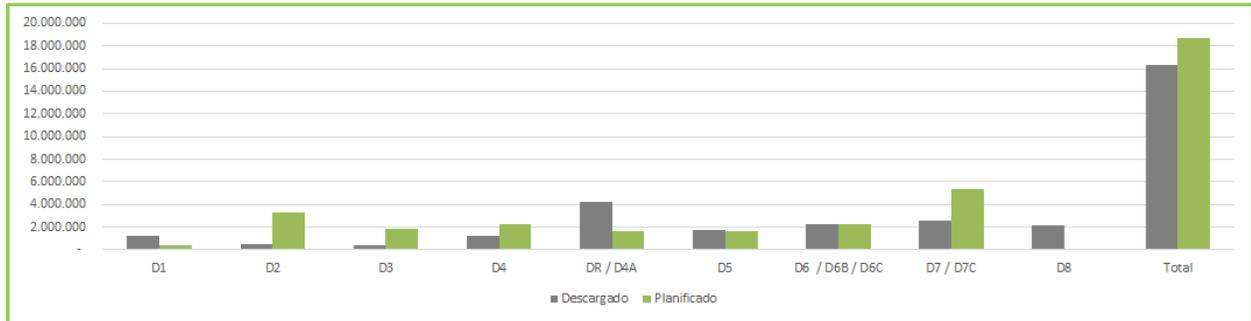
De acuerdo al 5YP (Plan de Cinco (5) Años, por sus siglas en inglés) la estimación de mineral procesado para el año 2022 correspondía a 18,90 Mt, equivalente a 18,74 Mt de relaves durante el mismo periodo. Tal como se puede apreciar en la Tabla 2-1, el total de relaves efectivamente depositados fue de 16,29 Mt, es decir un 13 % menos que lo proyectado. Ver Figura 2-3 para el emplazamiento de las descargas de relaves.

A diferencia de lo presentado en años anteriores, el control del plan de llenado para este año se hace sobre el total programado según el LOM planificado, para 350 días de operación anual, lo que considera dos (2) paradas de planta mayores de 5 días c/u, una (1) en enero y otra (2) en septiembre y 12 h de parada programada mensuales para los diez (10) meses restantes.

**Tabla 2-1: Depositación Real Versus Programada (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada).**

Descarga	[#]	Control plan de llenado								Total	
		1	2	3	4	DR / D4A	5	D6 / D6B / D6C	D7 / D7C		8
Acum. Periodo	[t]	1.223.065	531.425	354.494	1.198.210	4.229.309	1.796.864	2.302.105	2.524.451	2.126.918	16.286.841
Planificado	[%]	2,168	17,358	9,788	12,168	8,678	8,878	12,018	28,478	0,468	100
Balance	[t]	406.181	3.252.359	1.833.954	2.279.899	1.625.971	1.663.446	2.251.794	5.335.935	87.648	18.737.187
		816.884	-2.720.934	-1.479.460	-1.081.689	2.603.337	133.419	50.311	-2.811.484	2.039.269	-2.450.346
Operando Real / Descarga		26	11	7	25	89	38	48	53	45	341
Operando Real / Zona		69				175			98		341
Planificado / Zona	[d]	145				104			101		350
Restante (+/- 1)		76				-71			4		9

**Figura 2-1: Depositación Real Versus Programada, Total por Descarga (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada).**



**Figura 2-2: Depositación Real Versus Programada, Total por Sector (ene. 2022 – dic. 2022, 350 días de operación programada).**

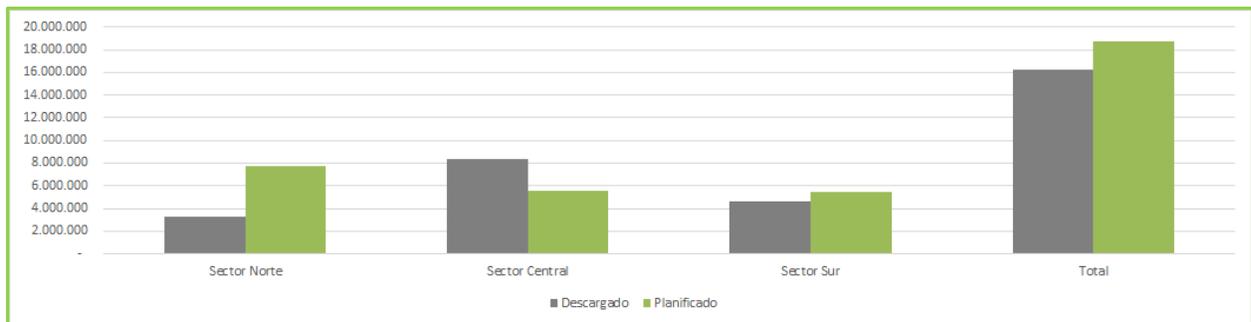
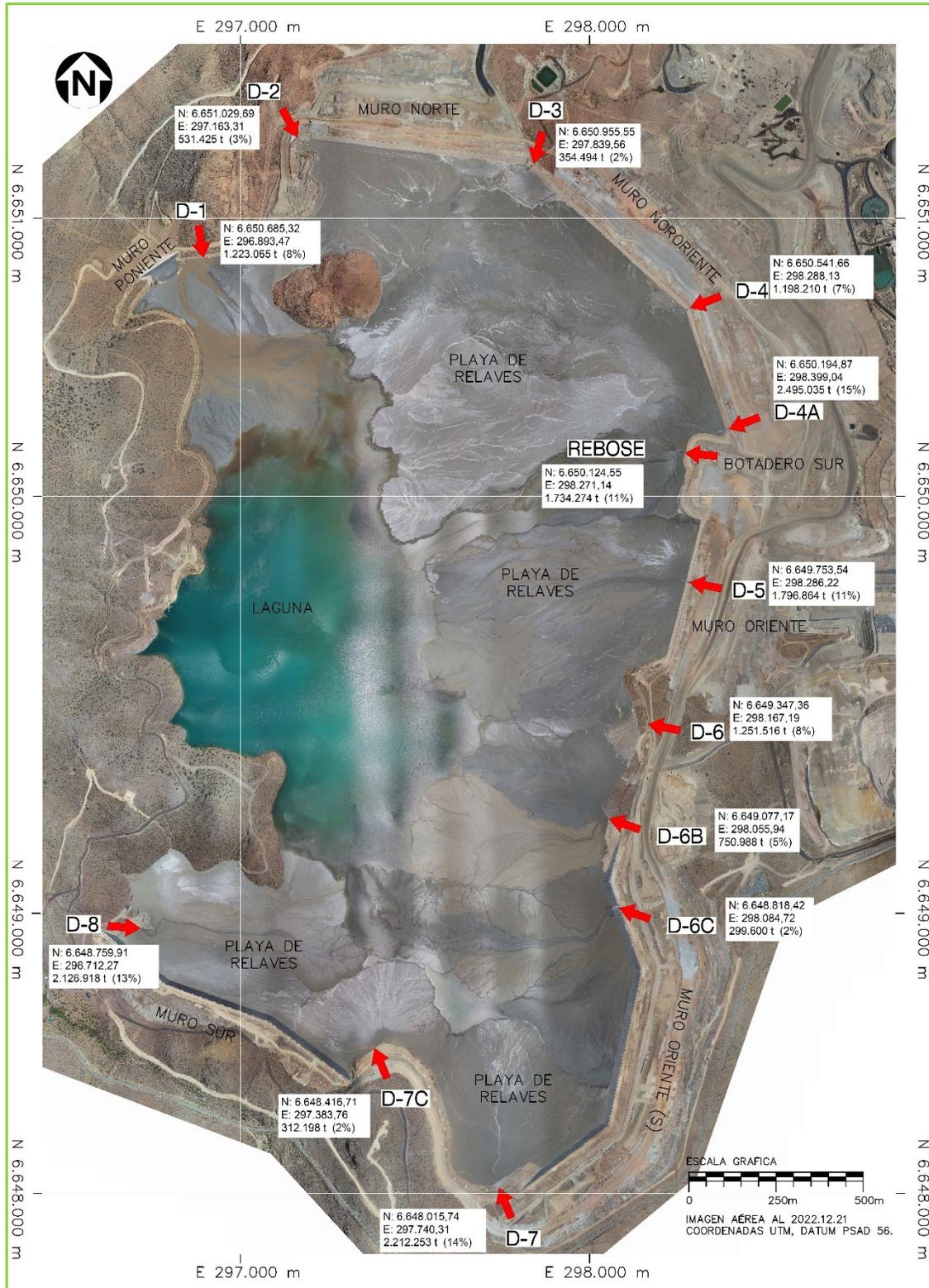


Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 21 de diciembre de 2022 (ref. Informe Anual de Gestión 2022, Teck CdA).



A diferencia de lo ocurrido el año 2021, en que ningún spigot concentró la depositación de relaves, durante el periodo la descarga 4A y el Rebose acumulan un 26% de la descarga anual de relaves, en el sector centro del depósito. No obstante lo anterior, la operación se ha ajustado al plan en términos de balance másico por sector de descarga, lo que queda ratificado por la posición de la laguna, confinada hacia el poniente del depósito, centrada y equidistante de los muros y sin la presencia de lagunas parásitas, según la intención del diseño.

Comparando la condición de depositación real que se verificó durante el periodo respecto del plan de llenado vigente, se tiene que para el sector norte del depósito (descargas D1 @ D4) se puede apreciar una diferencia de 76 días de depositación (déficit) entre cómo se planificó y como se operaron realmente las descargas. Del mismo modo, para el sector central del depósito (descargas D4A, D5, D6, D6B, D6C y rebose) esta diferencia es del orden los 71 días (exceso) y para el sector sur del depósito (descargas D7, D7C y D8) se verifica una diferencia de 4 días de depositación (déficit).

Respecto del sector norte, el déficit de 2,5 meses (76 días), se produjo debido a interferencias de construcción y operacionales durante el periodo, sin embargo esto no representó un problema operacional, dado que las playas en ellos muros MN, y MNO se encontraban altas, según la intención del diseño.

El cumplimiento del plan de llenado se considera satisfactorio para el periodo.

## 2.2. Capacidad de Almacenamiento Remanente

La capacidad remanente del depósito de relaves en su condición actual se debe referenciar a la elevación de coronamiento que haya alcanzado el relleno de transición en cada uno de los muros, la cual en todos los casos es equivalente a la cota de coronamiento de la Etapa 4 (El. 1.162,5 msnm) y a la tasa de aumento de elevación del nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras durante el año 2022, equivalente a 3,65 m/año.

De acuerdo con el DS 248, se define la revancha como: *la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.*

En función de la tasa de aumento detallada, en la Tabla 2-2 se indican las revanchas y tiempos remanentes de operación, en cada uno de los muros del depósito al 31 de diciembre de 2022.

**Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Reportes Diarios, WSP E&I)**

Coronamiento E4: 1.162,50 [msnm]					
Muro	Elevaciones		Crecimiento: 3,65 [m/año]		
	Playa	Transición	Revancha [m]	Remanente	
	[msnm]			[año]	[meses]
MP	1.155,470	1.162,500	7,03	1,93	23,12
MN	1.155,540	1.162,500	6,96	1,91	22,89
MNO	1.156,110	1.162,500	6,39	1,75	21,01
BS	1.158,452	1.162,500	4,05	1,11	13,31
MO	1.156,160	1.162,500	6,34	1,74	20,85
MO(S)	1.155,700	1.162,500	6,80	1,86	22,36
MS	1.155,830	1.162,500	6,67	1,83	21,93

La tabla anterior se construye considerando la actual cota de operación de la E4 de crecimiento diferido, sin embargo es importante notar que, salvo en el muro MS, la construcción de la E5 del relleno masivo está en proceso, es decir la cota de coronamiento de los muros del depósito ha alcanzado la El. 1.177,5 msnm, y se espera que en el muro MS la alcance durante el Q2 del año 2023. Respecto del relleno de transición de la E5, los trabajos están en proceso, con el inicio durante el 2022 de los trabajos de corte y retiro en los muros MO(S) y MN.

Respecto de la revancha hidráulica, la cota del pelo de agua de la laguna de aguas claras al término del periodo corresponde a la El. 1.152,639 msnm lo que equivale a un remanente mínimo de 9,86 m, que se traducen en 2,7 años de operación en el caso del BS (TK-042), incluidos el volumen disponible para almacenar la Crecida Máxima y la revancha operacional.

**Tabla 2-3: Revancha Hidráulica / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Reportes Diarios, WSP E&I)**

Coronamiento E4: 1.162,50 [msnm]					
Muro	Elevaciones		Crecimiento: 3,65 [m/año]		
	Pelo de agua	Transición	Revancha [m]	Remanente	
	[msnm]			[año]	[meses]
MP	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
MN	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
MNO	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
BS	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
MO	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
MO(S)	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43
MS	1.152,639	1.162,500	9,86	2,70	32,43

Respecto de la capacidad remanente, al 31 de diciembre de 2022 se han depositado 212,28 Mt de relaves en el depósito, el diseño de la TMF considera una capacidad

final de 416 Mt, por lo que el depósito al término de su vida útil, cuenta con una capacidad de almacenamiento remanente de 203,72 Mt. Respecto del volumen ocupado por los relaves dentro del depósito, la batimetría y levantamiento topográfico de playas realizados el 21 de diciembre de 2022 arrojó un total de 128,7 Mm<sup>3</sup> acumulados, lo que permite calcular un valor para la densidad seca de los relaves depositados ( $D_s$ ) de 1,65 t/m<sup>3</sup>. Tal como se indicó en el documento AFPR.2022 para el periodo anterior, este valor se considera muy alto, sin embargo, la revisión desarrollada durante marzo de 2017<sup>6</sup>, de los antecedentes y la metodología realizado por WSP E&I (ex Wood), a la empresa GeoMonitoring (ex GesEcology), encargada de realizar los controles batimétricos y levantamiento de playas, no presenta desviaciones que pudieran sugerir que dicho valor esté erróneo en sus procesos de cálculo. Durante el año 2018, WSP E&I (ex Wood) revisó los hitos topográficos para monitoreo y control del depósito de relaves, descartándose que hubiera error en la elevación de alguno de los puntos de referencia, que pudiera ser traspasado al levantamiento general. Durante el trimestre Q4 del año 2018, se desarrolló trabajo de campo conjunto GesEcology (ahora GeoMonitoring) / WSP E&I (ex Wood), para la oficialización del valor de densidad seca, que deberá ser utilizado en los futuros diseños, estableciéndose en 1,55 t/m<sup>3</sup> al término del año 2018.

Utilizando dicha densidad los 203,72 Mt de relaves restantes a disponer al término de la vida útil proyectada del depósito, ocuparán un volumen de 131,43 Mm<sup>3</sup> el que sumado a los 128,7 Mm<sup>3</sup> ya depositados arroja un volumen total utilizado de 260,13 Mm<sup>3</sup>, si lo comparamos con los 297 Mm<sup>3</sup> indicados en el diseño a la Etapa 6 de crecimiento diferido el depósito tendría capacidad suficiente para admitir a lo menos 57,20 Mt (36,9 Mm<sup>3</sup>) adicionales, totalizando un máximo teórico de 473,20 Mt, es decir un 14% más que la capacidad estimada por el diseño.

En el mes de Octubre del año 2020, comenzó la aplicación del producto Rheomax DR 1050, un agente floculante producido por BASF que permite modificar la reología de los relaves al ser dosificado en el feedwell del espesador. Desde el inicio de su implementación, se ha logrado alcanzar concentraciones el peso ( $C_p$ ) de hasta 65%, un 3% por sobre la concentración máxima que permitía operar el espesador sin que fallara por Torque ( $C_p = 62\%$ ). Por otro lado, al ser un modificador reológico, los relaves espesados hasta  $C_p = 65\%$  pueden ser impulsados hasta la TMF mediante las mismas bombas centrifugas diseñadas originalmente para el proyecto sin que fallen por amperaje, al conservar la Newtonicidad del fluido.

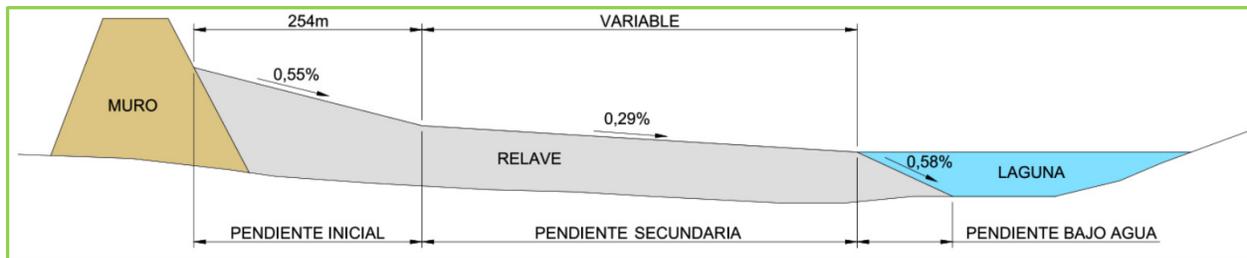
Con este cambio se busca una mayor recuperación de agua de los relaves en la misma planta concentradora, lo que es muy importante desde el punto de vista de la mejora de la eficiencia hídrica del proceso, un objetivo clave para la operación en el corto plazo. Del mismo modo, se espera que tenga un impacto en la depositación de los relaves dentro de la TMF, como por ejemplo en la pendiente de las playas, en la densidad seca a la que finalmente se acomodan los relaves en la cubeta y en la recuperación de agua desde la laguna de aguas claras. Durante el periodo anterior, se

---

<sup>6</sup> Actualizada el año 2021

analizaron en detalle alguna de estas variables de manera de entender el real impacto que tiene esta innovación respecto de la operación histórica de la TMF, encontrándose la distribución de pendientes medias que se presenta en la siguiente Figura.

**Figura 2-4: Pendientes de Depositación de Relaves Típica (ref. Criterio de Diseño Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves, documento N° E40221-2000-DT00-DSC-0001, WSP E&I (ex Wood))<sup>7</sup>.**



Para los valores de las pendientes estimadas en el diseño, ver la Tabla 8-1

## 2.3. Construcción y Operación Durante el Período

### 2.3.1. Operación de Agua y Relaves

La TMF operó el año 2022 dentro de los límites definidos por la Etapa 4 de crecimiento diferido, recibiendo un total de 16,29 Mt de relaves durante el periodo (87% del Budget 2022), a través de trece (13) puntos de descarga distribuidos en el coronamiento de dicha etapa, correspondiente a la cota 1.162,5 msnm, acumulando dentro de la cubeta un total de 212,28 Mt de relaves al 31 de diciembre de 2022, lo que representa un 51% de la capacidad total autorizada (416 Mt). El depósito de relaves se divide en tres (3) sectores de depositación, el sector norte, que contempla las descargas D1, D2, D3 y D4 que acumuló un 20% de la descarga anual de relaves y los sectores centro (descargas D4A, D5, D6, D6B, D6C y Rebose) y sur (descargas D7, D7C y D8) que recibieron un 51% y 29% cada uno respectivamente. Al término del periodo, el déficit de depositación para el sector norte se mantiene respecto del año anterior (~ 2 meses), sin impactar la longitud de playas en el área, las que se mantuvieron por sobre los 400 m durante todo el año, lo que continúa con la buena práctica operacional, que desarrolla puntos altos para las playas de relaves en aquellos muros sin impermeabilizar, alejando la laguna de aguas claras desde dichas estructuras en caso de la ocurrencia de eventos extremos de precipitación.

La playa de relaves se incrementó en elevación un mínimo de 0,74 m frente al muro norte y un máximo de 6,27 m frente al muro poniente. La revancha operacional (de relaves), entendida como la diferencia menor en cota entre la línea del coronamiento del relleno de transición construido y la superficie inmediatamente vecina de la playa

<sup>7</sup> Todas las pendientes indicadas en la Figura 2-4, corresponden a los valores promedio medidos para todo el depósito y sus descargas.

de relaves, alcanzó al 31 de diciembre de 2022 un valor mínimo de 4,05 m para la playa de relaves en contacto con el talud interno de la Plataforma para el TK-042, sobre el Botadero Sur en el sector del rebose. En tanto, la mínima revancha hidráulica para el año 2022 fue de 9,86 m al 31 de diciembre, calculada como la diferencia entre la elevación del coronamiento del relleno de transición construido para la Etapa 4 de crecimiento diferido (El. 1.162,5 msnm) y la elevación del pelo de agua de la laguna de aguas claras.

Durante el año 2022, el volumen de la laguna de agua claras varió entre un máximo de 1,65 Mm<sup>3</sup> en octubre y un mínimo de 0,45 Mm<sup>3</sup> en mayo. La elevación del pelo de agua de la laguna varió entre las cotas El. 1.149,012 msnm y El. 1.152,661 msnm, para los días 09 de febrero y 30 de diciembre respectivamente (incremento de 3,65 m/año). Al 31 de diciembre de 2022 el stock de agua acumulada en la laguna es de 1,22 Mm<sup>3</sup> aproximadamente.

Las cuatro (4) bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y la retornan al proceso de la planta concentradora, operaron hasta noviembre en la posición denominada trinchera # 8A, y una vez peraltado el manifold de descarga, a una elevación superior, desde el 08 de diciembre operan en la posición denominada trinchera # 8B (ver capítulo 2.3.2.8).

Durante el año 2022, continua la aplicación del modificador reológico en el espesador de relaves. La concentración de sólidos en el período presentó una media ponderada del 60%, menor que el promedio ponderado del año calendario previo, que fue de 63%. Del mismo modo, se puede apreciar un ligero aumento de la pendiente inicial de las playas en una longitud de ~250 m, respecto de la geometría de las playas previo a la aplicación del modificador.

## 2.3.2. Construcción de Muros

### 2.3.2.1. Relleno Masivo

Durante el año 2022 la flota de equipos mineros de Teck CdA construyó un total de 3,69 Mm<sup>3</sup> de relleno masivo en los muros, lo que equivale aproximadamente a 6,97 Mt de estéril seleccionado (densidad compactada seca promedio 2022 ~ 1,89 t/m<sup>3</sup>). Los muros que se construyeron durante el año fueron el norte, nororiente, oriente, tramo sur del muro oriente y muro sur. En todos los muros las elevaciones alcanzaron lo especificado para la Etapa 5 de crecimiento, correspondiente a la El. 1.177,5 msnm, salvo los muros nororiente y tramos sur del muro oriente, en donde se superó levemente esta cota en las parcelas hacia aguas abajo, el resumen del periodo por muro se detalla a continuación:

**Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 5, año 2022 (ref. CQA WSP E&I)**

Muro	Durante el Periodo		Total Acumulado	Descripción de los Trabajos
	Volumen [m3]	Tonelaje [t]	Volumen [m3]	
MP	-	-	5.570	Sin avance
MN	545.396	1.030.798	4.669.237	Construcción Etapa 5 (El. 1.177,5 msnm)
MNO	1.634.527	3.089.256	21.323.045	Continua construcción E5 (El. 1.177,5 msnm)
MO	945.595	1.787.175	7.274.754	Continua construcción E5 (El. 1.177,5 msnm)
MO(S)	466.107	880.942	6.319.731	Continua construcción E5 (El. 1.177,5 msnm)
MS	95.967	181.378	1.110.378	Inicia construcción E5 (El. 1.177,5 msnm)
<b>Total</b>	<b>3.687.592</b>	<b>6.969.549</b>	<b>40.702.715</b>	

### 2.3.2.2. Corte y Retiro

Durante el año 2022 se inician los trabajos asociados al corte y retiro del relleno masivo sin compactar desde la cara del talud interno de los muros, para la Etapa 5 de crecimiento diferido tanto en el muro oriente sur, como en el muro norte. El resumen del corte y retiro para la etapa 5, se detalla a continuación:

**Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 5, al 31 de diciembre de 2022 (ref. CQA, WSP E&I).**

Muro	Inicio	Término	Trabajo Efectivo [d]	Volumen [m <sup>3</sup> ]		Rendimiento [m <sup>3</sup> /d]
	[dd-mm-aaaa]			Cubicado	Construido	
MN	2022-11-07	31-12-2022	31	36.400	19.341	624
MNO	-	-	-	-	-	-
BS (PI. TK-042)	-	-	-	-	-	-
MO	-	-	-	-	-	-
MO(S)	2022-04-28	2022-10-18	166	96.883	98.009	590
MS	-	-	-	-	-	-
		<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>133.283</b>	<b>117.350</b>	

### 2.3.2.3. Relleno de Transición

Durante enero del año 2022 el contratista local Cooptrans finaliza la construcción de los rellenos de transición correspondientes a la Etapa 4 de crecimiento diferido, al concluir los trabajos pendientes en los estribos sur / norte de los muros nororiente / oriente respectivamente, en el empalme con la plataforma PI. Tk-042, sobre el botadero sur.

En total para la Etapa 4, entre los años 2019 y 2022 se construyeron 280.191 m<sup>3</sup> de relleno de transición lo que representa un aumento total de obra del 7% respecto de lo cubicado originalmente, lo que se considera satisfactorio para este tipo de trabajos.

A continuación, se presenta el resumen de los rellenos de transición construidos comparte de la Etapa 4 de crecimiento diferido, durante el año 2022:

**Tabla 2-6: Relleno de Transición Construido Durante el Año 2022, Etapa 4, (ref. CQA, WSP E&I).**

Muro	Inicio [aaaa-dmm-dd]	Término	Efectivo [d]	Rendimiento [m3/d]	Cota Final	Volumen [m3]		Comentarios
						Construido	Pendiente	
MP	-	-	-	-	-	-	-	
MN	-	-	-	-	-	-	-	
MNO	2022-01-01	2022-01-11	7	73	1.162,50	508	-	Estribo Sur, sobre el BS
Pl. Tk-042	2022-01-01	2022-01-11	7	286	1.162,50	2.004	-	Sobre el BS
MO	2022-01-01	2022-01-11	7	318	1.162,50	2.227	-	Estribo Norte, sobre el BS
MO(S)	-	-	-	-	-	-	-	
MS	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Total</b>			<b>425</b>	<b>168</b>		<b>4.739</b>	<b>-</b>	

Ver Figura 2-15 para el detalle en planta del sector de los trabajos de relleno de transición que se ejecutaron durante el año 2022, destacado en color **café**.

### 2.3.2.4. Perfilado

Tal como se indicó en el capítulo 9.3.2 del documento E40221-6000-DT00-RPT-0002, ATFI.2021 para el año 2020, durante la construcción de la Etapa 4 de crecimiento diferido, se resolvió no perfilar los muros del sector centro norte y centro de la TMF. Este cambio en el diseño no presenta riesgo desde el punto de vista de la seguridad del depósito y se aplica a la instalación por las siguientes razones:

- No afecta la estabilidad, ni las deformaciones de la cara aguas arriba del talud interno de los muros;
- Provee de una cobertura de protección adicional sobre el relleno de transición compactado, ante la ocurrencia de escorrentía superficial por precipitaciones y/o derrames de relave con energía; y
- Permite disponer en tiempo real y sin la necesidad de transporte desde acopios destinados, de material para la construcción de rampas operacionales que permitan acceder rápidamente desde el coronamiento de la etapa de crecimiento diferido en operación (Etapa 4 al momento de escribir el presente informe) hasta la playa de relaves en caso de requerir inspección, reparación y/o sellado ante la ocurrencia de un hipotético sinkhole, tanto en la playa como en el talud interno de cada uno de los muros sin impermeabilizar.

### 2.3.2.5. Impermeabilización

Durante el primer semestre del año finalizó la impermeabilización con liner de la Etapa 4 del talud interno en el muros poniente alcanzando al término del Q3 del año 2022 un avance efectivo de un 100%, se impermeabilizaron ~ 2.000 m<sup>2</sup>.

### 2.3.2.6. Drenajes

Durante el año no se desarrollaron trabajos asociados a la construcción del sistema de drenaje de los muros del depósito de relaves.

### **2.3.2.7. Conducción de Agua Recuperada**

La Cañería de agua recuperada que conduce el agua captada por las bombas flotantes desde la laguna de aguas claras hasta la piscina de agua de proceso (Water Pond 60.000 m<sup>3</sup>), se encuentra operando en su posición definitiva por sobre la cota de coronamiento de la Etapa 6 de crecimiento diferido (El. 1.204 msnm).

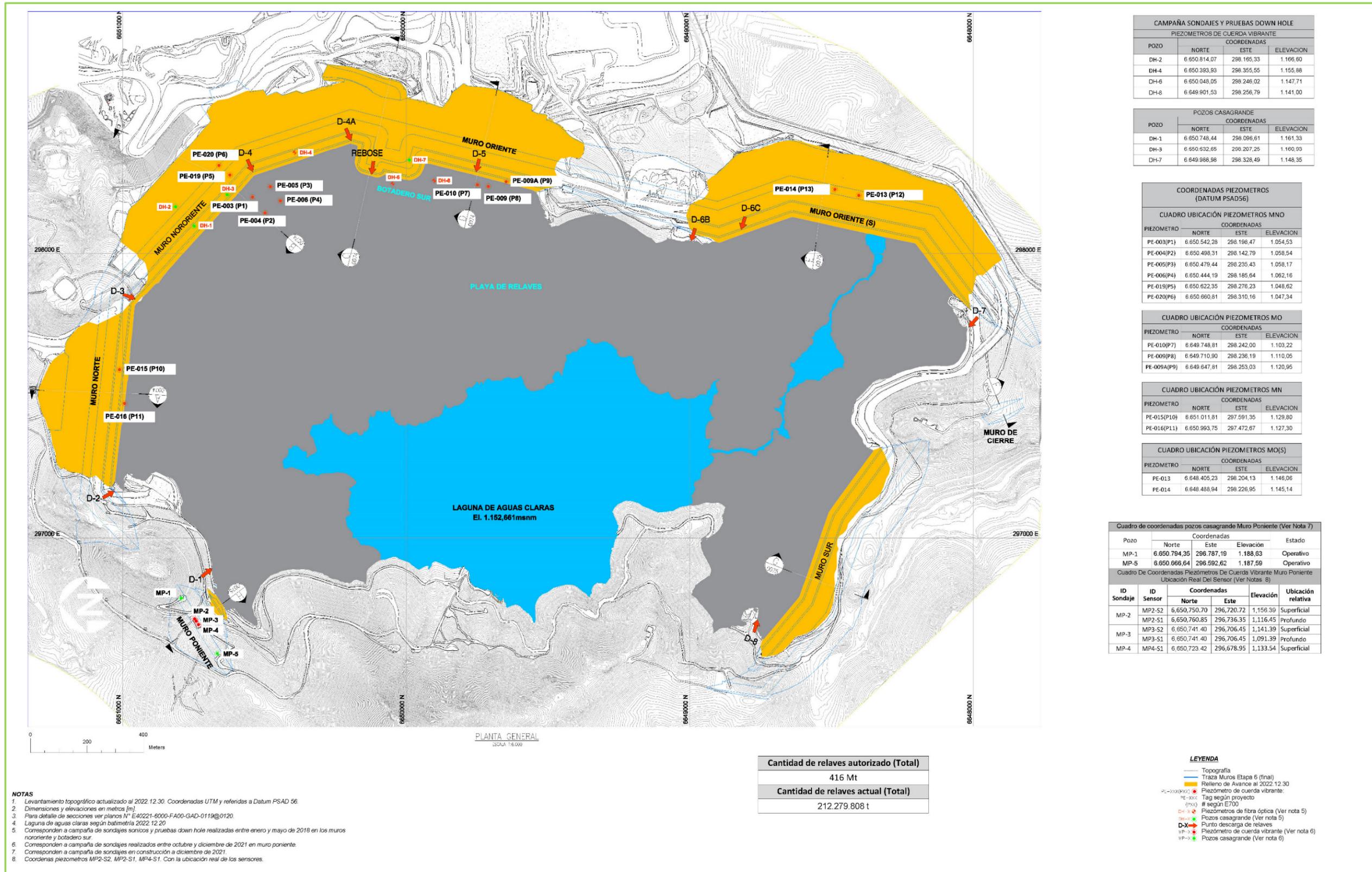
### **2.3.2.8. Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna**

Las cuatro (4) bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y la retornan al proceso de la planta concentradora, operaron hasta noviembre en la posición denominada trinchera # 8A, y una vez peraltado el manifold de descarga, a una elevación superior, desde el 08 de diciembre operan en la posición denominada trinchera # 8B. Al momento de escribir el presente documento se está construyendo la trinchera #10A, que corresponde a la trinchera #10 de diseño modificando la cota del fondo de la excavación, con lo cual se evita construir la Trinchera # 9.

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

En las siguientes Figuras se presenta la geometría de los muros del depósito actualizada al 30 de diciembre de 2022.

Figura 2-5: Planta Depósito de Relaves, al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0118, GA 2022.Q4, WSP E&I).



**CAMPAÑA SONDAJES Y PRUEBAS DOWN HOLE**

**PIEZOMETROS DE CUERDA VIBRANTE**

POZO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
DH-2	6.650.814,07	298.165,33		1.166,60
DH-4	6.650.393,93	298.355,55		1.155,88
DH-6	6.650.048,05	298.248,02		1.147,71
DH-8	6.649.901,53	298.256,79		1.141,00

**POZOS CASAGRANDE**

POZO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
DH-1	6.650.748,44	298.096,61		1.161,33
DH-3	6.650.532,65	298.207,25		1.160,93
DH-7	6.649.988,96	298.328,49		1.148,35

**COORDENADAS PIEZOMETROS (DATUM PSAD56)**

**CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MNO**

PIEZOMETRO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
PE-003(P1)	6.650.542,28	298.196,47		1.054,53
PE-004(P2)	6.650.498,31	298.142,79		1.058,54
PE-005(P3)	6.650.479,44	298.235,43		1.058,17
PE-006(P4)	6.650.444,19	298.185,64		1.062,16
PE-019(P5)	6.650.622,35	298.276,23		1.048,62
PE-020(P6)	6.650.660,81	298.310,16		1.047,34

**CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MO**

PIEZOMETRO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
PE-010(P7)	6.649.748,81	298.242,00		1.103,22
PE-009(P8)	6.649.710,90	298.236,19		1.110,05
PE-009A(P9)	6.649.647,81	298.253,03		1.120,95

**CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MN**

PIEZOMETRO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
PE-015(P10)	6.651.011,81	297.591,35		1.129,80
PE-016(P11)	6.650.993,75	297.472,67		1.127,30

**CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MO(S)**

PIEZOMETRO	COORDENADAS			ELEVACION
	NORTE	ESTE		
PE-013	6.648.405,23	298.204,13		1.146,06
PE-014	6.648.488,94	298.226,95		1.145,14

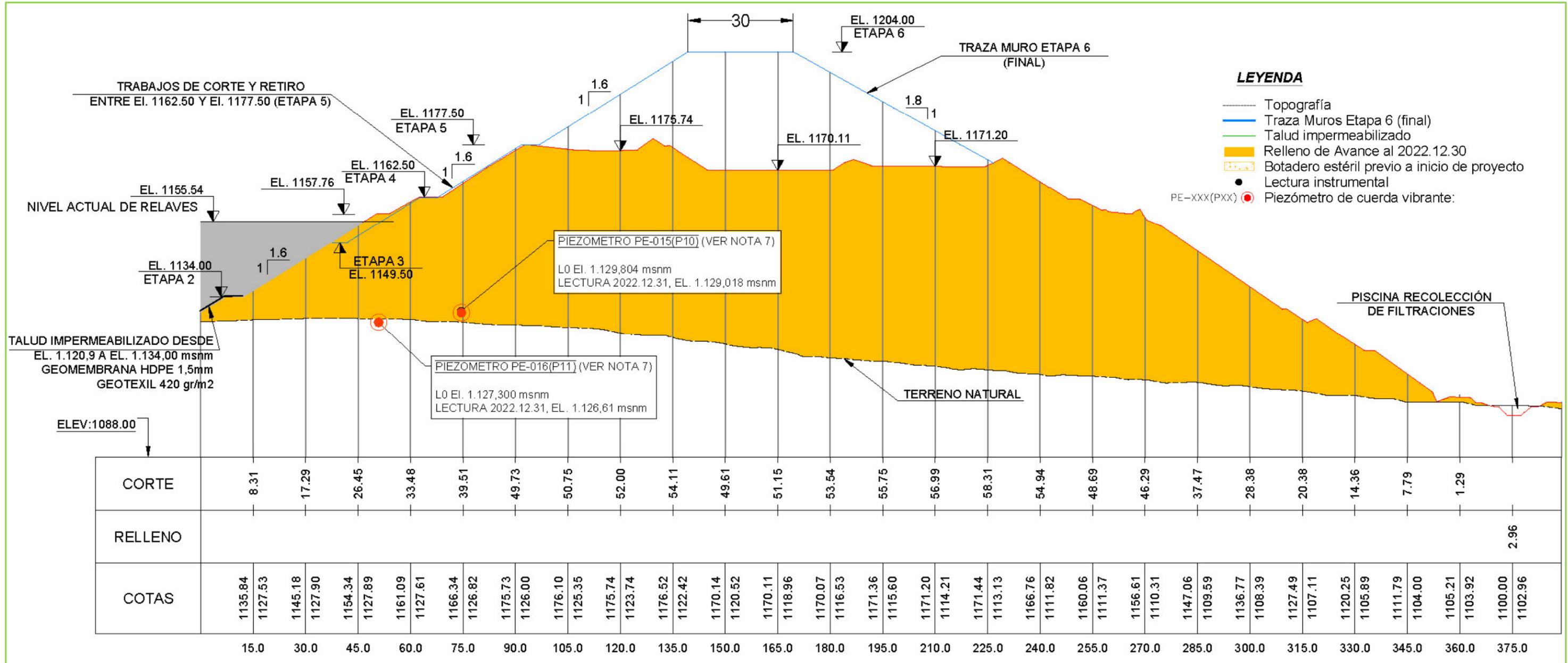
**Cuadro de coordenadas pozos casagrande Muro Poniente (Ver Nota 7)**

Pozo	Coordenadas			Estado
	Norte	Este	Elevación	
MP-1	6.650.794,35	296.787,19	1.188,63	Operativo
MP-5	6.650.666,64	296.592,62	1.187,59	Operativo

**Cuadro De Coordenadas Piezómetros De Cuerda Vibrante Muro Poniente Ubicación Real Del Sensor (Ver Notas 8)**

ID Sondaje	ID Sensor	Coordenadas			Ubicación relativa
		Norte	Este	Elevación	
MP-2	MP2-S2	6.650.750,70	296.720,72	1.156,59	Superficial
	MP2-S1	6.650.760,85	296.736,35	1.116,45	Profundo
MP-3	MP3-S2	6.650.741,40	296.706,45	1.141,39	Superficial
	MP3-S1	6.650.741,40	296.706,45	1.091,39	Profundo
MP-4	MP4-S1	6.650.723,42	296.678,95	1.133,54	Superficial

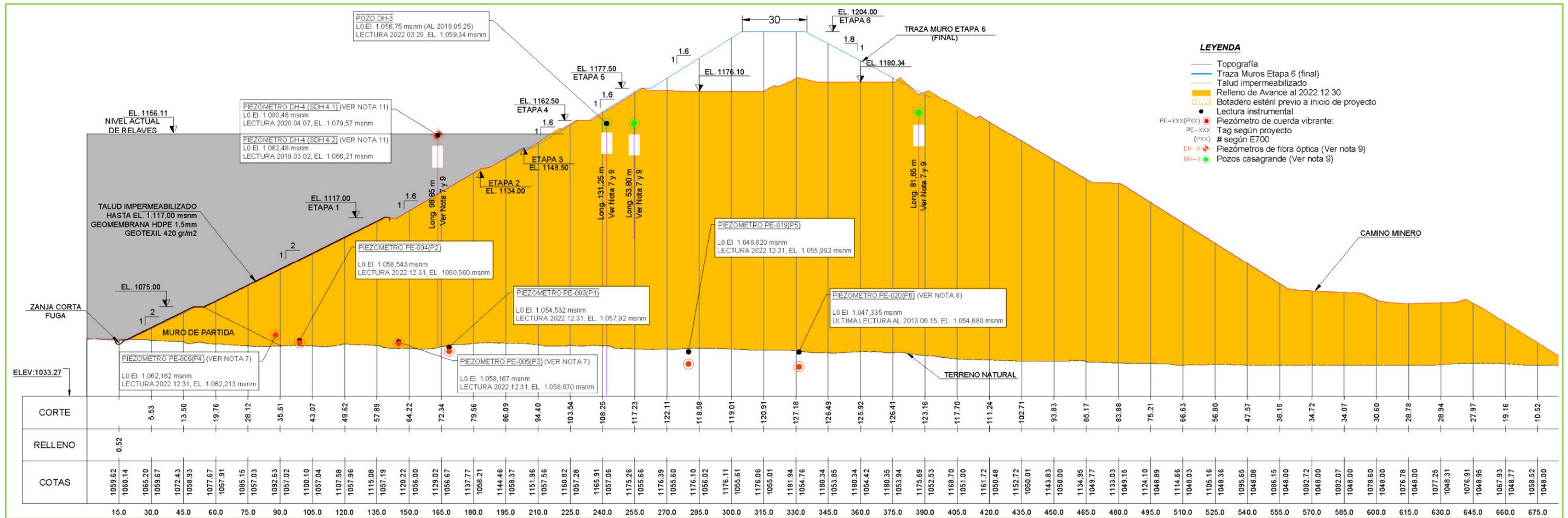
Figura 2-6: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I).



Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba entre las cotas El 1.120,90 msnm. y el coronamiento de la Etapa 2 El. 1.134 msnm.; y

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección A – A, ver la Figura 2-5

Figura 2-7: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I).



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

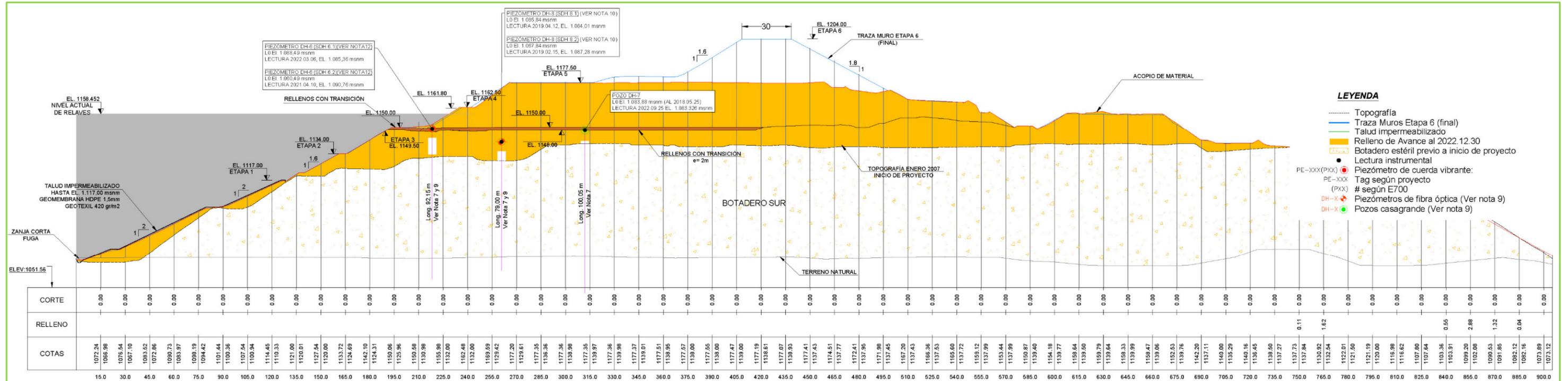
Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección B – B, ver la Figura 2-5;

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

Nota 9: Corresponde a campaña de sondajes sínicos y pruebas down hole realizadas entre enero y mayo de 2018, en los muros MNO y BS; y

Nota 11: El 10 de marzo de 2019, se pierde la señal del piezómetro 4200 (DH04), instalado en la roca de fundación dentro del sondaje DH-04 y el 20 de abril de 2020, se pierde la señal del piezómetro 4100 (DH04), instalado en el relleno del MNO.

Figura 2-8: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I).



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

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección C – C, ver la Figura 2-5;

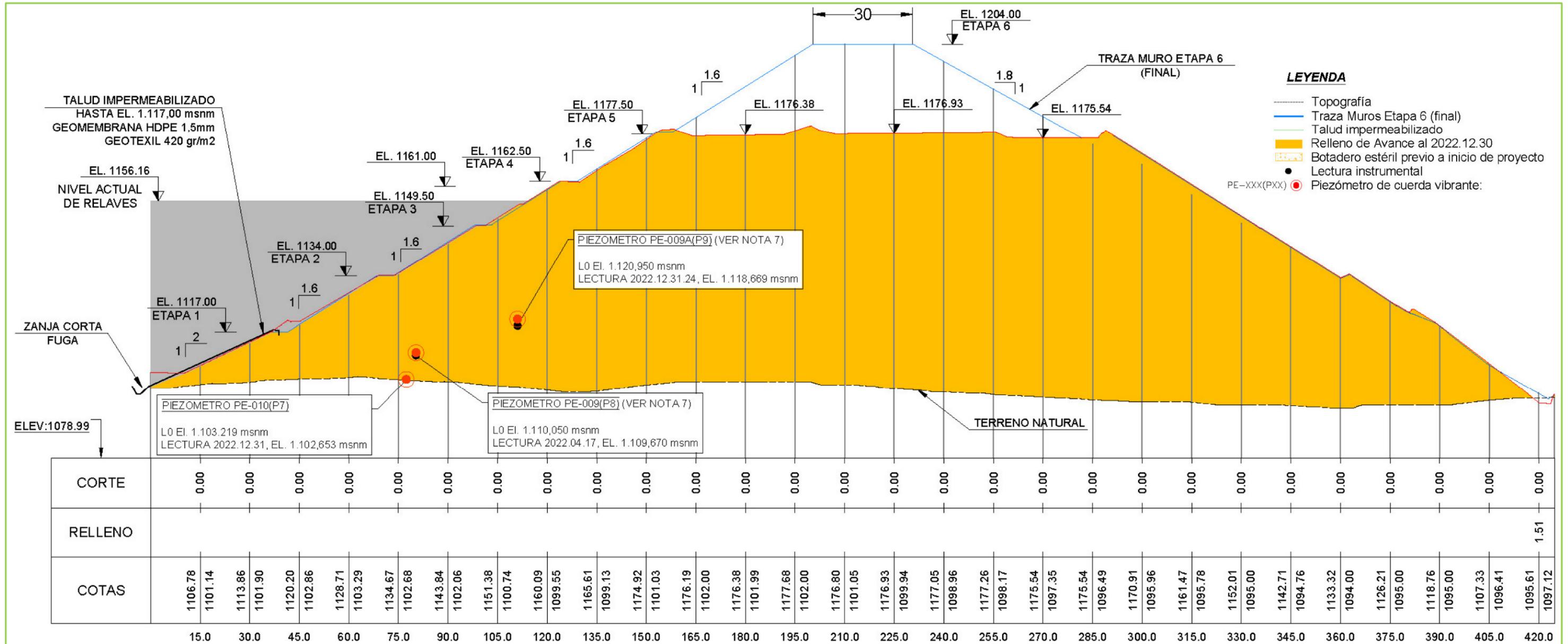
Nota 9: Corresponde a campaña de sondajes sínicos y pruebas down hole realizadas entre enero y mayo de 2018, en los muros MNO y BS;

Nota 10: A partir del 24 de febrero de 2019, se pierde la señal del piezómetro 8200 (DH08), instalado en la roca de fundación dentro del sondaje DH-08 y el 21 de abril de 2019, se pierde la señal del piezómetro 8100 (DH08), instalado en el relleno del BS dentro del sondaje DH-08; y

Nota 12: A partir del 14 de abril de 2021, se pierde la señal del piezómetro 6200 (DH06), instalado en la roca de fundación dentro del sondaje DH-06, y a partir de 16 de abril se pierde la señal del piezómetro 6100 (DH06), instalado en el relleno del Botadero Sur dentro del sondaje DH-06.



Figura 2-10: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0119, GA 2022.Q4, WSP E&I).

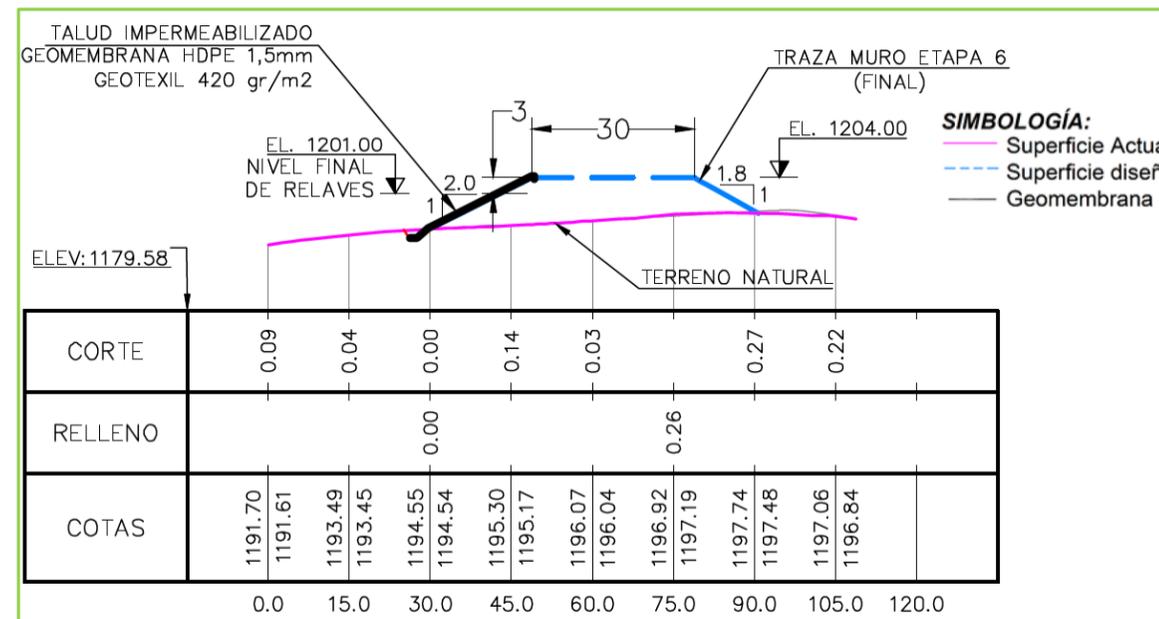


Nota: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 msnm. (Etapa1); y

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección D – D, ver la Figura 2-5.



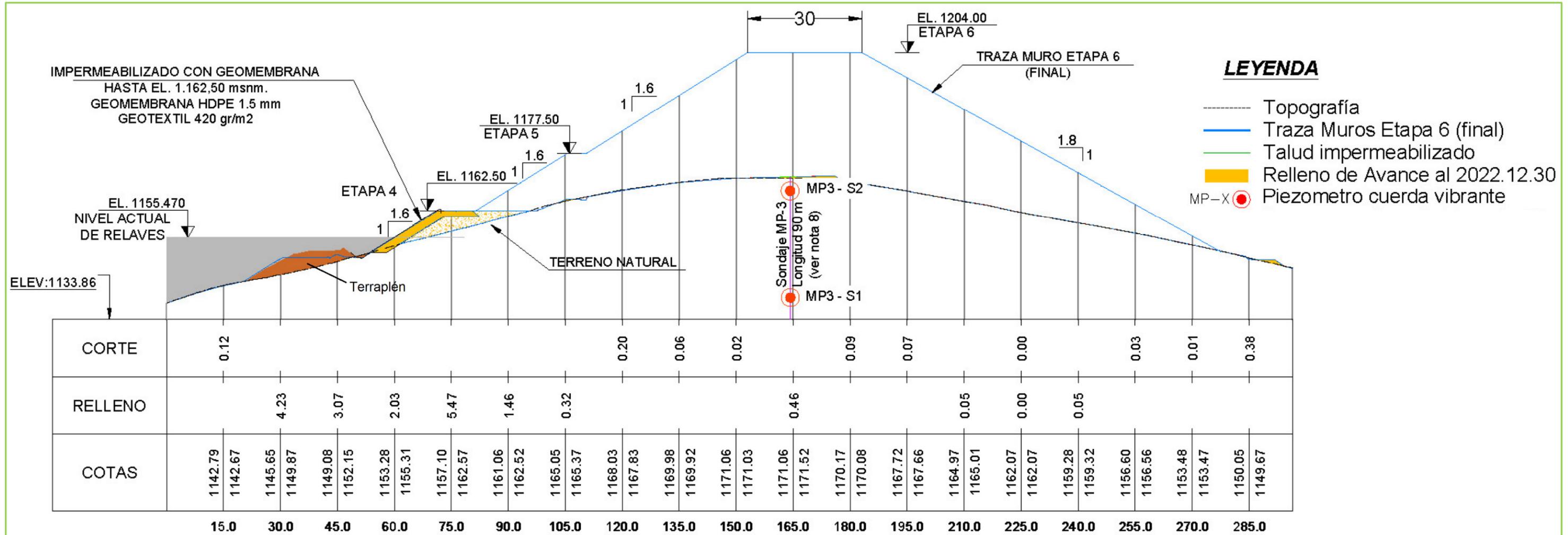
Figura 2-12: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I).



Nota emplazamiento: este muro se ubica entre el estribo sur del MO(S) y el estribo oriente del MS (ver Figura 2-5).

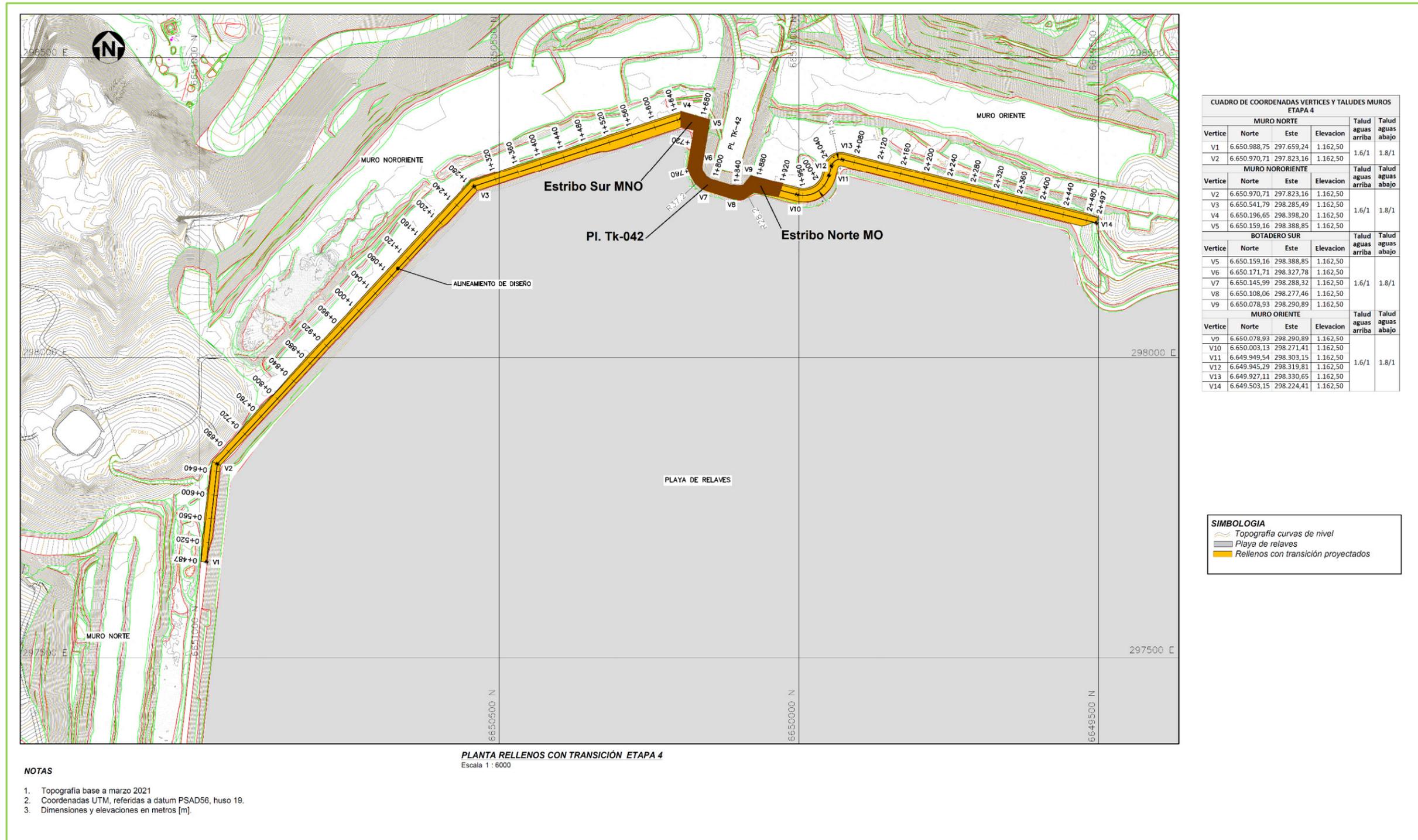


Figura 2-14: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 30 de diciembre de 2022 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0120, GA 2022.Q4, WSP E&I).



Nota: Se impermeabiliza completa con Geomembrana la cara del talud aguas arriba.

Figura 2-15: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2022, Etapa 4 estribo sur MNO, estribo norte MO, sobre BS (PI. TK-042), Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, WSP E&I).



## 2.5. Revisión de Datos y Registros

### 2.5.1. Inspecciones diarias

Como parte de las actividades asociadas al CQA de la construcción y el apoyo a la operación de la TMF, WSP E&I (ex Wood) realiza inspecciones y controles diarios de los frentes de construcción y operación, los cuales son reportados al departamento de Agua / Relaves y a la superintendencia de Recursos Hídricos Teck CdA, mediante el “Informe de Actividades y Controles Diarios” que se adjunta a un correo electrónico enviado al término de cada jornada laboral, así como en tiempo real, a través de encuesta diaria on line del sistema DTMS (ver ítem 2.5.7). Las inspecciones incluyen, pero no se limitan, a:

- 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 (macrodensidad, anillo de 2 m de diámetro) realizados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de Terreno a cargo de la fundación Invecc, cada 200.000 m<sup>3</sup> de relleno masivo colocado 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) y topográficos para espesor y ancho de capas realizados por CQA WSP E&I (Ex Wood);
- Instalación de geosintéticos en la cara aguas arriba de los muros, piscinas, sistemas de captación y conducción de drenajes;
- 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 (drenajes);
- Instalación y monitoreo de instrumentación geotécnica; y
- Respaldo fotográfico.

Asociadas al seguimiento operacional del Depósito, WSP E&I (Ex Wood) realiza inspecciones diarias que incluyen:

- Control de la elevación de la laguna de aguas claras y determinación de la revancha hidráulica;
- Control de la elevación del relave en contacto con el muro y /o terreno natural, para con la descarga operativa y determinación de la revancha operacional;

- Control y registro del caudal de filtraciones (afloramientos y drenajes); y
- Control y registro de puntos de descarga operativos.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito, el supervisor de control de calidad geotécnico de WSP E&I (ex Wood) realiza una (1) vez al día / personal de Teck CdA (operadores de relaves) realizan tres (3) veces al día, un recorrido general de las instalaciones, reportando en tiempo real cualquier desviación al departamento de Agua y Relaves Teck CdA. En el caso de WSP E&I (ex Wood) dicha reportabilidad queda registrada mediante “Informe de Actividades y Controles Diarios” y en el caso de Teck CdA queda registrada mediante los formularios de inspección sugeridos en el manual OMS.

### 2.5.2. Inspecciones semanales

Asociadas al seguimiento operacional del Depósito, WSP E&I (ex Wood) realiza inspecciones semanales las que incluyen:

- Control y registro de las lecturas piezométricas, y
- Control y registro de variables físico – químicas del agua de la laguna, afloramientos y drenajes.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, de manera semanal el personal de WSP E&I (ex Wood) realiza una inspección detallada del tipo caminata de uno (1) o dos (2) de los muros que conforman la TMF. Las inspecciones, que se realizan a pie, quedan registradas en formularios específicos, idénticos a los utilizados durante la presente inspección AFPR 2023, y que se presentan en los Anexos D1 a D7, los cuales a partir del próximo periodo, serán recolectados en el frente de inspección, mediante Ipad destinado, para alimentar en tiempo real las bases de datos históricas de monitoreo Teck corporativo (proyecto Centinela). Estas inspecciones incluyen pero no se limitan a:

- 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; e
- Instrumentación.

### 2.5.3. Inspecciones mensuales

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

- Control batimétrico y levantamiento de Playas;
- Actualización del Balance de Agua;
- Rescate de los datos almacenados en los acelerógrafos;
- Reporte Mensual Operacional; y
- Reporte Mensual de Desempeño.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de WSP E&I (ex Wood) completa mensualmente una inspección detallada (a pie) de todos los muros, según lo descrito en el ítem 2.5.2, las que se documentan en formularios específicos idénticos a los utilizados durante la presente inspección AFTR 2023, y que se presentan en los Anexos C1 a C7, los cuales, a partir del próximo periodo serán levantados en tiempo real directamente a los servidores Teck corporativo, mediante el llenado de los formularios a través de Ipad destinado.

### 2.5.4. Inspecciones trimestrales

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

- Reporte de Estabilidad Geotécnica Corporativo.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de WSP E&I (ex Wood) realiza una inspección trimestral que incluye:

- Nivelación de los monolitos para control de asentamientos en todos los muros;

### 2.5.5. Inspecciones anuales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, el Ing. Sr. Luis Gonzalez Caro, M. Sc., Ingeniero de Registro, WSP E&I (ex Wood), Santiago de Chile, realiza una inspección anual denominada:

- Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves, AFPR (por sus siglas en inglés).

El detalle de los hallazgos relativos al inspección AFPR 2023, se pueden encontrar en el capítulo 7.0.

### 2.5.6. Inspecciones quinquenales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal experto externo a la TMF, debe realizar una revisión cada cinco (5) años de acuerdo con la más alta clasificación de consecuencias de alguno de los muros que constituyen el depósito de Relaves Teck CdA, denominada:

- Revisión de Seguridad del Depósito (DSR, por sus siglas en inglés).

El último DSR se realizó el año 2018 (Arcadis, ACL) y el detalle de la declaración (statement), así como el plan de acciones específicas ante sus recomendaciones se pueden encontrar en el capítulo 8.8. El próximo DSR se realizará durante el 2023, al quinto (5°) año, de acuerdo a lo programado.

### 2.5.7. En tiempo real

Teck CdA se encuentra en las etapas finales de la habilitación del Sistema Digital para la Gestión de Relaves (DTMS, por sus siglas en inglés), el objetivo de este proyecto es crear un ambiente digital centralizado, integrado y semi automático para ejecutar, gestionar y documentar las actividades relacionadas al manejo de relaves en Teck CdA. Este proyecto reemplaza al proyecto TAPD 2017 (Aplicación de tecnología a la TMF, del año 2017), y según lo programado deberá estar totalmente implementado en Teck CdA el Q1 del año 2023.

### 2.5.8. Post Evento

Para las inspecciones de seguridad post evento se utilizará el documento específico “Formulario de Inspección Post Evento, Situación Depósito de Relaves” (ver Figura 2-16). Del mismo modo que para las inspecciones diarias y semanales, a partir del próximo periodo las inspecciones post evento serán levantadas en tiempo real directamente a los servidores Teck corporativo al recolectar los datos, mediante Ipad destinado. Estas inspecciones deben realizarse después de ocurrido un evento extraordinario como:

- Sismo > 4,0 (Mw), y según la distancia del epicentro respecto de la TMF que se indican en la tabla 11-1, del Manual OMS\_R5, WSP E&I (ex Wood);
- Lluvia > 20 mm/d;
- Viento fuerte;
- Explosión; y
- Otra condición inusual (por ejemplo, nieve).

Durante el período se realizó una inspección post evento, posterior a la tormenta de lluvia y nieve que se prolongó entre el 09 y el 16 de julio de 2022 (ver capítulo 8.5.2.3).

Figura 2-16: Ficha de Inspección Post Evento (ref. manual OMS\_R5, WSP E&I).

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">Teck</span> <span style="text-align: center;"> <b>Ficha de Inspección Post Evento</b>                      Situación Depósitos de Relaves                 </span> <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">WSP</span> </div>				<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span></span> <span style="text-align: center;"> <b>Ficha de Inspección Extraordinaria</b>                      Situación Depósitos de Relaves                 </span> <span style="font-size: 24pt; font-weight: bold;">WSP</span> </div>			
Empresa: <u>Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo</u> Nombre de Faena: <u>Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo</u> Nombre, RUT, Email y Dirección del Representante Legal: <u>Manuel Ronaldo Novoa Villegas; 9.516.897-3;</u> Camino a Chepiquilla S/N, Andacollo; manuel.novoa@teck.com Nombre del depósito de relaves: <u>Depósito Relaves Carmen de Andacollo</u>		Este: <u>297.500</u> Norte: <u>6.650.000</u> Datum: <u>PSAD 56</u>					
Ubicación (región, provincia, comuna): <u>Coquimbo, Elqui, Andacollo</u> Tipo de depósito: <input checked="" type="checkbox"/> Embalse <input type="checkbox"/> Tranque <input type="checkbox"/> Filtrado <input type="checkbox"/> Espesado Activo: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Método de Construcción: <input type="checkbox"/> Aguas arriba <input checked="" type="checkbox"/> Aguas Abajo <input type="checkbox"/> Eje Central		Teléfono contacto: _____ Fecha: _____ Altura Muro: _____ (m) Cota muro de partida: <u>1.075,00</u> (m.s.n.m) Ángulo de talud externo: <u>1,8</u> grados Pendiente muro (H:V): <u>1,6 / 1</u>					
ESTADO GENERAL DEL DEPÓSITO DE RELAVES							
<b>Muro</b> Estado de saturación: <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Saturado Carcavas: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Profundidad: _____ (m) Impermeabilización aguas arriba muro: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Largo: _____ (m) HDPE espesor (mm): _____ Detalle: de cada muro Altura de revancha de cada muro: <input type="checkbox"/> Cumple <input type="checkbox"/> No cumple Muro1 (MN): _____ (m) Muro2 (MNO): _____ (m) Muro3 (BS): _____ (m) Muro4 (MO): _____ (m)		Foto Foto					
Pie del Talud: <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> Socavamiento Estado Coronamiento: <input type="checkbox"/> Seco <input type="checkbox"/> Saturado Ancho: _____ (m) Observaciones: (presencia de grietas, erosión, filtraciones, carcavas, etc.)		Foto Foto					
<b>Laguna de Aguas Claras</b> Ubicación respecto al muro: <input type="checkbox"/> < 100 mts <input type="checkbox"/> > 100 m <input type="checkbox"/> _____ metros Área de la Laguna: _____ (m <sup>2</sup> ) Longitud playa: _____ (m) Funcionamiento Bombas: <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Sin Funcionar Observaciones (Sistema eléctrico Normal / Generador - Agua Sobrenadante):		Foto					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <span></span> <span style="text-align: center;">                         Nombre Responsable Minera: <u>Manuel Novoa Villegas</u>                          _____                          Firma                     </span> </div>							

### 3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2022

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

Desde el 12 de julio de 2015, los datos de precipitación corresponden a los rescatados en la estación Andacollo (Collowara), publicados por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), [www.ceazamet.cl](http://www.ceazamet.cl), ver Figura 3-3, nota 5.

Durante el año 2022 se registró una precipitación acumulada de 183 mm, lo que equivale a un 878 % más que el año 2021 y representa un 29 % más que la media histórica de 141,7 mm, para estadísticas desde 1963 hasta 2017, en la estación meteorológica Tenencia Andacollo.

Respecto de la evaporación medida en tanque tipo A, esta alcanzó los 1.596 mm para los mismos 12 meses (4,38 mm/día en promedio) lo que equivale a un 20% menos que el año 2021 y a un 7% menos que la media anual histórica de 1.724 mm, para estadísticas desde 2014 hasta 2017, en la estación meteorológica Andacollo.

Tal como se indicó anteriormente, puede apreciarse que existe un balance negativo importante, esto implica que se debe realizar un adecuado manejo del depósito para minimizar las pérdidas por evaporación desde playas y laguna. Para ello, siempre es recomendable mantener ciclos de descarga adecuados que minimicen las pérdidas por resaturación de playas. Se deben evitar las descargas simultáneas, ya que esta forma de operación no está contemplada dentro de los criterios de diseño de la TMF.

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

Figura 3-1: Esquema Principales Flujos (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA).

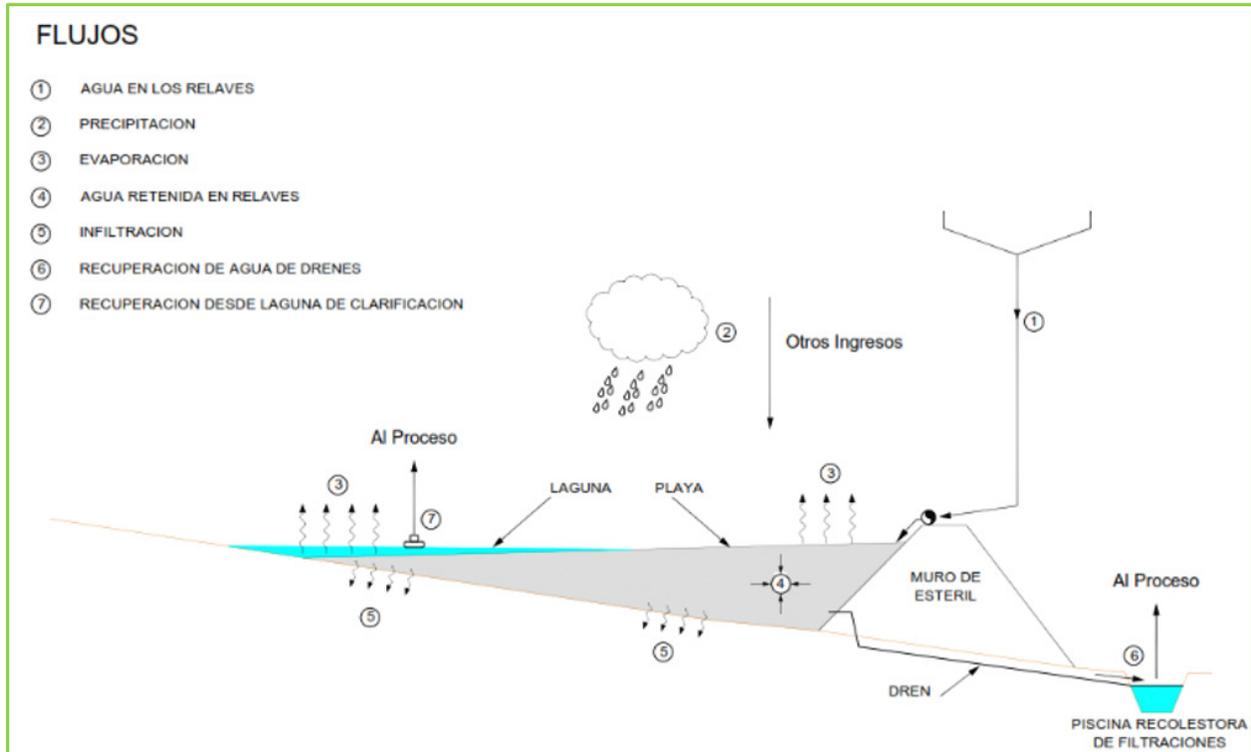
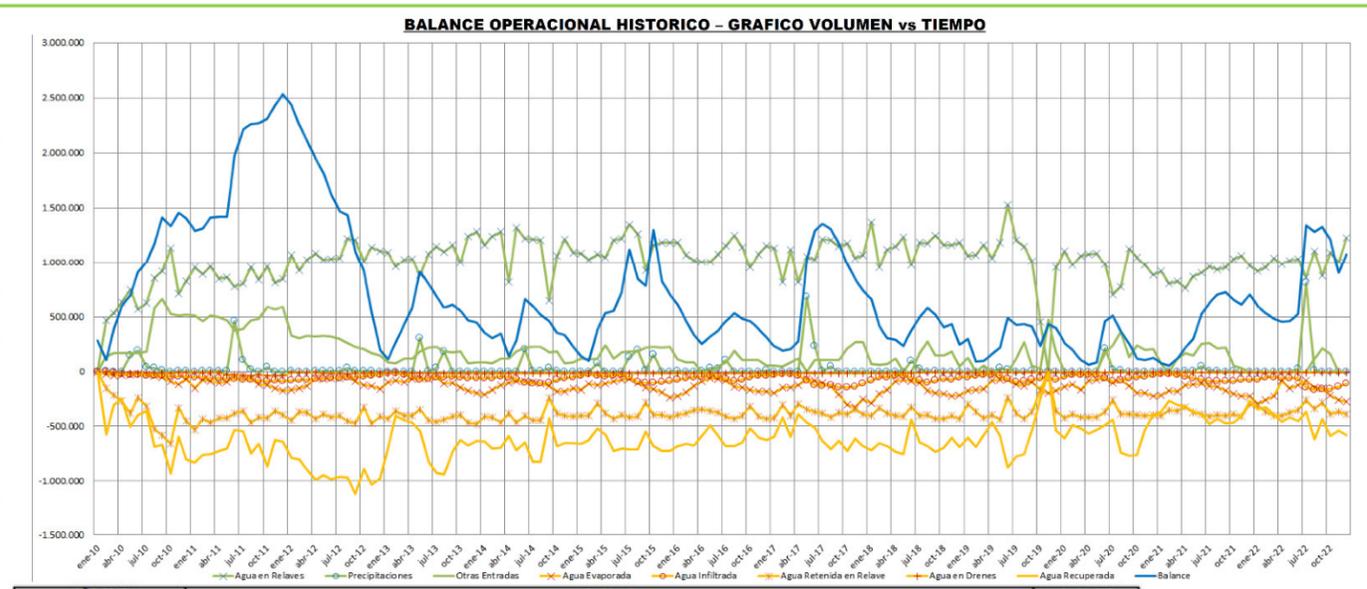


Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2022 (Histórico 1 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA).

AÑO 2010													[m3/año]
Entrada / Salida	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	Total
Agua en Relaves	467.560	535.663	632.384	747.667	570.103	623.815	855.936	919.752	1.134.082	710.980	826.937	8.024.870	8.024.870
Precipitaciones	0	0	0	0	143.155	188.202	40.004	33.074	10.158	0	1.203	2.412	418.483
Agua Evaporada	25.242	36.300	33.990	28.432	21.118	22.087	36.087	54.187	87.619	114.561	66.487	526.110	526.110
Agua Infiltrada	4.271	13.532	21.449	29.916	34.645	36.479	41.146	40.839	43.524	44.851	48.599	359.252	359.252
Agua Retenida en Relave	153.947	220.305	264.993	384.523	238.262	316.427	521.859	580.374	663.961	332.241	456.779	4.133.671	4.133.671
Agua en Drenes	5.457	9.327	17.980	17.299	17.780	16.691	15.472	14.337	14.723	13.699	14.001	156.765	156.765
Agua Recuperada	576.285	301.622	248.400	504.552	398.520	362.571	686.520	666.648	930.412	598.212	806.520	6.080.262	6.080.262
Otras Entradas	137.500	170.500	165.000	170.500	168.000	168.000	168.000	168.000	168.000	168.000	168.000	1.680.000	1.680.000
<b>Balance</b>	<b>282.990</b>	<b>101.473</b>	<b>386.429</b>	<b>597.001</b>	<b>693.602</b>	<b>909.582</b>	<b>1.065.147</b>	<b>1.179.074</b>	<b>1.412.598</b>	<b>1.333.442</b>	<b>1.452.060</b>	<b>1.405.523</b>	



AÑO 2018													[m3/año]
Entrada / Salida	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	Total
Agua en Relaves	1.366.499	956.962	1.118.390	1.149.141	1.234.604	973.284	1.181.874	1.177.063	1.245.097	1.162.493	1.163.760	1.184.444	13.913.603
Precipitaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agua Evaporada	287.979	205.006	166.003	86.952	74.635	91.683	104.678	175.649	197.917	206.258	228.366	220.223	2.045.550
Agua Infiltrada	83.086	55.410	52.371	37.422	35.925	56.152	85.568	100.278	83.406	69.778	71.391	56.964	787.750
Agua Retenida en Relave	402.356	331.296	379.876	405.094	411.625	326.231	401.527	394.397	432.123	433.725	401.752	430.315	4.750.310
Agua en Drenes	16.717	14.821	16.495	15.927	16.459	14.815	13.781	13.865	13.463	13.420	13.393	13.692	176.853
Agua Recuperada	719.589	653.259	684.422	734.572	754.414	441.885	645.588	685.555	729.534	697.923	605.427	691.621	8.043.790
Otras Entradas	67.066	60.576	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	67.066	1.276.650
<b>Balance</b>	<b>660.988</b>	<b>418.745</b>	<b>305.830</b>	<b>289.586</b>	<b>230.931</b>	<b>373.373</b>	<b>500.142</b>	<b>582.153</b>	<b>516.037</b>	<b>406.474</b>	<b>430.204</b>	<b>248.418</b>	

Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2022 (Histórico 2 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA).

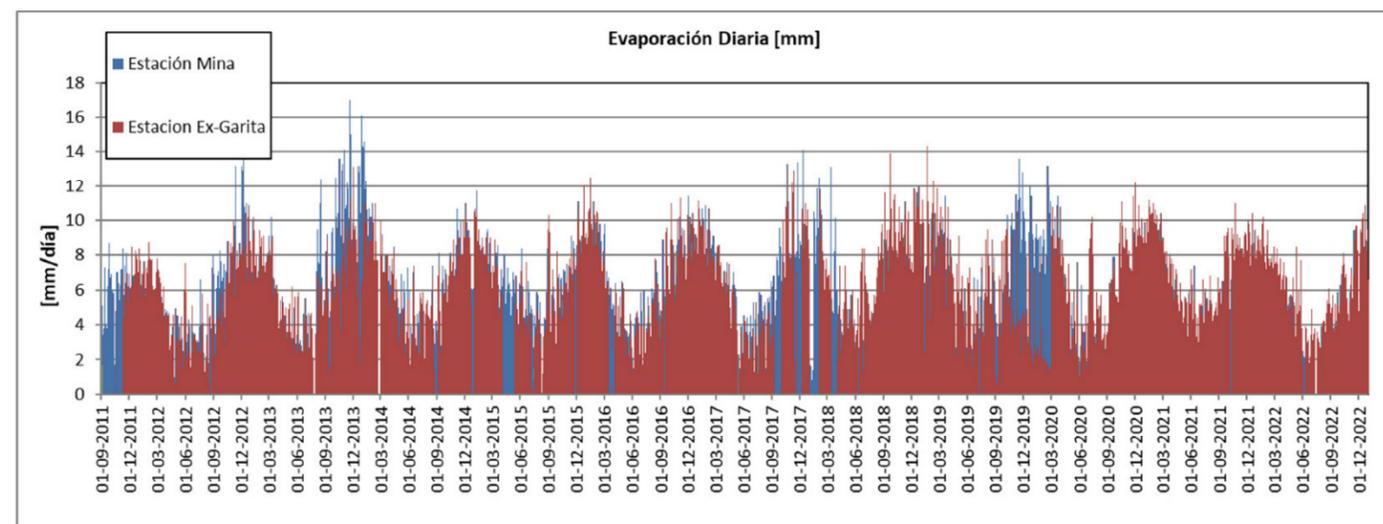
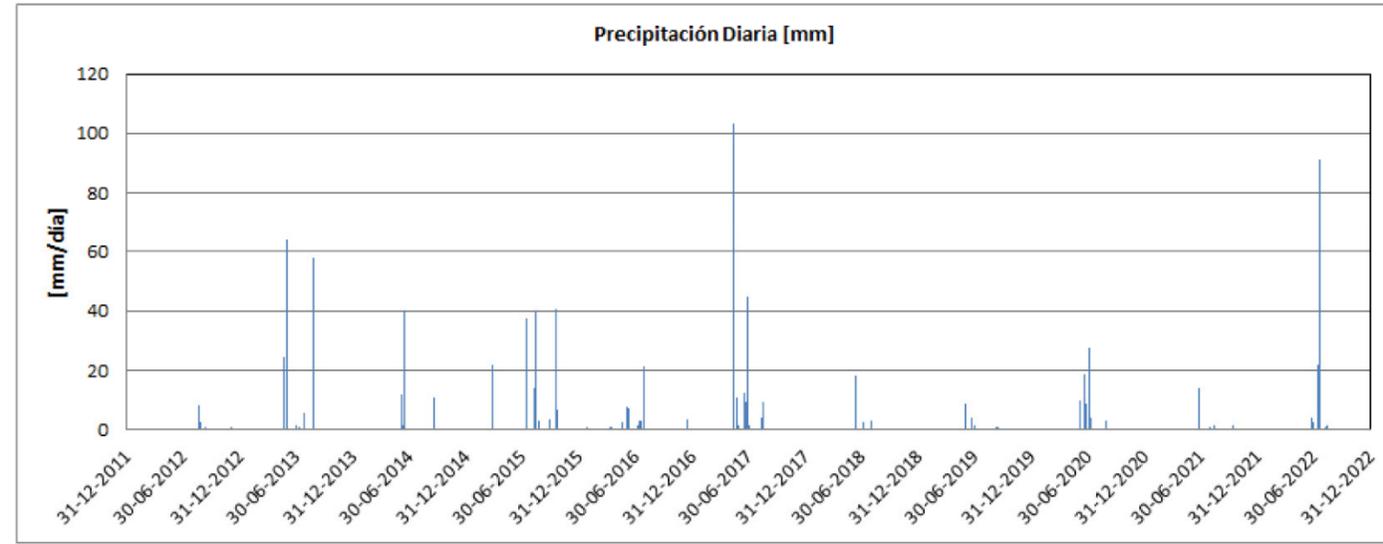
NOTAS:

- 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 2011 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.ceazamet.cl](http://www.ceazamet.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:  

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

donde:  
 $S_{lac}$ : Superficie de Laguna [m<sup>2</sup>];  
 $P_{bl}$ : 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 claras, 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,



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

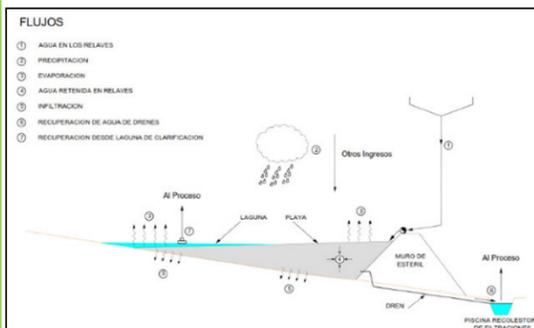
MES	mm/mes
Enero	0,1
Febrero	0,0
Marzo	1,8
Abril	4,9
Mayo	15,5
Junio	35,9
Julio	50,8
Agosto	24,8
Septiembre	5,9
Octubre	3,0
Noviembre	1,3
Diciembre	0,0
Total Anual	139,2

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

ENSAYO CILINDROS CONCENTRICOS  
DETALLE DE INFILTRACION  
TABLA 4

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		



### 3.2. Almacenamiento de la CMP

El depósito de relaves de Teck CdA para las etapas de crecimiento E4, E5 y E6, puede almacenar holgadamente la crecida producto de un evento de PMP con una duración de 3 días, estimada mediante el método de Stowhas (presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)), donde la  $PMP_{24h} = 444$  mm, y la  $PMP_{3d} = 809$  mm, valores que WSP E&I (ex Wood) considera conservadores.

**Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del depósito de relaves vs volumen de crecida (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).**

Periodo retorno	Etapa de crecimiento TMF			Precipitación
	4	5	6	
	Volumen			
	[m3]			
[años]	Mínimo Embalse Disponible			[mm]
	8.700.000	10.600.000	14.700.000	
	Crecida			
$T_{50}$ (24h)	425.879	417.540	384.596	147
$T_{100}$ (24h)	510.765	506.606	467.924	166
$T_{200}$ (24h)	592.877	593.313	549.171	184
$T_{10.000}$ (PMP <sub>3d</sub> )	3.700.000	4.040.000	3.700.000	809

En las Figuras 3-4 a 3-6, se presentan los resultados gráficos del modelamiento para el almacenar la CMP, generado por la  $PMP_{3d}$ , así como por tormentas de 24 h y periodos de retorno  $T_{50}$  y  $T_{200}$  durante las etapas E4 a E6 de crecimiento de la TMF, contemplando el volumen máximo operacional de la laguna de aguas claras (650.000 m<sup>3</sup>), lo que se considera el escenario más desfavorable. Para todos los casos considerados se verifica la revancha operacional comprometida de 3 m, entre la playa de relaves en contacto con el muro y el coronamiento de este.

Como se puede apreciar en las mencionadas Figuras, el depósito de relaves Teck CdA puede contener de manera holgada y muy alejada de los muros, la laguna generada por los niveles de inundación producto de las tormentas de 24 h, para periodos de retorno de  $T_{50}$ ,  $T_{100}$  y  $T_{200}$ , los que, a juicio de WSP E&I (ex Wood) representan eventos de ocurrencia más probable durante el ciclo de la vida útil de la TMF.

Adicionalmente, para el caso de la CMP, en las Figuras 3-4 a 3-6 se destacan con franjas de color rojo, aquellos sectores que quedan en contacto con la laguna producto de la crecida almacenada. Para alejar la laguna de la cara aguas arriba de los muros, en el evento de almacenar la CMP durante la operación, se considera instalar descargas adicionales las que se muestran en la Figura 3-7 destacadas en color **violeta**.

Figura 3-4: Almacenamiento de la CMP<sub>3d</sub> y tormentas 24 h, T<sub>50</sub> y T<sub>200</sub> para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).

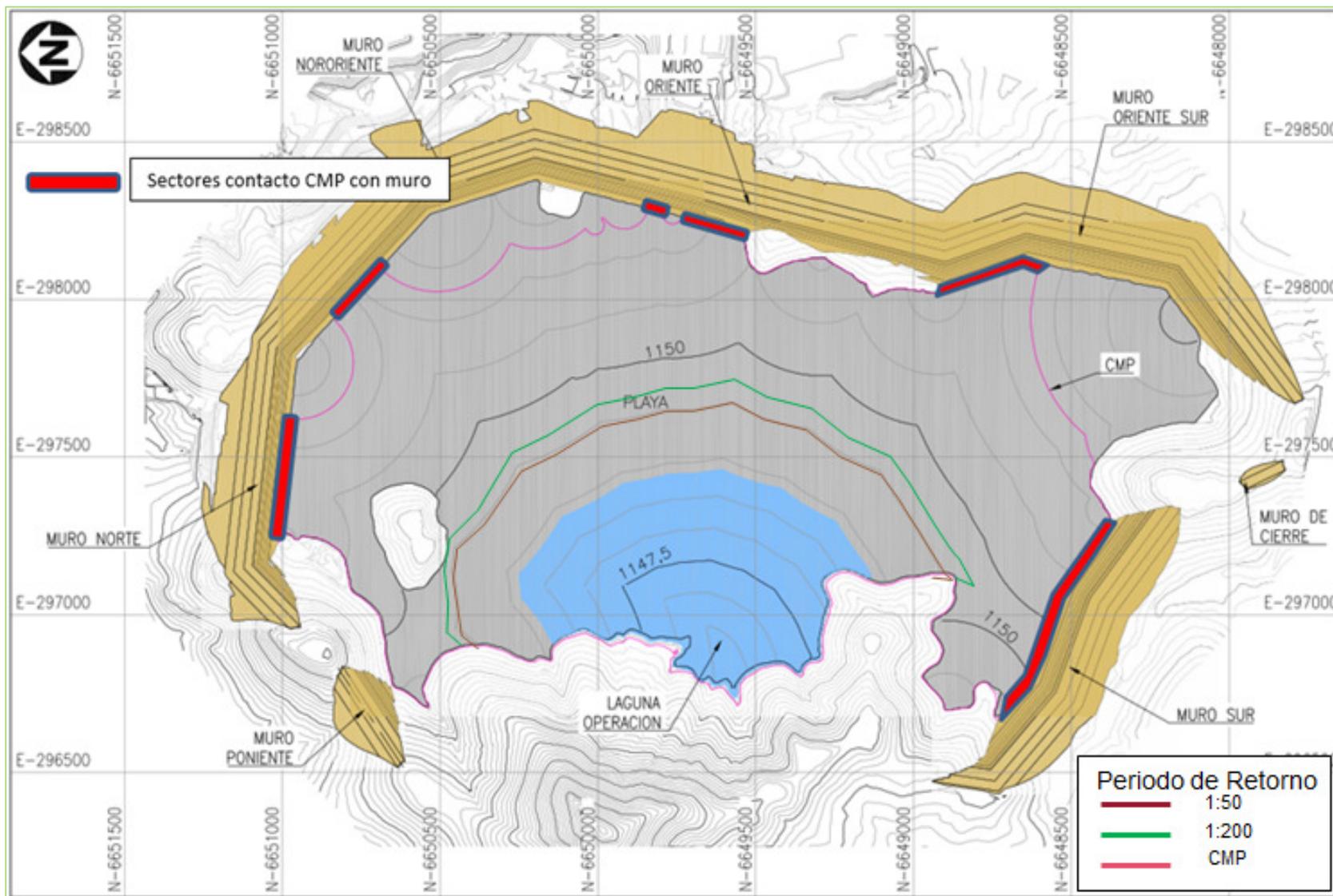


Figura 3-5: Almacenamiento de la CMP<sub>3d</sub> y tormentas 24 h, T<sub>50</sub> y T<sub>200</sub> para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).

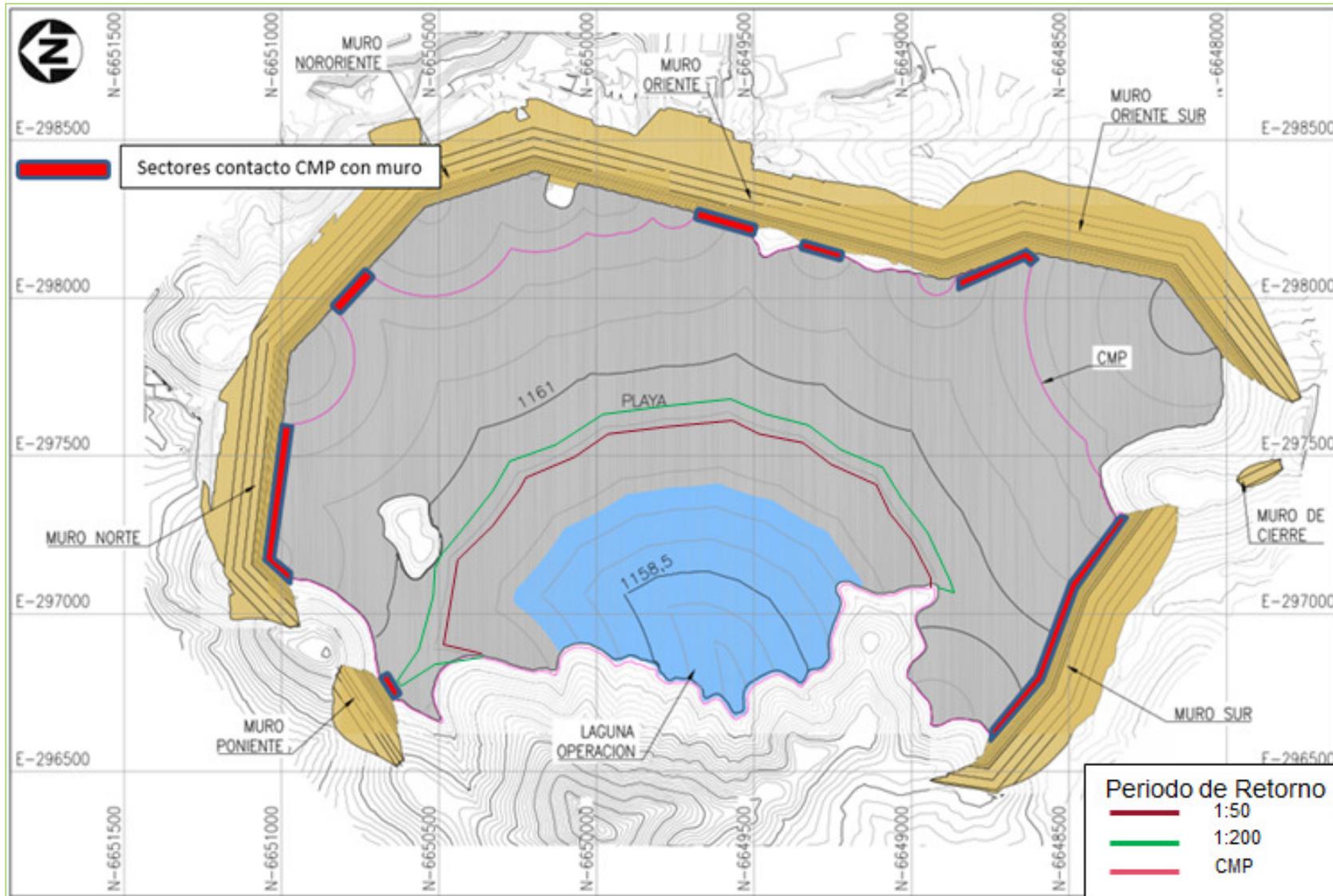


Figura 3-6: Almacenamiento de la CMP<sub>3d</sub> y tormentas 24 h, T<sub>50</sub> y T<sub>200</sub> para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m<sup>3</sup>, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).

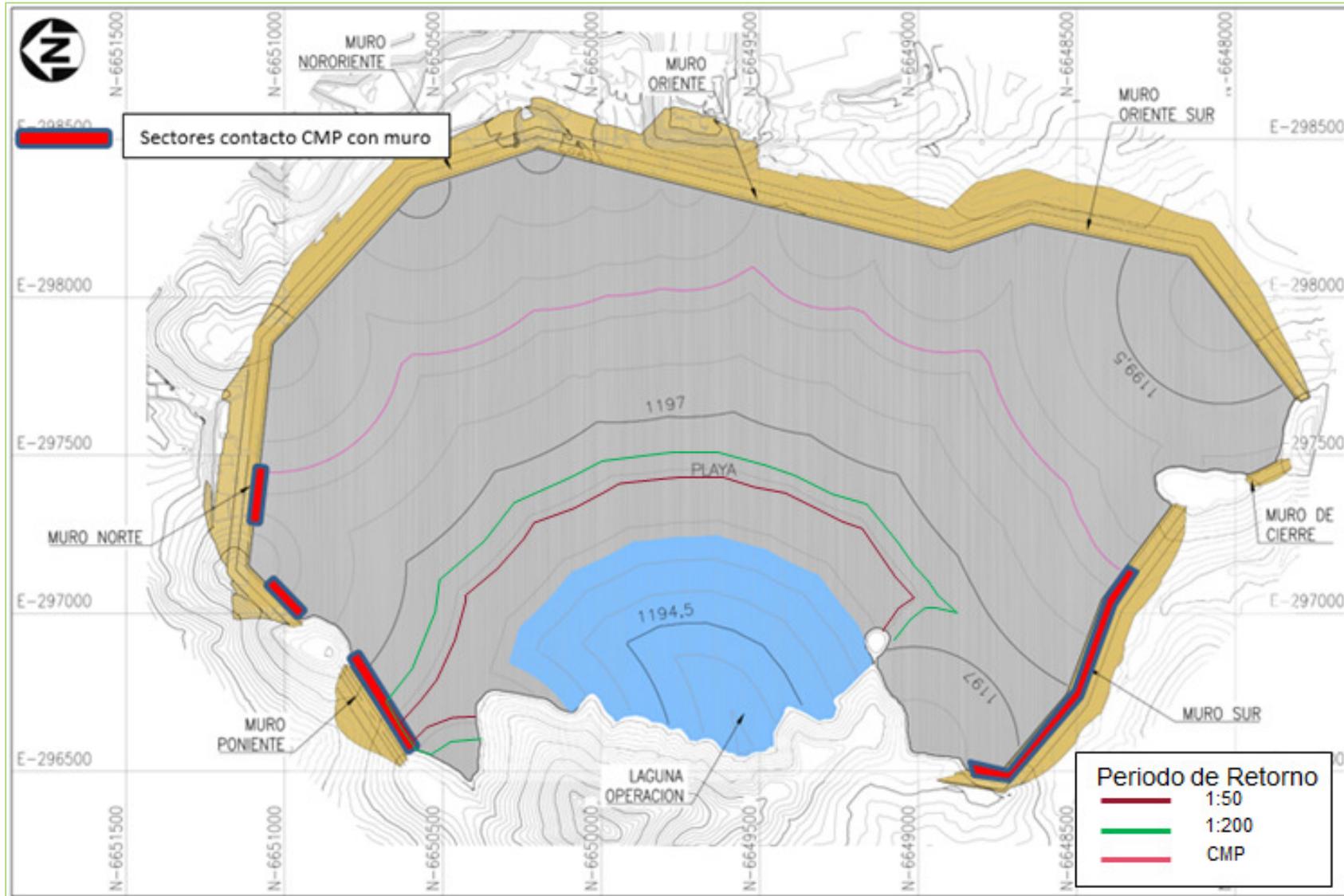
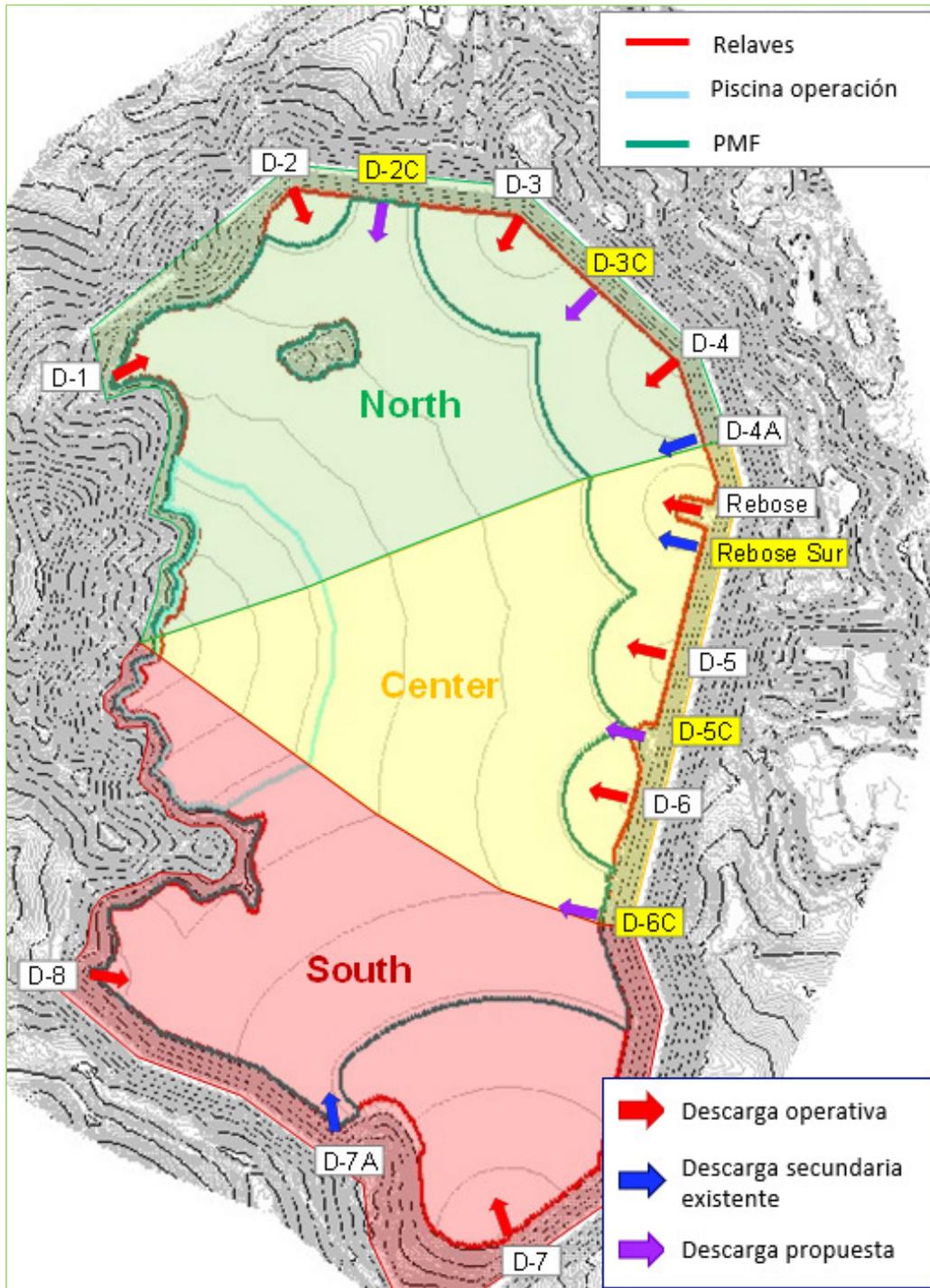
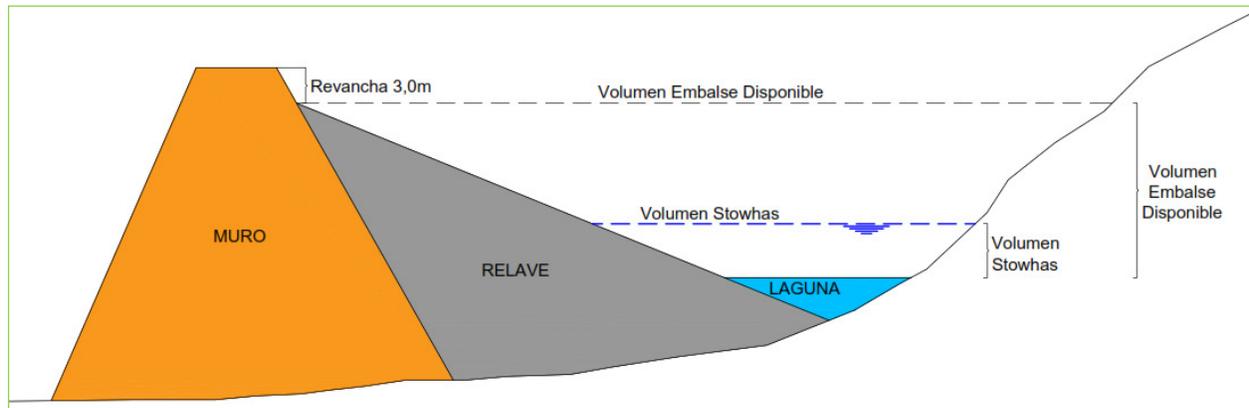


Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Actualización Plan de Llenado 2022, WSP E&I (ex Wood)).



En la Figura 3-8 (sin escala y solo a modo ilustrativo) se puede apreciar la sección referencial, respecto de la capacidad de acumulación del depósito de relaves y la CMP

**Figura 3-8: Almacenamiento de la CMP<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 Manejo de Crecidas 2019, WSP E&I (ex Wood)).**



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

Diariamente se monitorea el flujo de drenajes del sistema colector de filtraciones tanto aguas abajo del MNO (denominado Piscina El Churque, donde existen tres (3) cajones aforadores, ver Figura 3-15), como aguas abajo del MO y del MN en los cajones aforadores ubicados hacia el sur oriente del BS y aguas abajo del MN, respectivamente, en todos los casos el agua descargada se recupera y reutiliza en el proceso de la planta concentradora.

Adicionalmente, aguas abajo del muro oriente MO(S) se monitorea dos (2) veces al día el flujo de drenajes conducido hacia la pila ROM.

El resumen histórico de los flujos de agua registrados en el MNO se detalla en las Figuras 3-9 a 3-12, el punto alto que se aprecia para el año 2015 corresponde al terremoto 8,3 (Mw) 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 msnm.) sobre la cual no se encuentra impermeabilizada la cara del talud aguas arriba del muro, lo anterior queda claramente reflejado en la Figura 3-9, 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 se ve modificado por el evento del terremoto del 16S. A comienzos del año 2018, se reemplazó la placa aforadora del vertedero en V, como una mejora y por temas de mantenimiento, debido a filtración detectada en agosto de 2017.

Del mismo modo, a comienzos del año 2018, se regularizó 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 ejecutaron basados en el diseño Amec del

año 2010 (actualizado el año 2017) siguiendo con las observaciones tanto del GRB (reunión #3, año 2013) como del consultor de hidrogeología (WSP, octubre 2017) y al momento de escribir el presente informe se encuentran recibidos y protocolizados. Estos trabajos incluyeron el punto denominado CHQ Afloramientos (norte) (ex poza AFL), que capta y conduce las aguas descargadas en el sector de la cañería corrugada diámetro D: 1.000 mm que se implementó como obra temprana de la TMF.

Desde la fecha de regularización del sistema de medida para el aforador de drenajes del MNO a mediados de junio de 2018, los caudales totales que se registran en el sector El Churque han variado entre valores mínimos de 11,55 L/s hasta un máximo de 15,05 L/s. Se indica que al término del periodo el flujo total es de 13,21 L/s, sin variación respecto del flujo total al término del periodo anterior. Según muestra la Figura 3-9, se puede apreciar un flujo en general decreciente los últimos años, pero que se estabiliza desde mediados de 2022 en torno a 3,8 L/s, un 10% menor que el flujo con que finalizó el periodo anterior, esto se puede explicar dado las extensas playas de relaves que se verificaron durante todo el periodo.

La Figura 3-10 muestra la evolución en el tiempo de los flujos de afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO, hoy denominados CHQ Afloramientos (sur), los que hasta comienzos del año 2018, se medían mediante un método indirecto, y cuyo sistema de aforo se encuentra regularizado desde el Q1 del año 2018. A diferencia de lo que se observa en el comportamiento de los drenajes del MNO (ver Figura 3-09), se puede apreciar que se mantiene el comportamiento estable y constante que estos afloramientos presentan desde los periodos anteriores, para mediados de año mostrar un leve aumento, el que podría atribuirse a las intensas precipitaciones caídas en el sitio durante julio de 2022, para luego finalizar el año con un leve caída en el flujo. Al término del periodo presenta un flujo constante en torno a los 4,42 L/s un 5% menor respecto del año 2021.

La Figura 3-11 muestra el flujo histórico del punto de afloramiento hoy denominado CHQ Afloramientos (norte), que comenzó a medirse de manera indirecta a partir de mayo del año 2017, y cuyo sistema de aforo, al igual que en el caso de los afloramientos descritos en el párrafo anterior, se encuentra regularizado desde comienzos del año 2018. A diferencia de los dos casos anteriores, este gráfico presenta mayor una dispersión de los valores medidos durante el periodo, alcanzando al finalizar el año un flujo de 5,00 L/s, un 10% más que el período anterior, con un leve aumento en el caudal a partir de mediados del año 2022, lo que se puede atribuir a las intensas precipitaciones caídas en el sitio durante julio y a la posterior descarga en el depósito del agua proveniente del dewatering del rajo el que se encontraba inundado por dicha tormenta (9 @ 16 de julio, 2022).

Debido a lo anterior, entre el 09 de Agosto y el 21 de Octubre de 2022, se descargaron en el depósito ~509.000 m<sup>3</sup> de agua con bajo pH, proveniente del bombeo del agua acumulada en el fondo del rajo de la mina. La descarga se realizó de manera controlada, y finalmente se descargó un 45% por sobre el volumen estimado originalmente (~ 350.000 m<sup>3</sup>). Tal como ha ocurrido en otra oportunidad (año 2019) la descarga se realizó desde la posición de la D3 hacia la TMF. En

opinión de WSP E&I, la posición relativa de la D3, respecto del punto de afloramiento CHQ Afloramientos (norte), ambos en el entorno al cerro Arenas, influye en el comportamiento de dicho afloramiento, lo que podría explicar también el aumento en el flujo medido en el sistema de aforo durante el segundo semestre de 2022, ya que previo a la construcción de la TMF, la quebrada El Churque recibía aporte desde la ladera sur del Cerro Arenas, según se puede apreciar en las Figuras 3-13 y 3-14, que es donde se emplazan la descarga D3.

Para el caso de la Figura 3-12, que muestra el flujo de agua total del sector El Churque (la suma aritmética de los flujos presentados en las Figuras 3-9 a 3-11) las líneas verticales de color verde, representan la ocurrencia de los sismos 16S de 2015 y 19E de 2019, respectivamente.

Las Figuras 3-15 y 3-16, muestra las mejoras realizadas en el sector El Churque y que 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 3-9: MNO, Caudal Sistema de Drenajes, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

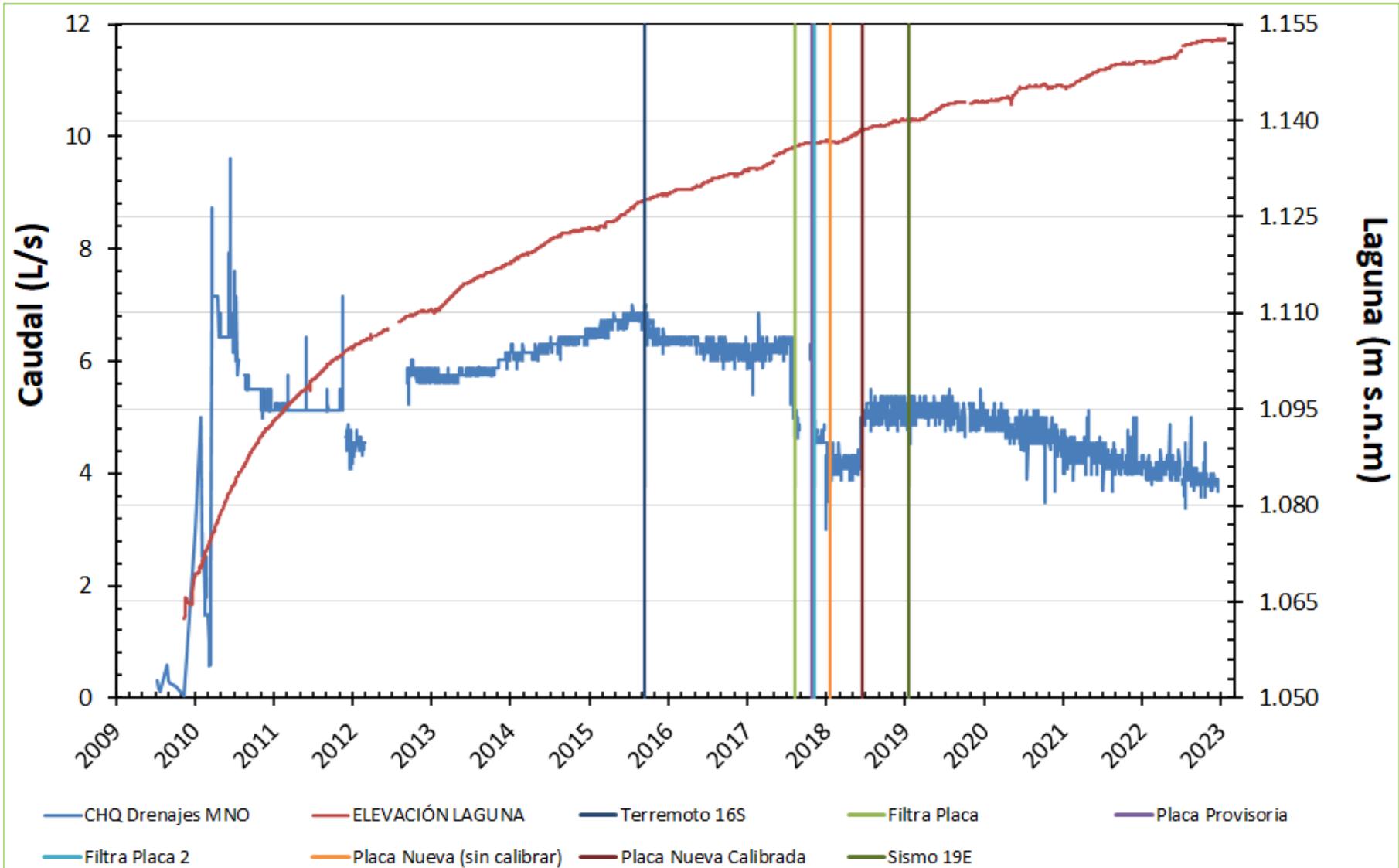


Figura 3-10: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (sur) (ex afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

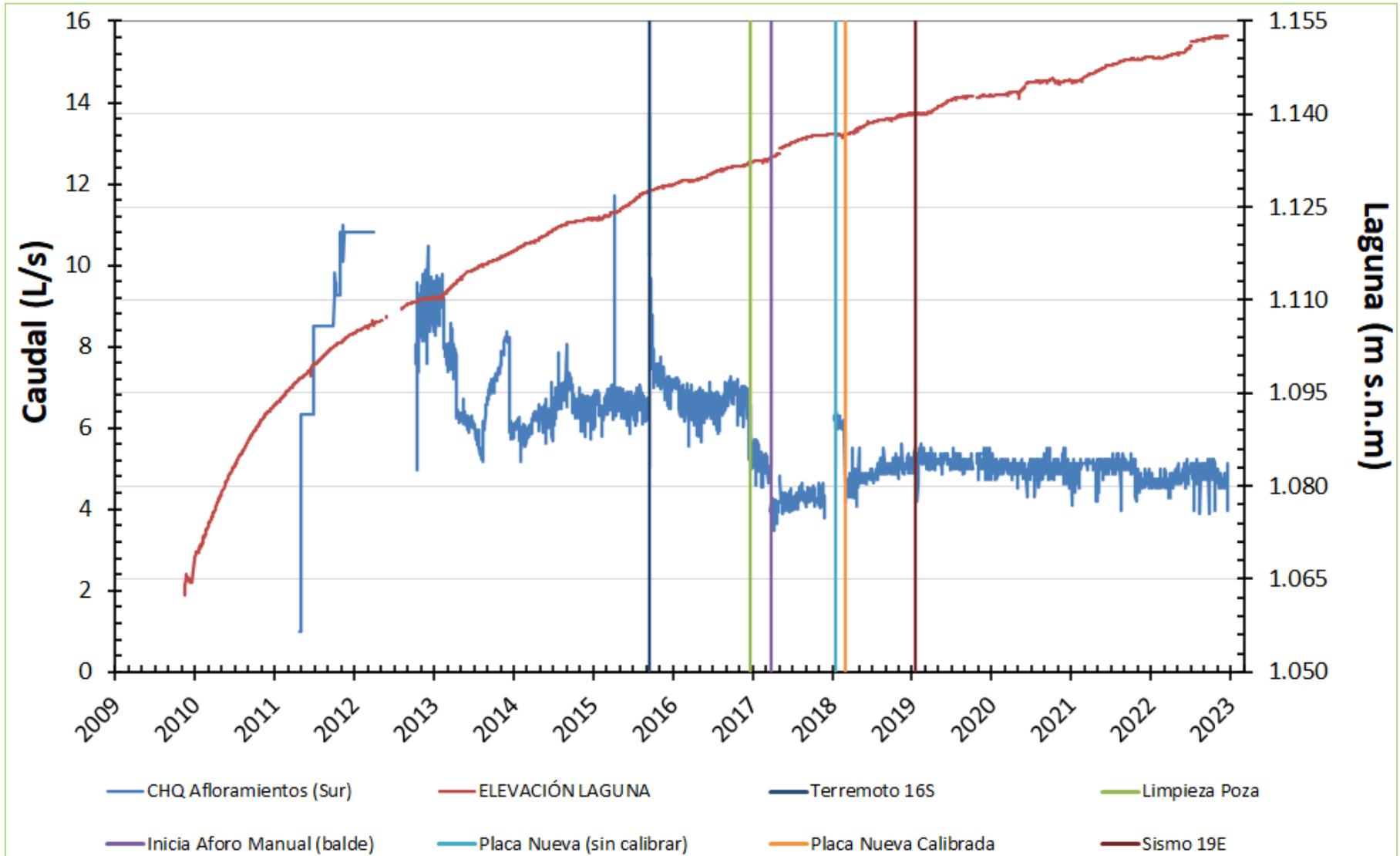


Figura 3-11: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

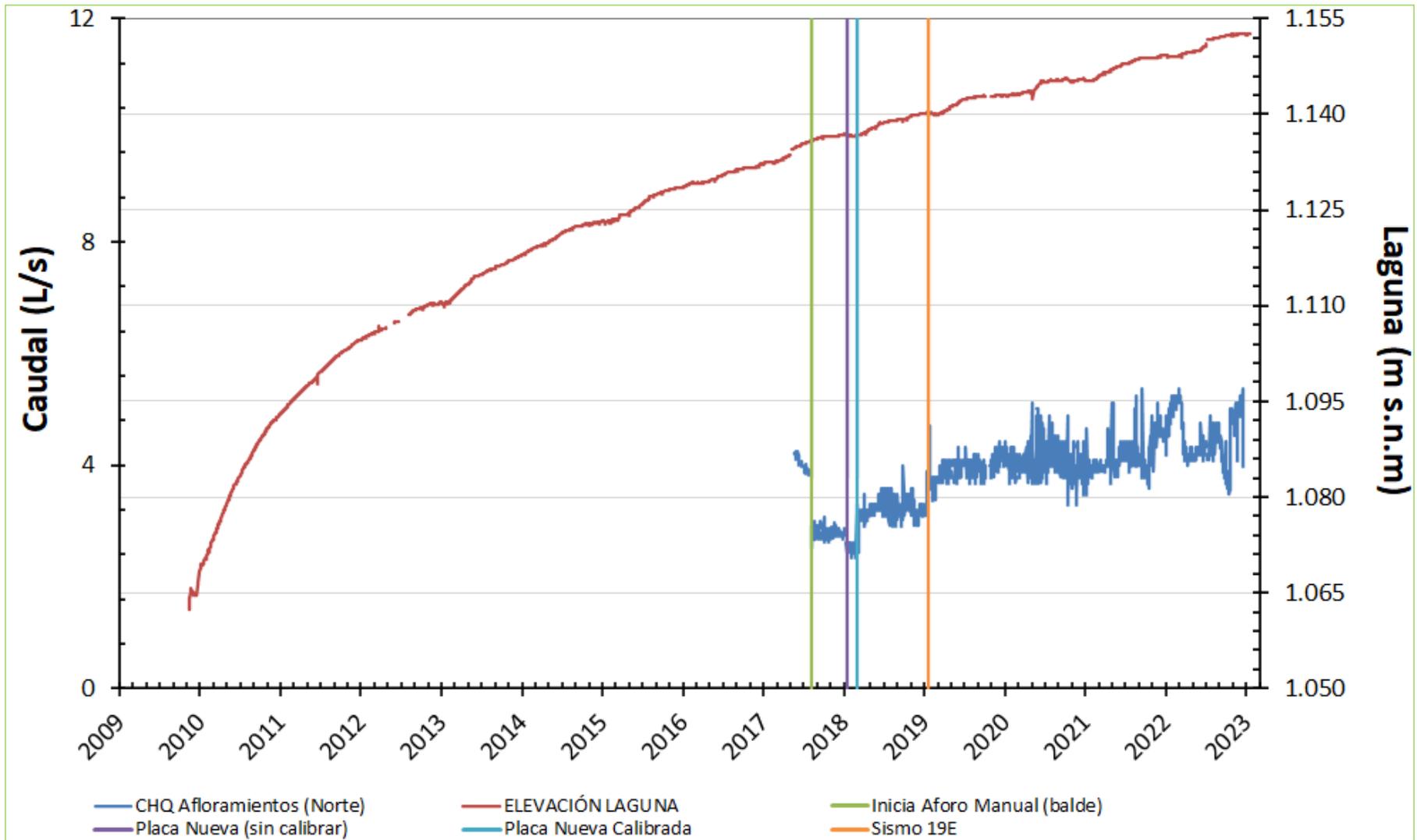


Figura 3-12: MNO, Caudal Total sector El Churque, Drenajes + CHQ Afloramientos (norte y sur), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



Figura 3-13: Posición Relativa Descargas MN, respecto del CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación con Depósito (ref. Google Earth, WSP E&I).



Figura 3-14: Posición Relativa Descargas MN, CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación sin Depósito (ref. Google Earth, WSP E&I).



Figura 3-15: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles (ref. plano E40165-840-R-PL-030.000\_RC, WSP E&I).

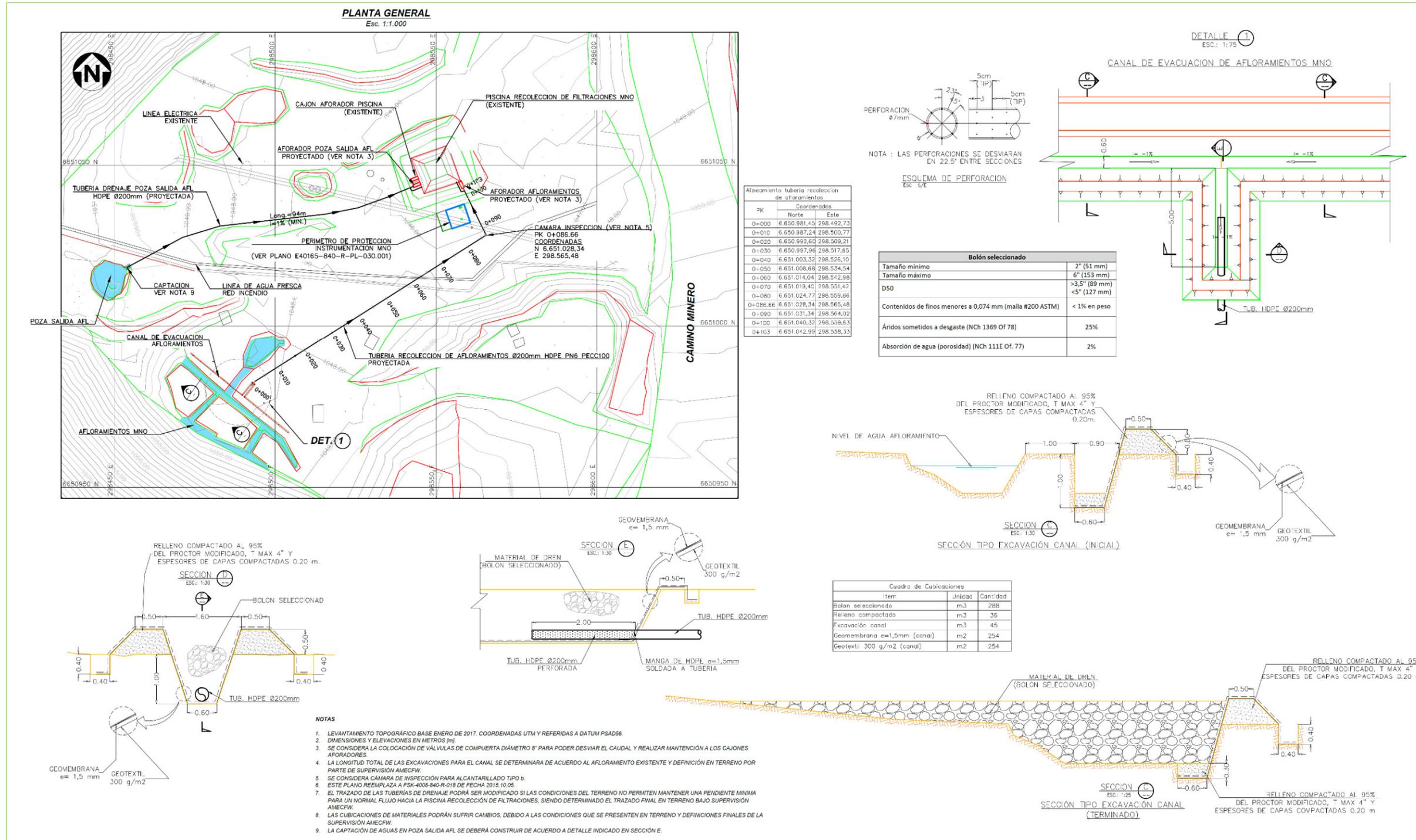
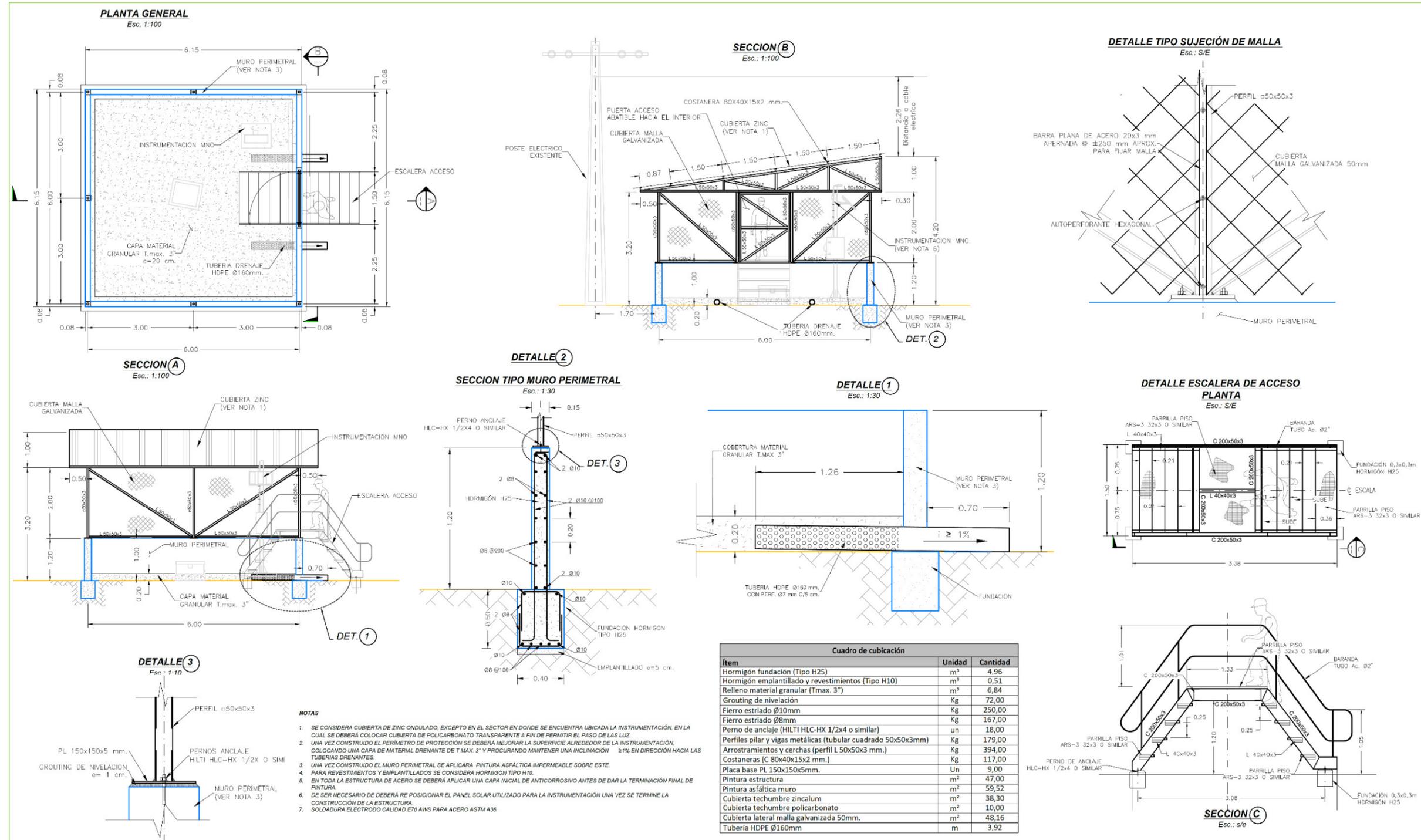


Figura 3-16: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación (ref. plano E40165-840-R-PL-030.001\_RC, WSP E&I).



## **4.0 RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2022**

### **4.1. Lecturas Piezométrica 2022**

Para el detalle de la historia del montaje y la ubicación de los piezómetros existentes y proyectados ver Anexo B: Piezómetros Instalados y Proyectados.

#### **4.1.1. Lecturas Piezómetros MN**

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-6, B-4 (Anexo B) y B-5 (Anexo B).

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 sus lecturas están por debajo de la cota de la elevación instrumental, lo que indica que no hay nivel de agua en el relleno de la estructura contenedora, por lo que no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF.

Del mismo modo, dichos piezómetros no presentan actividad al momento de activarse los afloramientos relacionados con la operación de las descargas D2 / D3, ni tampoco ante la ocurrencia de precipitaciones, (ver capítulo 8.4.2.1).

**Figura 4-1: MN; Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**

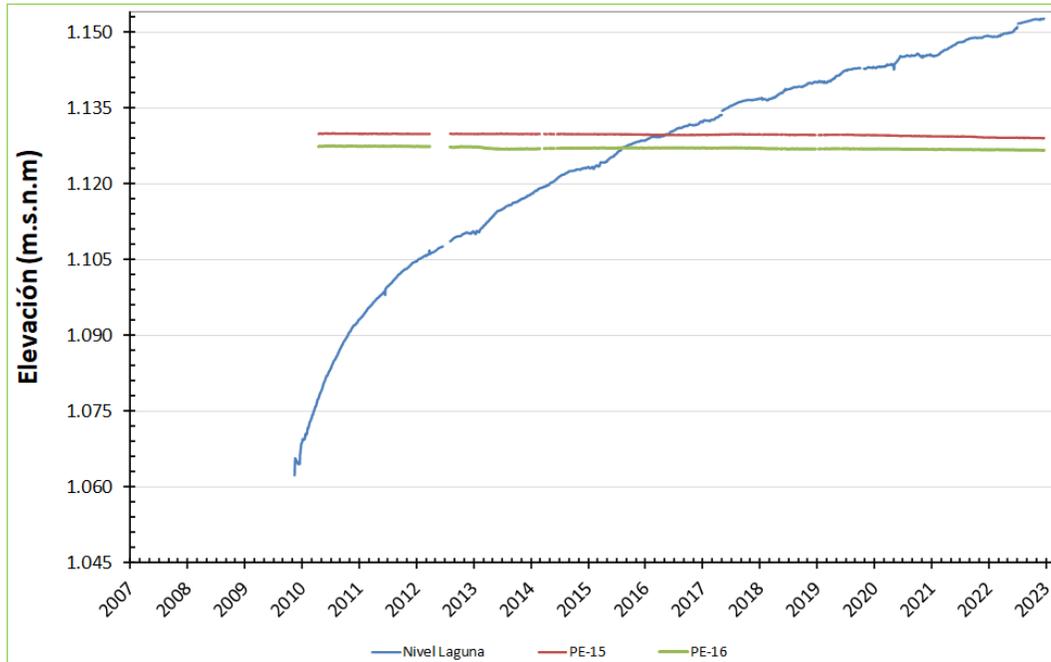


Figura 4-2: MN, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

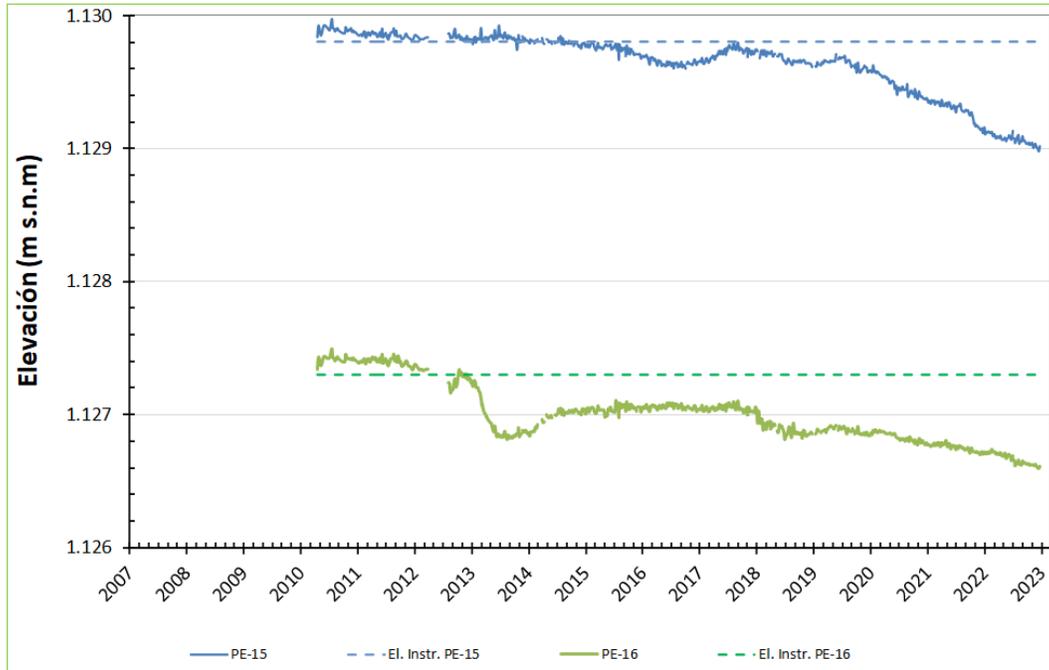


Figura 4-3: MN, Grafico Piezométrico PE – 015 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

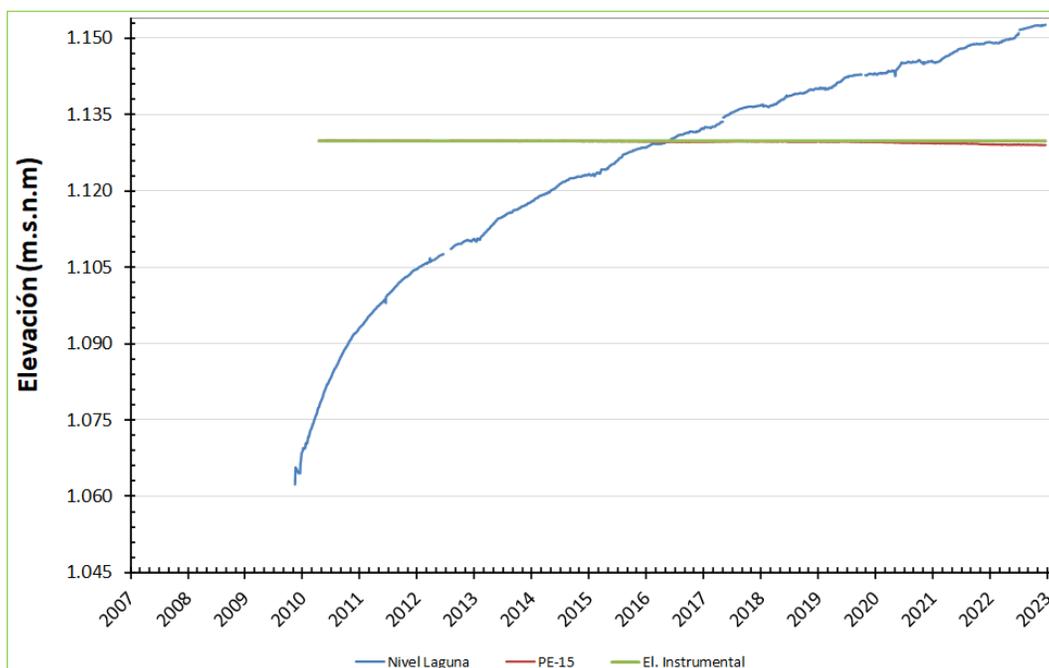
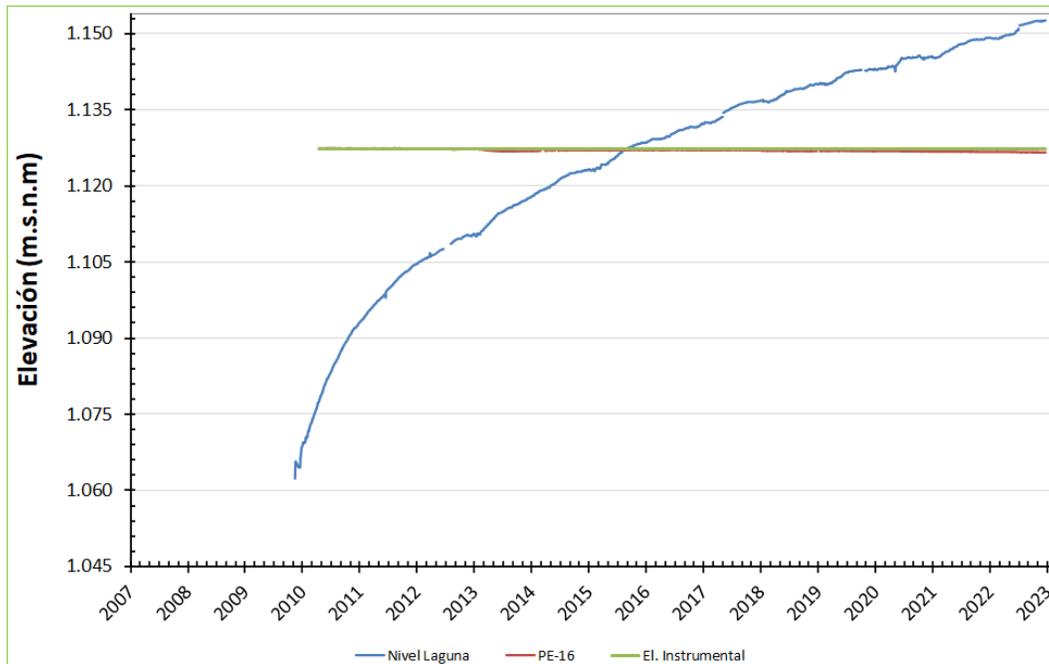


Figura 4-4: MN, Grafico Piezométrico PE – 016 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



#### 4.1.2. Lecturas Piezómetros MNO

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-7, B-6 (Anexo B) y B-7 (Anexo B).

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-004, PE-006 y PE-019 presentan un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, a una tasa media anual de + 0,02 cm/d (+ 0,05 cm/d, para el año 2021), + 0,01 cm/d (+ 0,05 cm/d, para el año 2021) y + 0,04 cm/d (+ 0,11 cm/d, para el año 2021) respectivamente, en tanto los dos (2) piezómetros restantes PE-003 y PE-005 presentan actividad desde comienzos del año 2019 y fines del año 2018 respectivamente, con una tasa media anual de descenso de - 0,01 cm/d (- 0,05 cm/d, para el año 2021) y de incremento - 0,02 cm/d (+ 0,01 cm/d, para el año 2021) respectivamente. Estas tendencias en el comportamiento de los niveles piezométricos graduales en el tiempo, pero moderadas, se consideran relacionadas con el crecimiento del depósito, con el nivel de la laguna de aguas claras, y con el efecto de las playas húmedas / secas cercana a los muros, ya sea por la operación propia de los puntos de descarga, como por lagunas parasitas temporales que se forman como parte de la operación de la TMF. Se hace notar que, a partir de julio del año 2021, tanto el piezómetro PE-003, como el piezómetro PE-019

presentan una tendencia a estabilizar sus lecturas a un nivel constante, esto podría explicarse dado las extensas playas de relaves que se han verificado durante todo el año 2021 y 2022, en el sector norte del depósito de Relaves.

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, ya que están diseñados y construidos para mantener drenado el muro.

Todos los piezómetros del MNO, sintieron el sismo 6,7 (Mw) de fecha 19 de enero de 2019, la mayor caída se verificó en el PE-004 y fue de 30 cm, respecto de los sismos mencionados en el capítulo 8.3.1.2, ningún piezómetro detectó su ocurrencia.

**Figura 4-5: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**

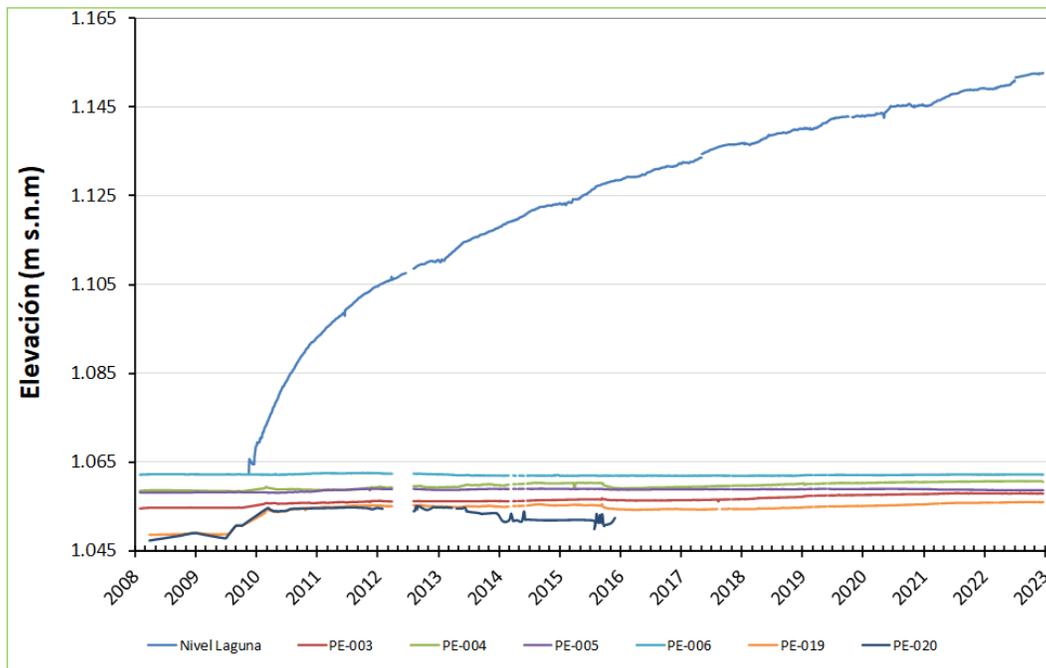
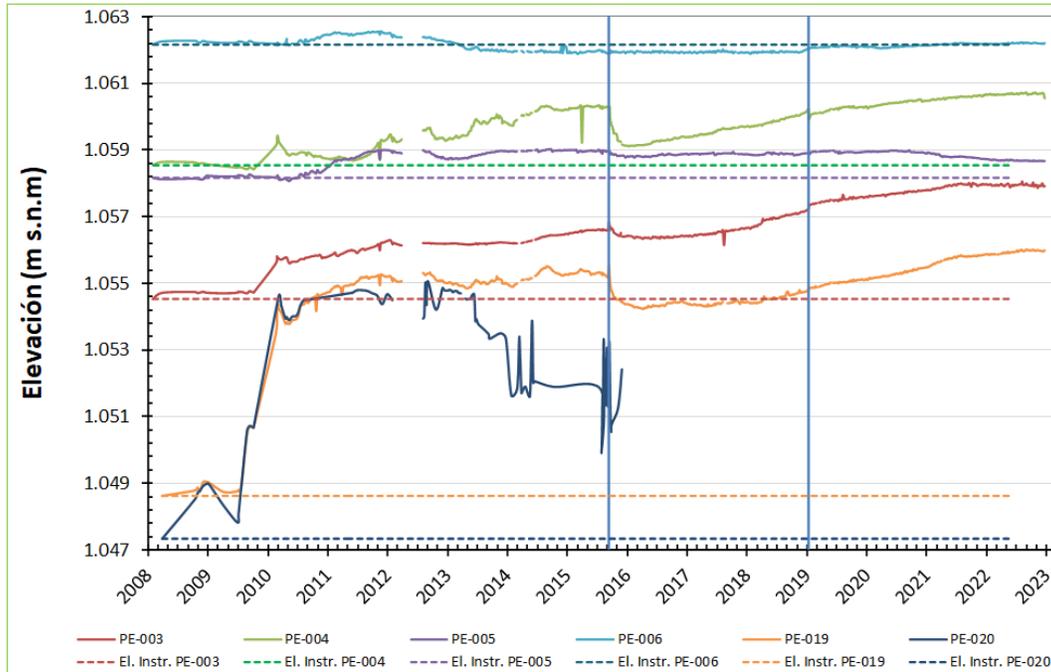


Figura 4-6: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



En el caso de la Figura 4-6, las líneas verticales de color azul representan los terremotos 16S del año 2015 y 19E del año 2019, respectivamente, las líneas segmentadas corresponden a la elevación instrumental del piezómetro respectivo.

Figura 4-7: MNO, Grafico Piezométrico PE - 003 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

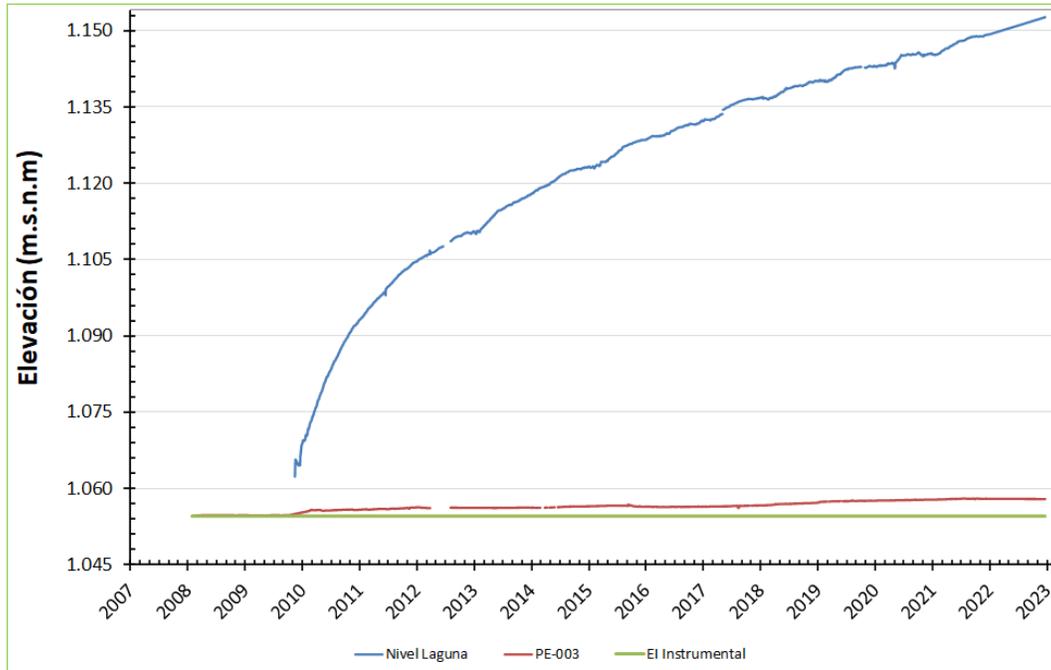


Figura 4-8: MNO, Grafico Piezométrico PE - 004 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

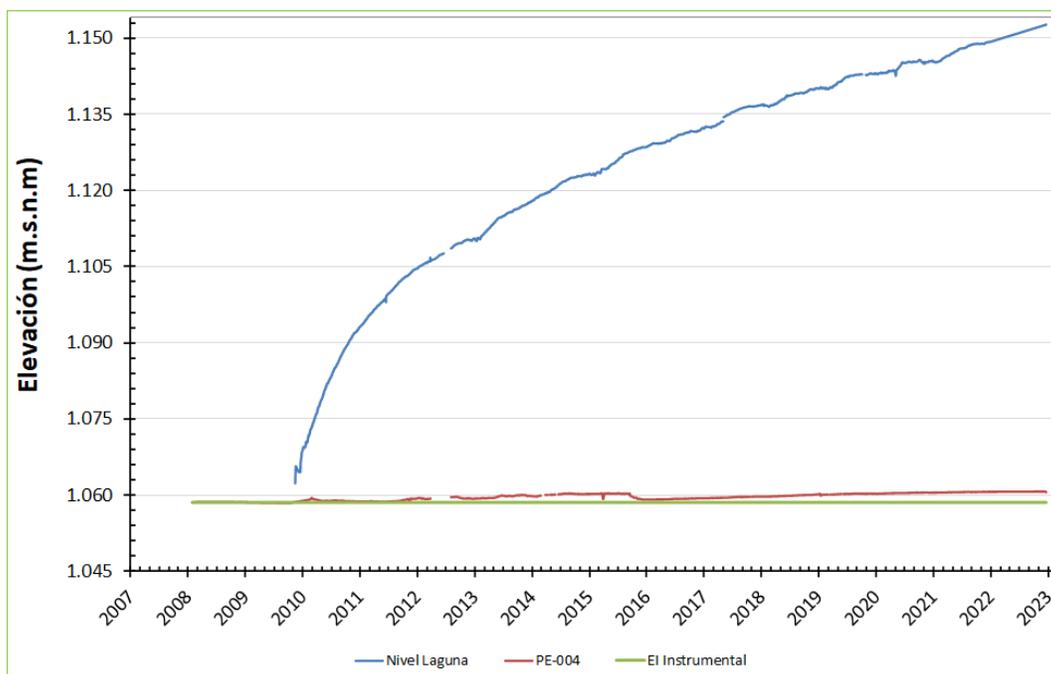


Figura 4-9: MNO, Grafico Piezométrico PE - 005 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

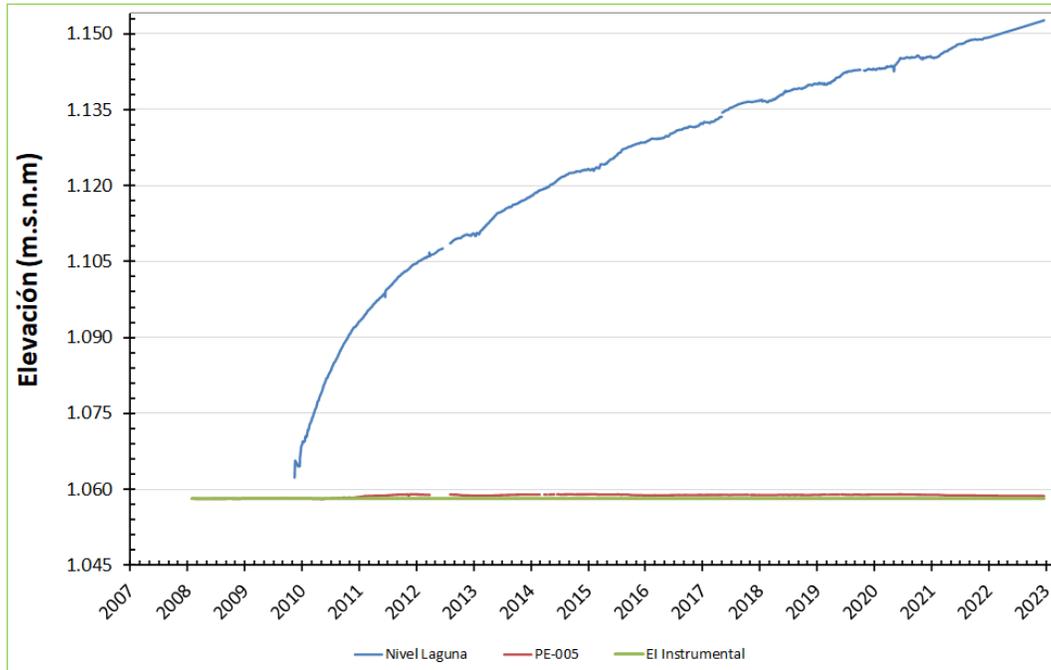


Figura 4-10: MNO, Grafico Piezométrico PE - 006 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

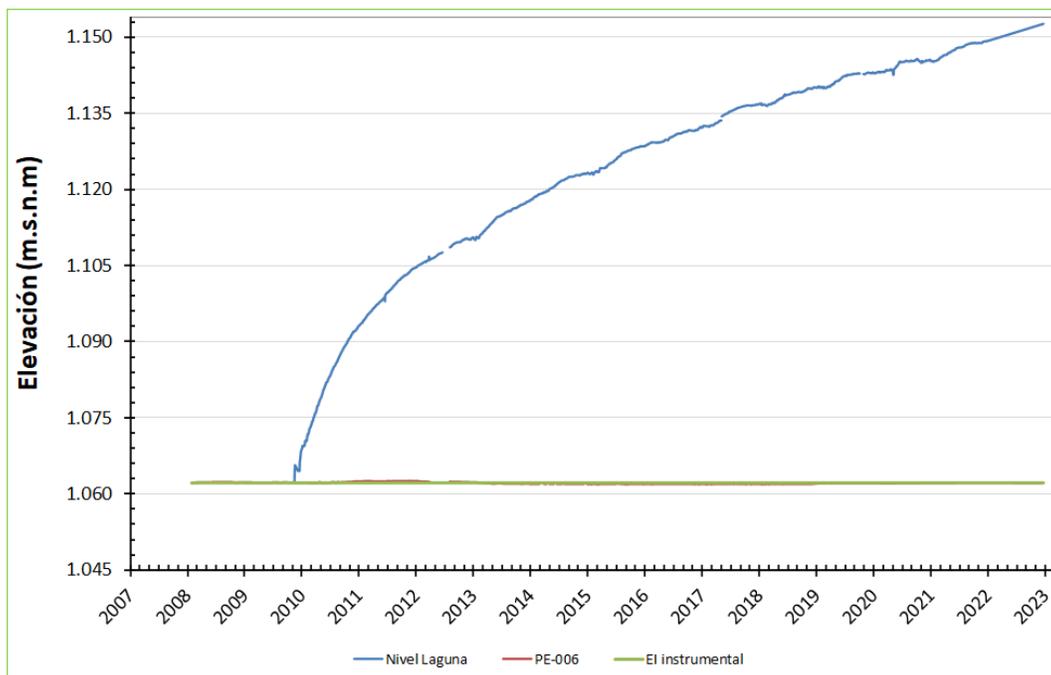


Figura 4-11: MNO, Grafico Piezométrico PE - 019 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

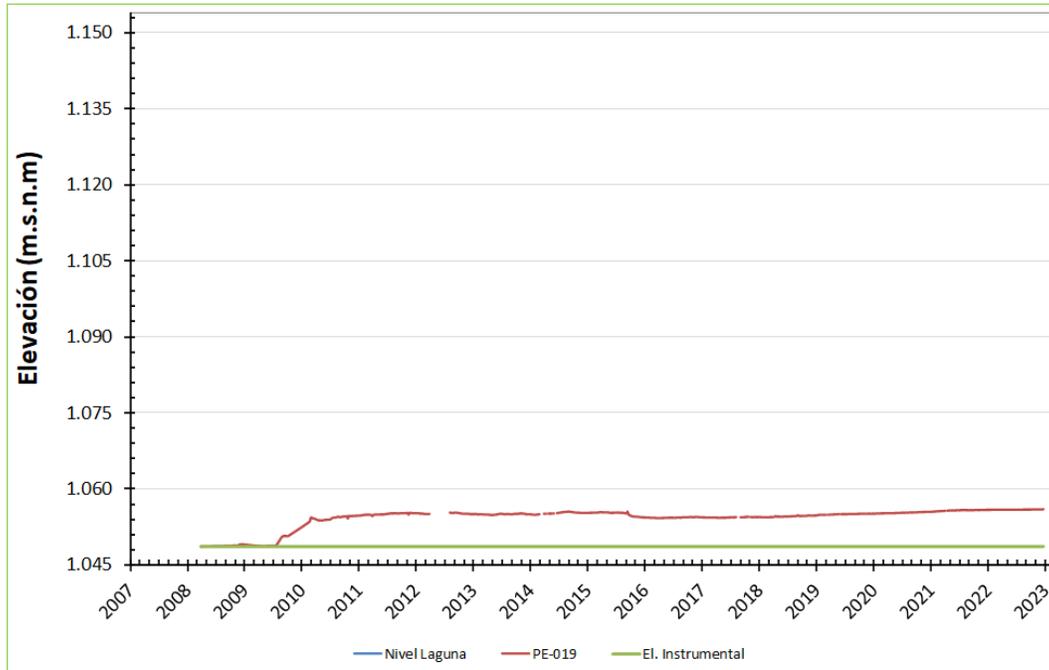
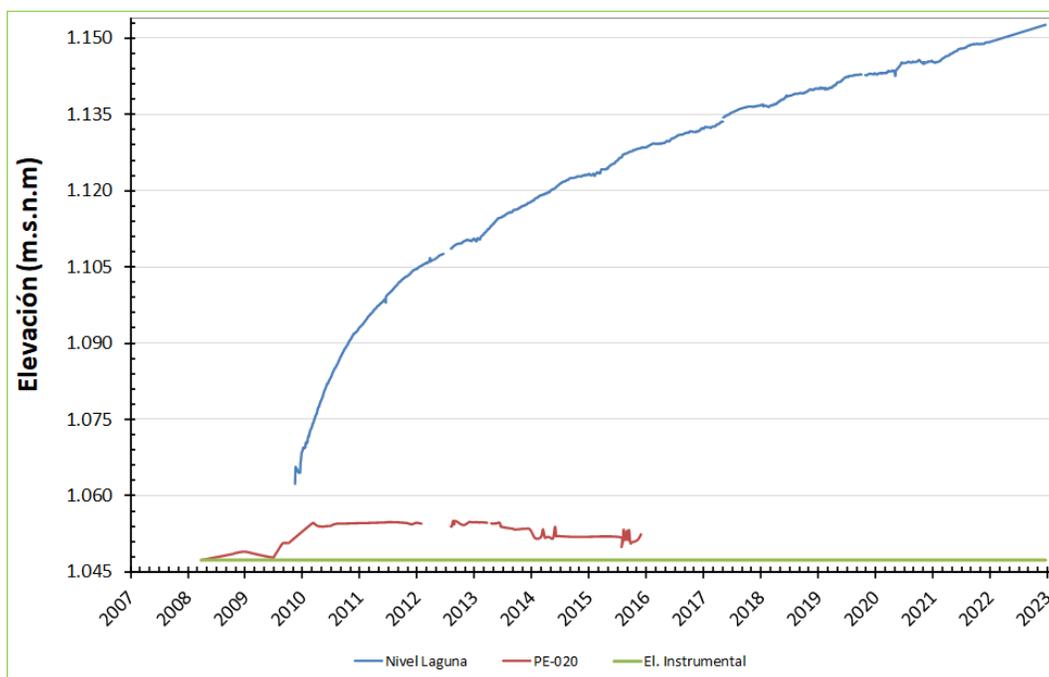


Figura 4-12: MNO, Grafico Piezométrico PE - 020 Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



Respecto de la Figuras 4-11 y 4-12, cabe señalar que la E.I. 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 E.I. instrumental coincide con la rasante del dren respectivo. Por lo tanto, el nivel freático en [mca] (metros columna de agua) por ellos medido, debe ser leído y utilizado considerando dicha condición de montaje. La rasante del dren coincide con el nivel de la fundación del muro MNO  $\pm$  60 cm

#### **4.1.3. Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica**

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-7, 2-8, 2,9, B14 (Anexo B) y B-16 (Anexo B).

Al momento de escribir el presente documento, de los seis (6) piezómetros de fibra óptica instalados al término de la campaña de perforaciones 2018, se ha perdido señal en todos los instrumentos. Se revisó en conjunto con GeoMediciones la condición en el sitio a través de pruebas de eco óptico, y pudo determinar que en el caso de los piezómetros del sondaje DH-08 (PI. El 1.141 msnm BS) existía una discontinuidad de la fibra en las inmediaciones de la salida del pozo, y que en el caso del piezómetro profundo del sondaje DH-04, la discontinuidad estaría dentro de la perforación misma, por lo tanto no son recuperables. En el caso del piezómetro DH-04 (4100), instalado en el relleno del MNO y cuya señal se perdió el 20 de abril de 2020, no se realizaron pruebas de eco óptico, dada la contingencia COVID 19. En el caso de los piezómetros DH-06 (6200, instalado en roca) y DH-06 (6100), instalado en relleno, se perdió señal posterior al 10 de abril de 2021, y al 16 de abril de 2022 respectivamente.

Respecto de las lecturas piezométricas en el caso DH-04, se puede apreciar que hasta el momento en que se perdió la señal, el instrumento instalado en el relleno no detectó nivel piezométrico.

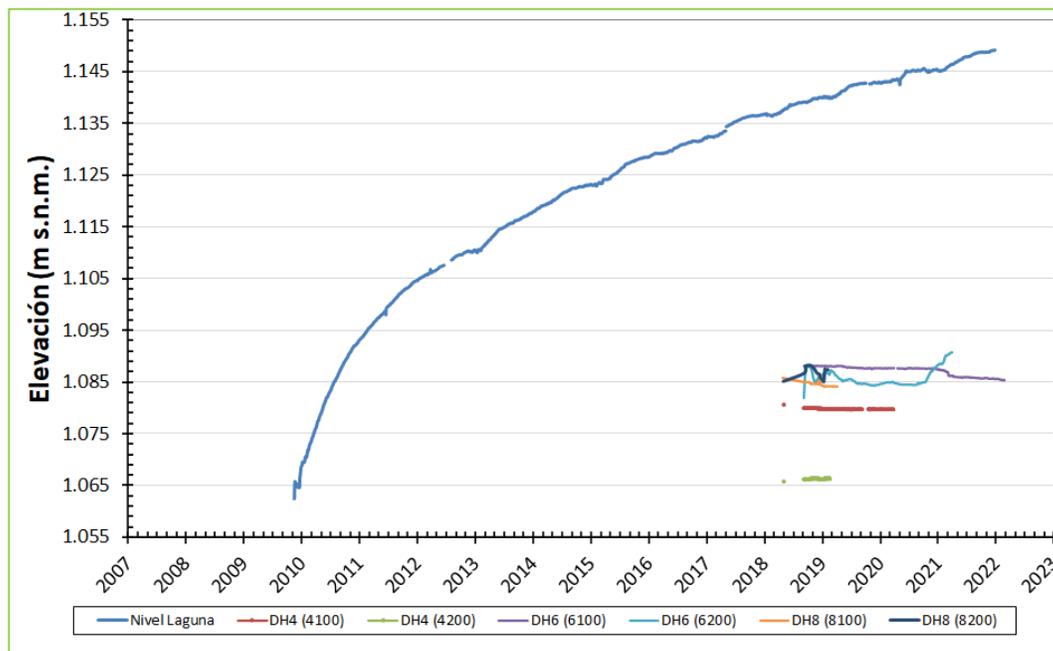
De los dos (2) piezómetros de fibra óptica, que aún se mantenían operativos a comienzos del año 2021, el instrumento DH-6 (6200) habilitado en el sondaje DH-6, presentó actividad desde finales de agosto 2020 hasta el 14 de abril de 2021 fecha en la cual se perdió la señal, registrando un incremento gradual y sostenido de los niveles de agua medidos, con tasas de aumento de + 2,8 cm/d promedio para el mencionado periodo. Este piezómetro está instalado 14 m bajo la superficie del terreno natural dentro de la roca de fundación.

El piezómetro DH-6 se encuentra relativamente cerca al talud aguas arriba sobre el coronamiento a la Etapa 3 de crecimiento diferido en el Botadero Sur. Dicha plataforma se encuentra totalmente cubierta bajo 9 m de relaves aproximadamente al término del período, por lo tanto el comportamiento

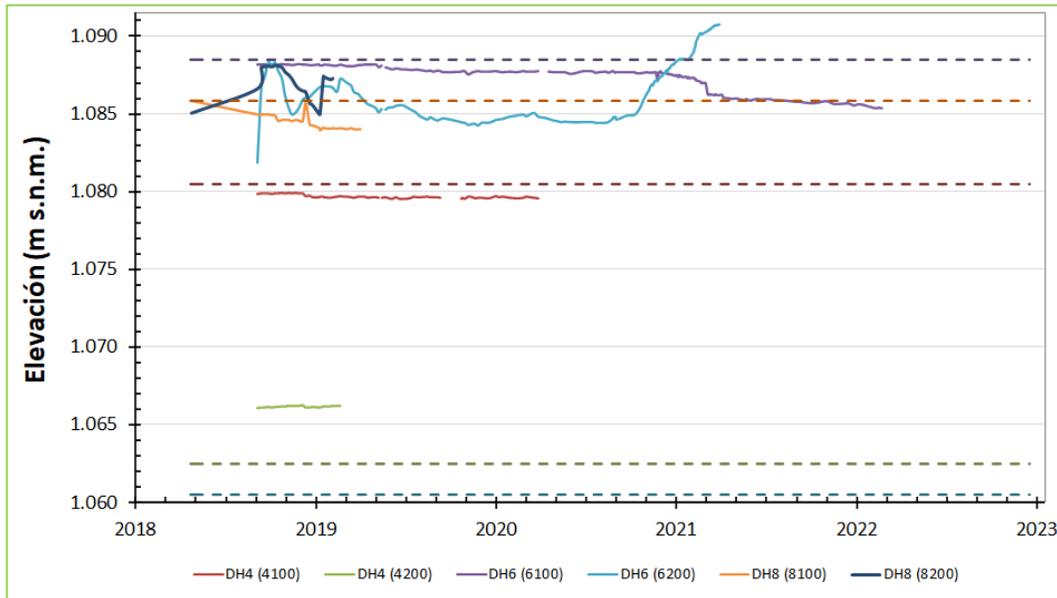
observado en el DH-6 (6200) hasta la pérdida de señal se consideraba previsible, dada la actividad de descarga en el sector.

Respecto al piezómetro DH-6 (6100) instalado dentro del relleno del Botadero Sur, a una cota superior que el DH-6 (6200) (instalado en la roca de fundación), este registró hasta abril de 2022 niveles bajo la elevación de instalación instrumental y nunca detectó la actividad mostrada por el DH-6 (6200). Del mismo modo, el piezómetro DH-7 (Casagrande, ver Figuras 4-20 y 4-21) ubicado hacia aguas abajo del sondaje DH-6, no ha mostrado variación desde su puesta en servicio a mediados del año 2018.

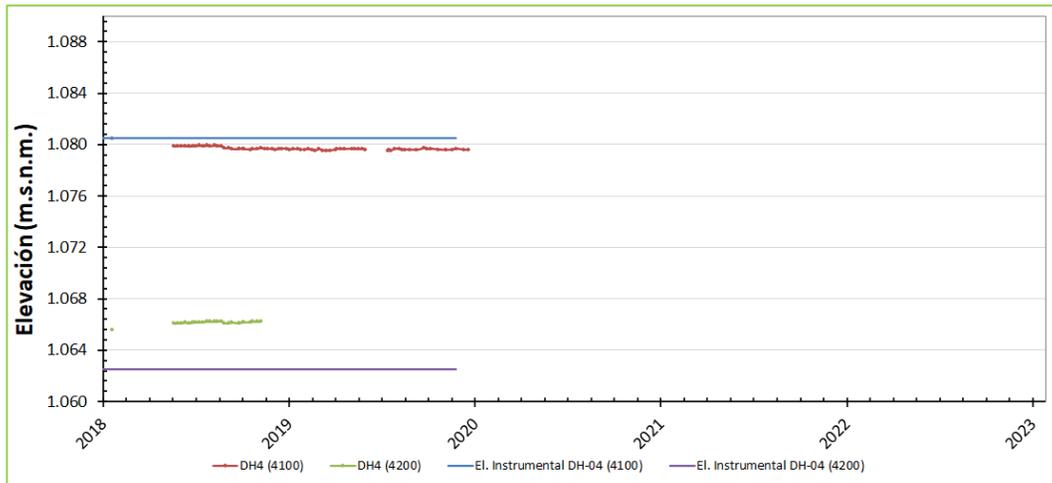
**Figura 4-13: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



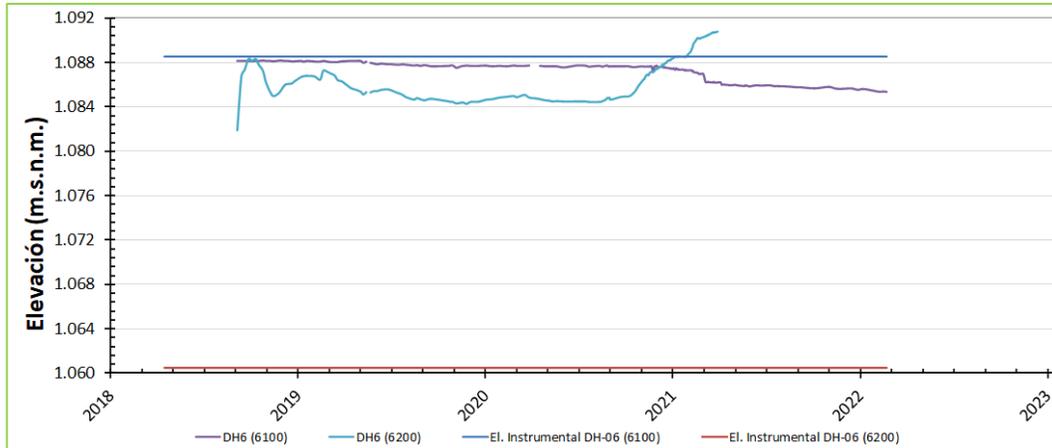
**Figura 4-14: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, sin Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



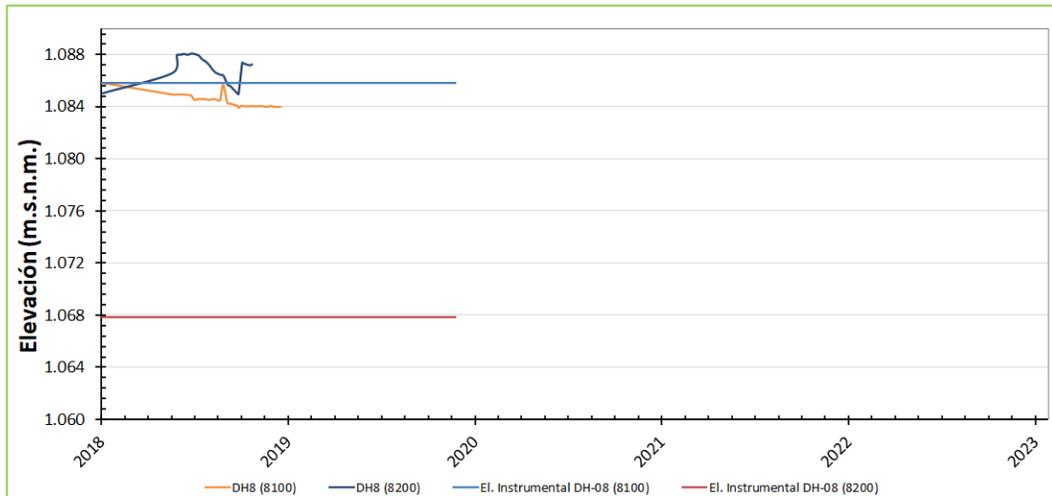
**Figura 4-15: MNO, Grafico Piezométrico DH4 (4100) y DH4 (4200) Histórico – al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



**Figura 4-16: BS, Grafico Piezométrico DH6 (6100) y DH6 (6200) Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



**Figura 4-17: BS, Grafico Piezométrico DH8 (8100) y DH8 (8200) Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



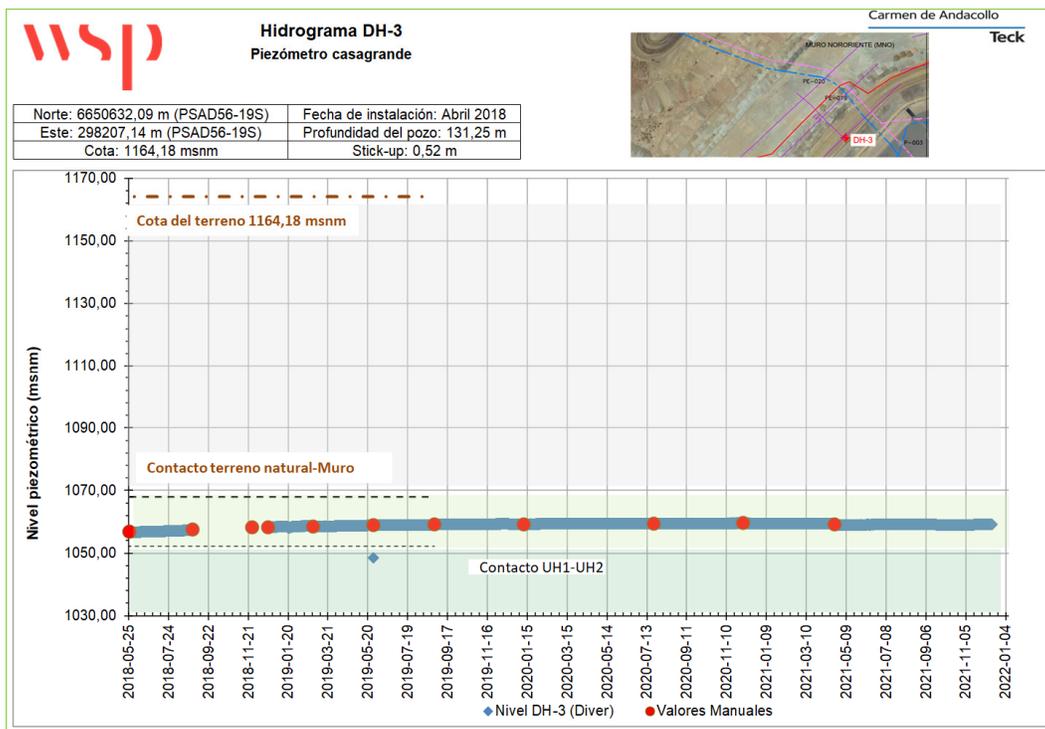
**4.1.4. Lecturas Piezómetros Casagrande**

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-7, 2-8, 2-9, B14 (Anexo B) y B-15 (Anexo B).

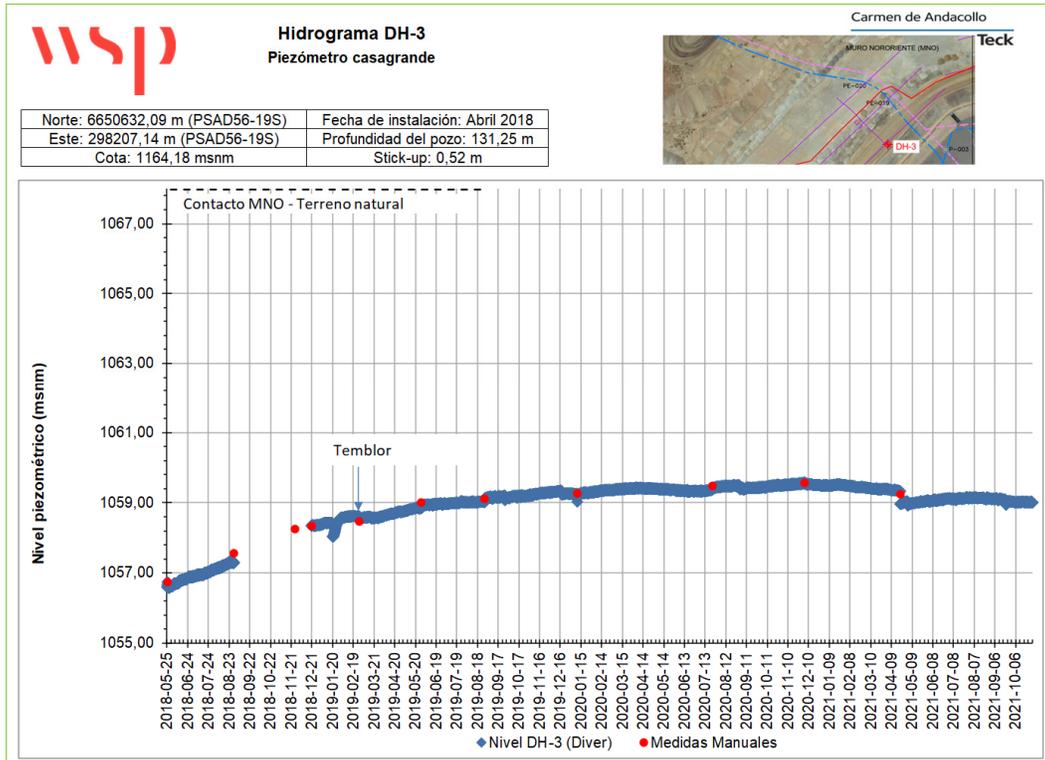
Respecto del piezómetro Casagrande habilitado en el pozo DH-03, no se tiene registro de niveles piezométricos para el año 2022, dada las constantes maniobras de peralte del stick it up, y a los permanentes trabajos en el sector relacionados con la construcción de la etapa 5 de crecimiento diferido. Se deja claro que el pozo sigue operativo, pero no se han podido hacer lecturas.

No obstante se puede indicar que el piezómetro siempre ha presentado un comportamiento similar al descrito para los piezómetros de cuerda vibrante instalados en la fundación del MNO, detectando un nivel piezométrico al nivel de la fundación del muro con una tendencia al aumento de la cota moderada, pero constante, incrementándose el nivel de agua levemente en el orden de + 0,2 cm/d (+ 0,1 cm/d, para el año 2021) desde fines de abril de 2020, presentando un nivel dinámico al final del periodo ubicado a 8,69 m de profundidad (8,42 m al término de 2021) bajo la fundación del muro (terreno natural, El. 1.067,98 msnm).

**Figura 4-18: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, al 14 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP).**



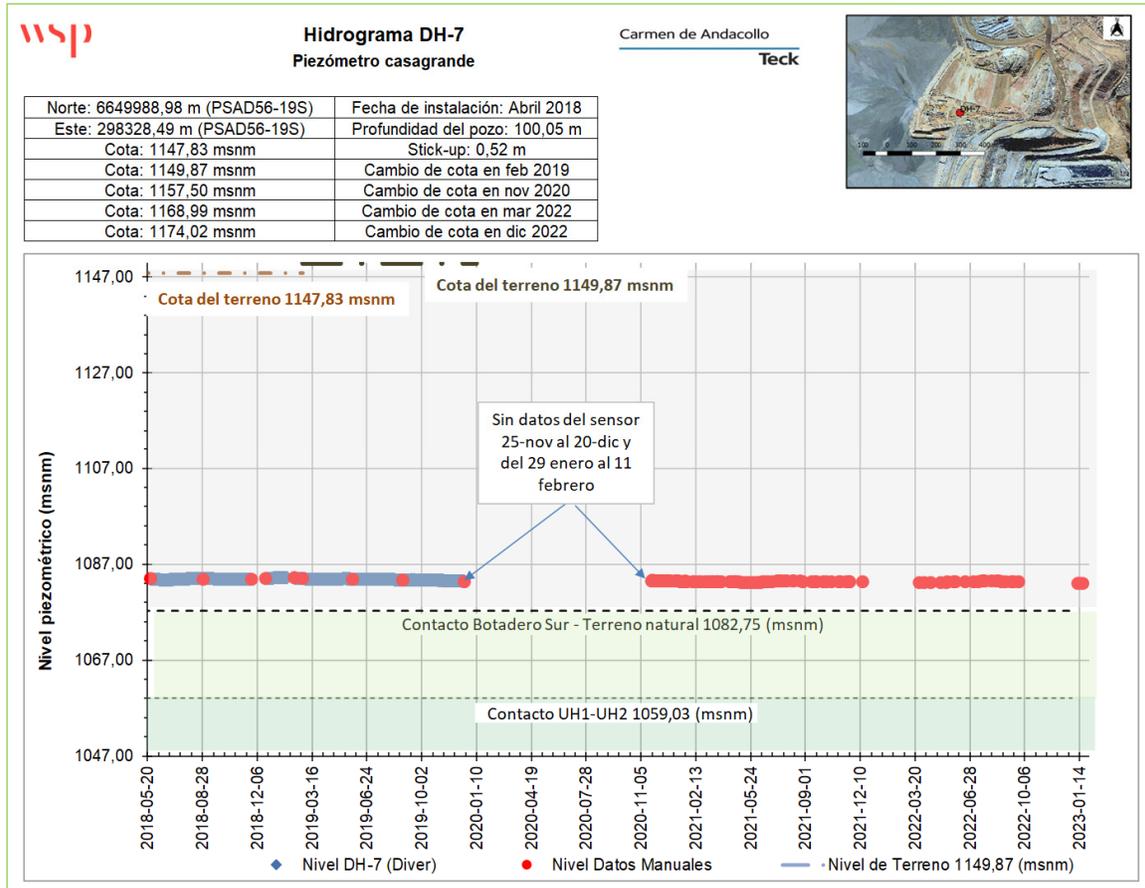
**Figura 4-19: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, Detalle, al 14 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP).**



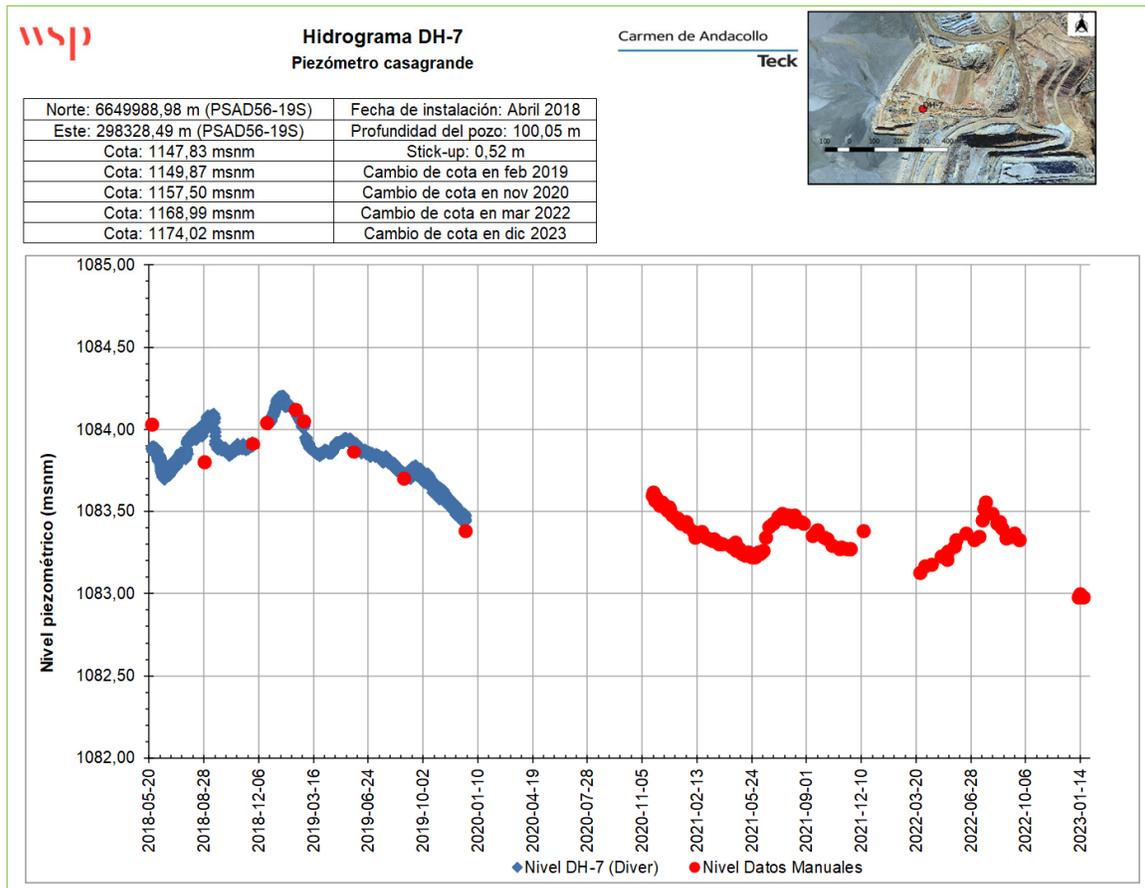
Respecto del piezómetro Casagrande habilitado en el pozo DH-07, presenta un comportamiento totalmente diferente al descrito para el piezómetro de Fibra óptica instalado en el BS, DH – 06 (6200), detectando presión de agua un par de metros sobre el nivel de fundación del BS, ver ítem 4.1.3. El nivel del DH-7 ha ido lentamente bajando el orden de - 0,05 cm/d en promedio para el periodo (- 0,06 cm/d para 2021), luego de haber experimentado un incremento de + 23 cm, a una tasa de + 1,05 cm/d, posterior a la tormenta de julio, 2022 (9 @ 16 de julio, 2022).

Entre el 20 de enero y fines de noviembre de 2020, existe un vacío de información debido al retiro del diver, para permitir la extensión del pozo de acuerdo al crecimiento de la Etapa 4 del estribo norte del MO, por lo que personal de WSP E&I (ex Wood) inició su monitoreo manual mediante pozómetro, desde el día 24 de noviembre de 2020, estos datos se incorporan a los gráficos de las figuras 4-20 y 4-21. Al momento de escribir el presente documento el diver aún no ha sido instalado, debido a los permanentes cambios en la elevación del stick it up del pozo, relacionado con los trabajos de construcción en el sector, y los peraltes hasta la elevación de coronamiento de la Etapa 5 de crecimiento diferido.

**Figura 4-20: BS, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 Histórico, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2022 (ref. Monitoreo manual, WSP E&I).**



**Figura 4-21: BS, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 Histórico, Detalle, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2022 (ref. Monitoreo manual, WSP E&I).**



#### 4.1.5. Lecturas Piezómetros MO

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-10, B-8 (Anexo B) y B-9 (Anexo B).

Posterior al 14 de abril de 2022 se pierde la señal del piezómetro PE-009, los dos (2) piezómetros restantes se encuentran operativos. Hasta mayo de 2018, el piezómetro PE-009A presentaba un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, hoy el instrumento no presenta actividad. Respecto de los piezómetros que se encuentran operativos, sus lecturas están por debajo de la cota de la elevación instrumental, lo que indica que no hay nivel de agua en el relleno del muro, por lo que no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF. Para la ubicación del PE-009A (ver Figuras B-8 y B-9, del Anexo B). Al momento de la visita, la cañería de

descarga del sistema de drenaje al cajón aforador no presentaba flujo, ratificando su calidad de caudal intermitente.

**Figura 4-22: MO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**

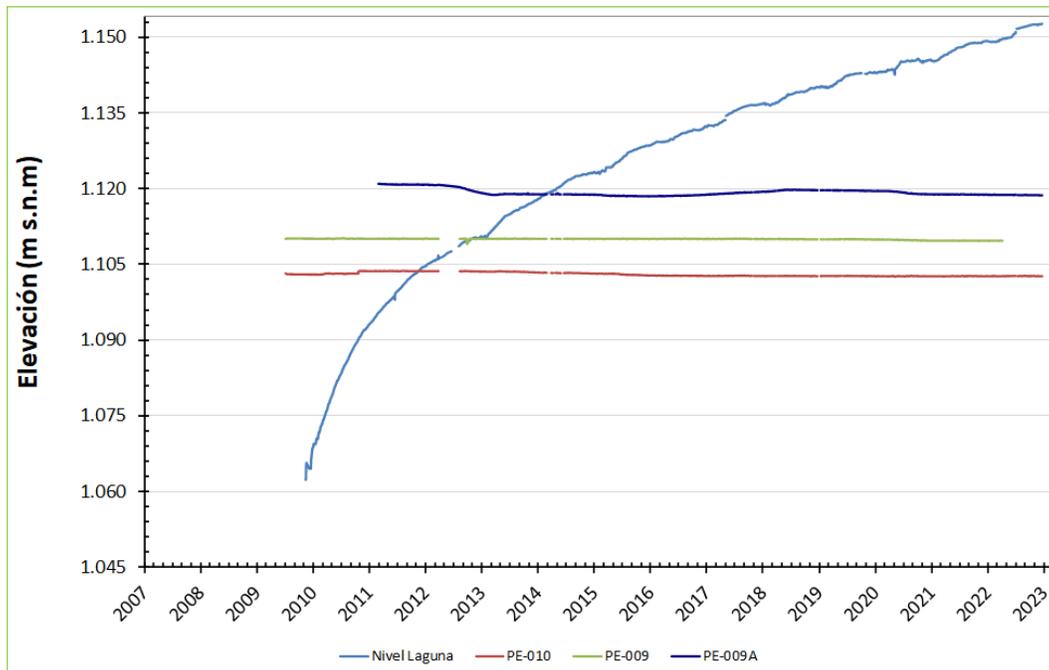


Figura 4-23: MO, Gráfico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I.)

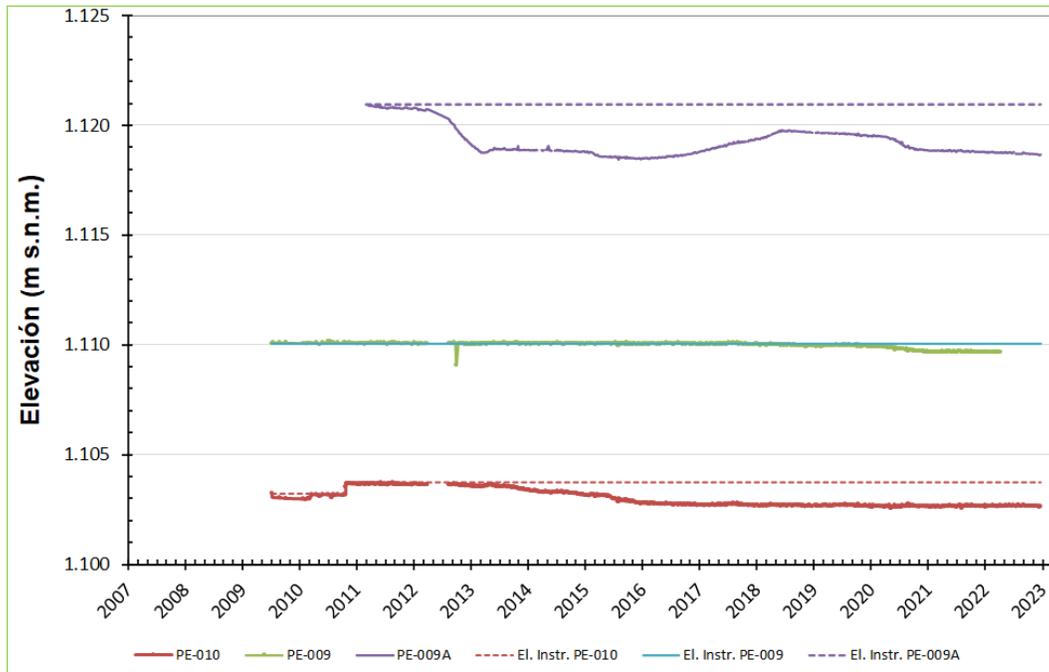
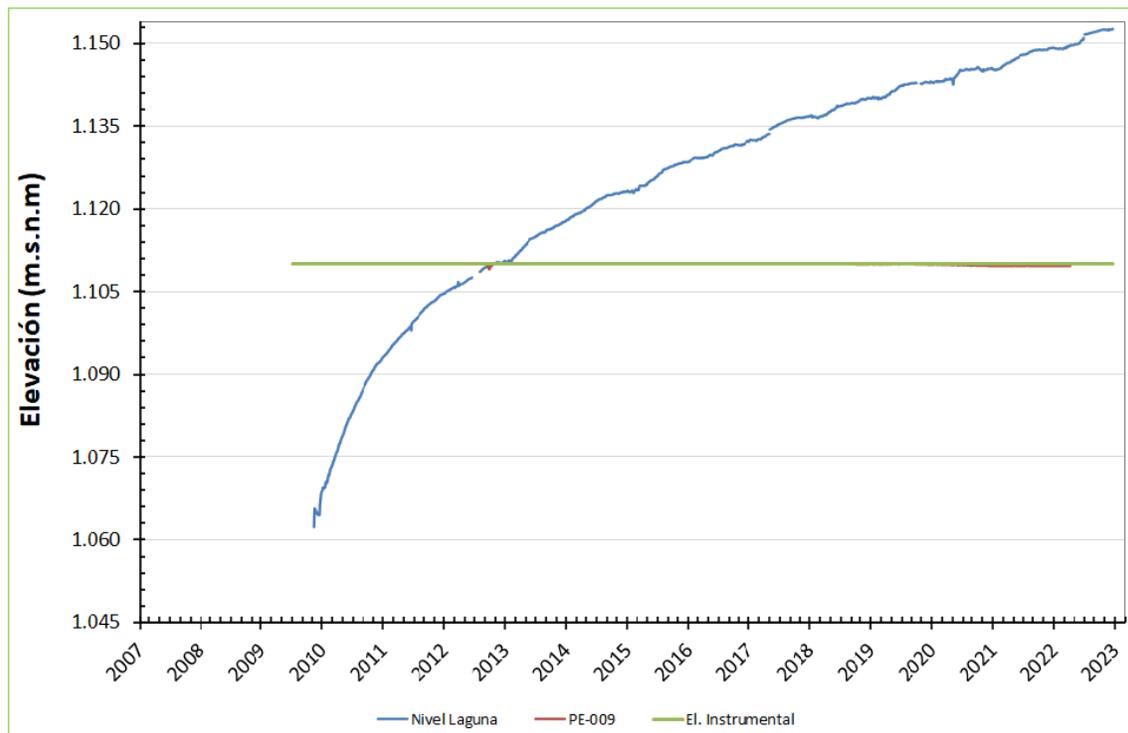
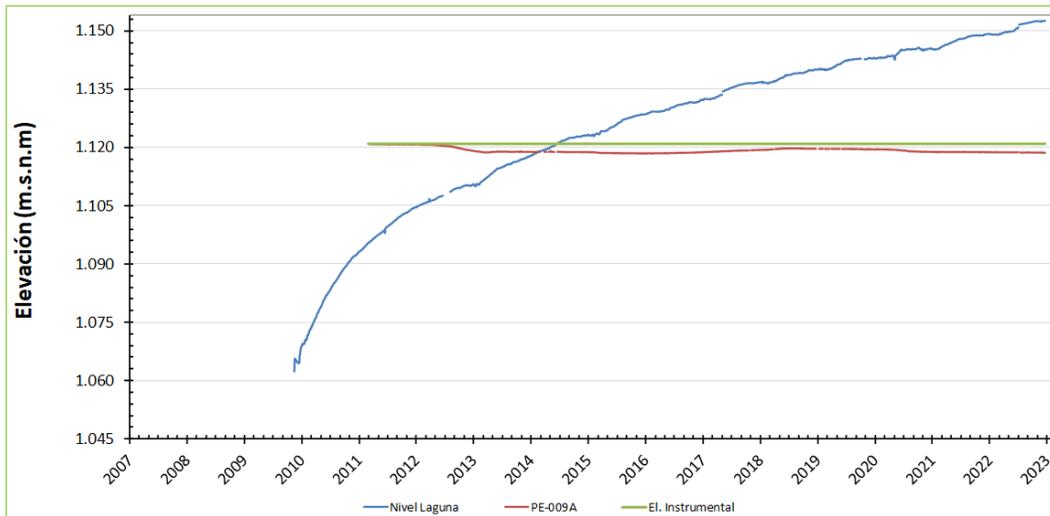


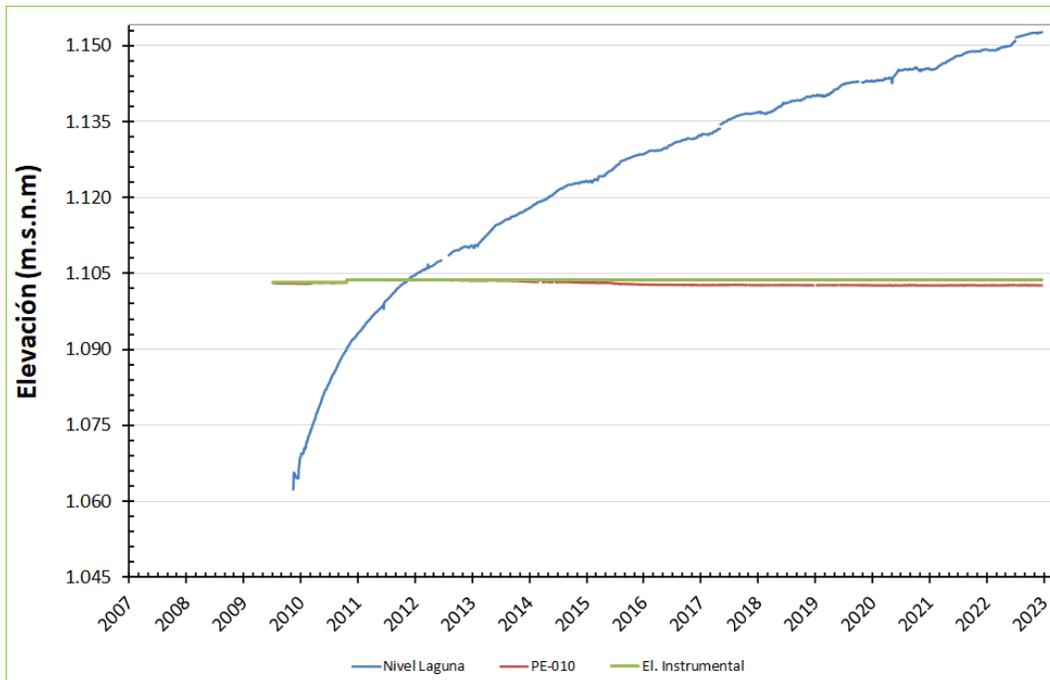
Figura 4-24: MO, Grafico Piezométrico PE - 009 Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



**Figura 4-25: MO, Grafico Piezométrico PE – 009A Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



**Figura 4-26: MO, Grafico Piezométrico PE – 010 Histórico, 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



**4.1.6. Lecturas Piezómetros MO(S)**

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-11 y B-10 (Anexo B).

Al momento de escribir el presente informe, los piezómetros PE-013 y PE-014, se encuentran instalados por debajo de la El. de la playa de relaves en contacto con el muro impermeabilizado, y están plenamente operativos.

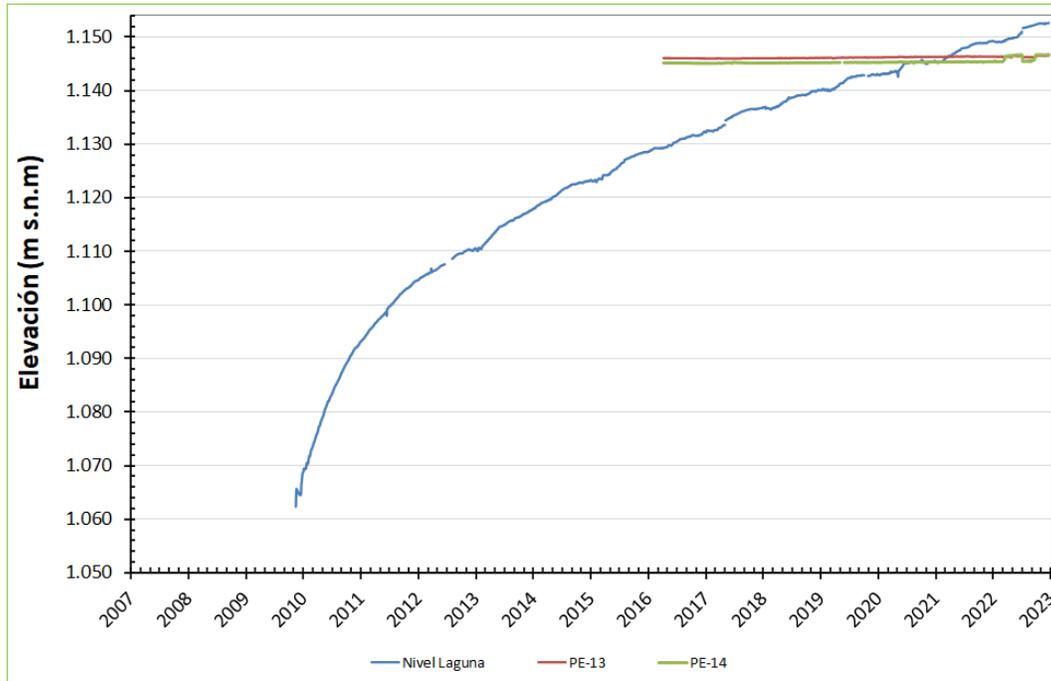
Al finalizar el Q1 del año 2022, los piezómetros de cuerda vibrante experimentaron un incremento leve pero abrupto del nivel de agua medido, para ambos estabilizarse a un cota similar, el piezómetro PE-013 se estabiliza 30 cm por sobre sus lecturas históricas y el PE-014 se estabiliza 120 cm por sobre su registro histórico aproximadamente. Posteriormente, el 12 de junio de 2022 se detecta un afloramiento ( $\sim 0,2$  L/s) hacia aguas abajo del muro oriente sur, el que se relacionó con este aumento de la cota piezométrica detectado por los instrumentos geotécnicos.

Inmediatamente después de la tormenta de julio (9 @ 16 de julio, 2022), se puede apreciar un descenso leve pero abrupto de la cota piezométrica leída por los instrumentos, la que se estabiliza en torno a los valores históricos medidos previo al alza descrita en el párrafo anterior. Este descenso en las lecturas, va acompañado por una disminución abrupta del caudal del afloramiento, el que desaparece por completo el día 23 de julio de 2022.

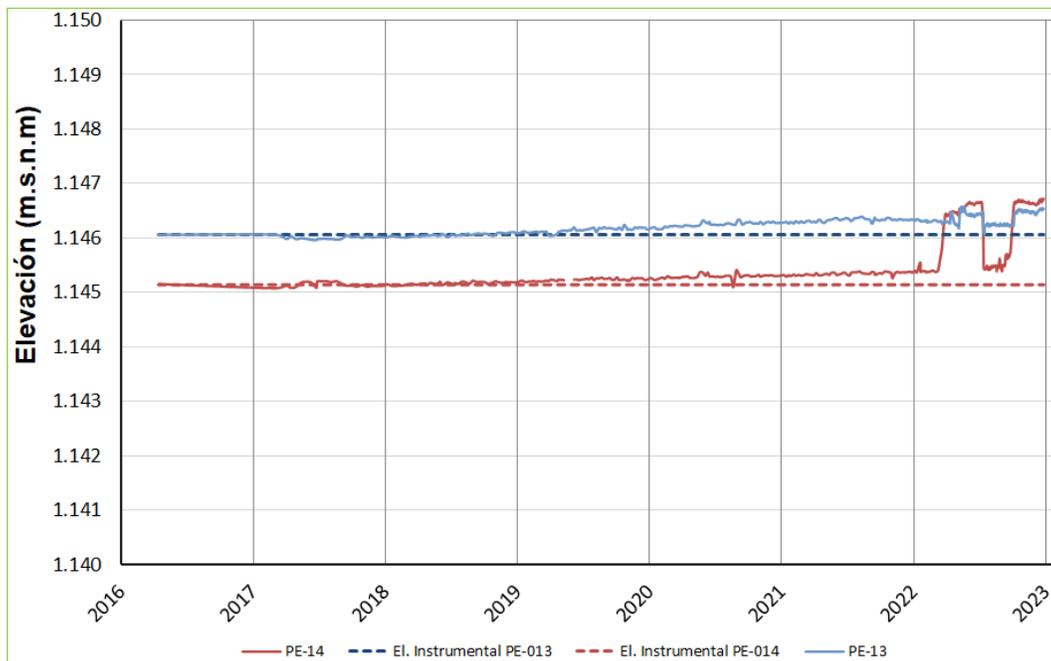
Esta estabilización de los niveles piezométricos se prolongó desde mediados de julio de 2022, hasta mediados de septiembre (2 meses), para luego en plazo de un mes aproximadamente (mediados de octubre), medir un alza leve pero abrupta de la cota piezométrica, la que se estabilizarse otra vez en los niveles previos a la tormenta de julio (9 @ 16 de julio, 2022). Esta alza va acompañada de la reaparición del afloramiento, el día 15 de octubre de 2022, el cual se ha mantenido en régimen permanente hasta el término del periodo ( $<0,2$  L/s).

En opinión, de WSP E&I (ex Wood) este comportamiento anómalo del nivel piezométrico medido, se debe a un problema hidráulico (obstrucción) en la cañería que descarga el agua recolectada por el sistema de drenaje basal de la estructura contenedora, y absolutamente no presenta un riesgo desde el punto de vista de la integridad estructural del depósito, dado que en todo momento la cota piezométrica se ha mantenido al nivel del sello de fundación del muro, en el contacto entre el relleno masivo y el terreno natural, al nivel del sistema de drenaje. En todo momento el afloramiento ha presentado agua clara,  $\sim$ pH 3, sin turbiedad, ni evidencia de arrastre de finos.

**Figura 4-27: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**



**Figura 4-28: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)**



#### 4.1.7. Lecturas Piezómetros MS

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5 y B-11 (Anexo B).

Al momento de escribir el presente informe, aún no se instalan los piezómetros proyectados en el muro MS. Según el programa de construcción corresponde su instalación durante el año 2024, previo al carguío de la 6 de crecimiento diferido.

#### 4.1.8. Lecturas Piezómetros MP

Para la ubicación de estos piezómetros ver Figuras 2-5, 2-14, B-2 (Anexo B), B-3 (Anexo B) y B-13 (Anexo B).

Al momento de escribir el presente informe, se encuentran habilitados y operativos los piezómetros instalados en el muro Poniente durante la Campaña de Sondajes 2021.

Respecto de los piezómetros de cuerda vibrante, el instrumento MP-02 S (somero) está instalado muy por sobre el nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras y no detecta cota piezométrica por sobre el instrumento, el resto de los piezómetros MP-02 P (profundo), MP-03 S, MP-03 P y MP-04 P todos muestran niveles estables con tasas de incremento durante el período de + 0,41 cm/d, + 0,53 cm/d, + 0,83 cm/d, + 0,82 cm/d respectivamente, se deja establecido que el incremento de nivel del pelo de agua para el mismo período, fue de  $\sim + 1$  cm/d, similar a los piezómetros MP-03 P y MP-04 P.

Respecto de los pozos Casagrande MP-01 (estribo norte) y MP-05 (estribo sur) desde el 30 de enero de 2022, presentan una tasa de incremento de + 0,79 cm/d y +1,35 cm/d respectivamente, es necesario destacar que el piezómetro MP-05 estaría influenciado por la piezometría somera del sector, dado que el nivel de agua medido se incrementa más de + 20 m posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), muy por sobre del nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras. Por otro lado, no se puede descartar que el comportamiento mostrado por el nivel freático del MP-05, esté reflejando un problema en el sello del sondaje.

Respecto del piezómetro MP-01 (en el largo plazo) se puede indicar que presenta una tasa de crecimiento similar a los piezómetros MP-03 P y MP-04 P, y alineado con el incremento de la cota del pelo de agua de la laguna de aguas claras, llama la atención, los descensos bruscos en abril y octubre de 2022, lo que indicaría que el pozo llegado a cierto nivel se drena, para al corto plazo retomar la tendencia histórica del nivel piezométrico.

Cabe destacar que, al final del periodo, todos los piezómetros (salvo el MP-02 S) detectan un nivel freático entre las cotas El. 1.144 msnm y El. 1.151 msnm aproximadamente, siendo 1.152,6 msnm la elevación del pelo de agua al 31 de diciembre de 2022. Respecto de la ubicación de laguna, se puede indicar que se encuentra posicionada a 500 m aproximadamente hacia el sur del muro MP, por lo que el nivel de agua detectado podría corresponder a aquel inducido por el gradiente hidráulico de la laguna en el sector del muro MP. Se deja establecido que las playas frente al muro MP se encuentran húmedas, luego de la puesta en servicio del muro el día 22 de octubre de 2022. A juicio de WSP E&I, todos los piezómetros asociados con el muro MP están influenciados por el crecimiento de la laguna de aguas claras.

Por otro lado, es importante señalar que en terreno naturales con baja permeabilidad, como es el sector de emplazamiento del muro MP, los piezómetros pueden demorar mucho tiempo en alcanzar su nivel hidrostático, por lo tanto se debe continuar con el monitoreo minucioso de los niveles freáticos detectados en el muro MP, y correlacionarlos con el tamaño y la posición de la laguna de aguas claras.

**Figura 4-29: MP, Grafico Piezométrico Sondajes MP1 y MP2 (Casagrande), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).**

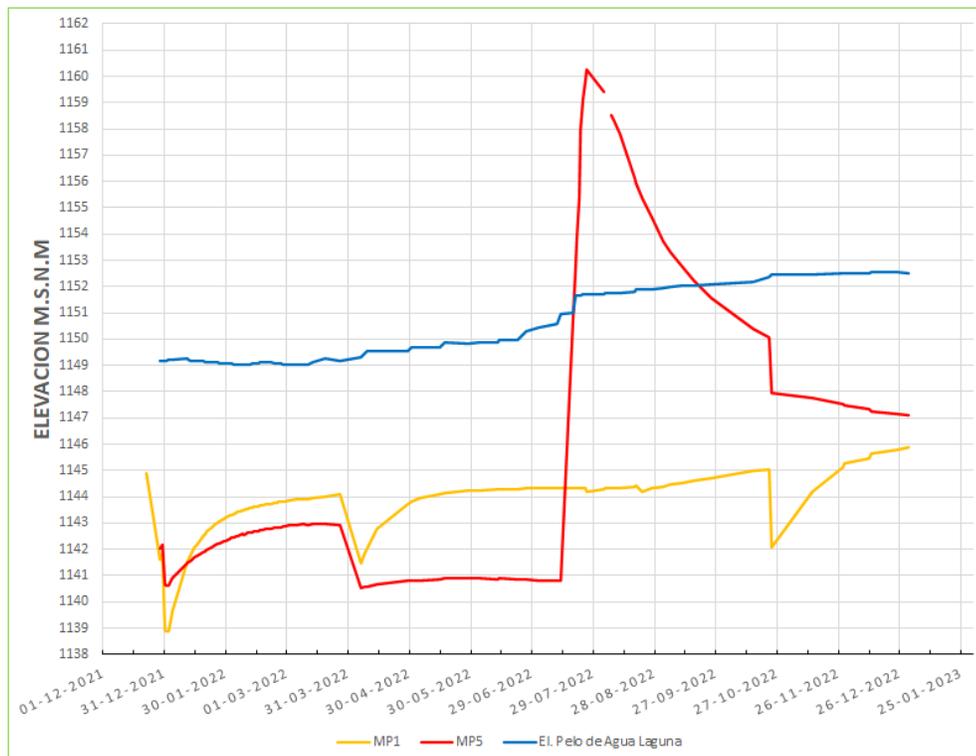


Figura 4-30: MP, Grafico Piezométrico Sondaje MP2 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

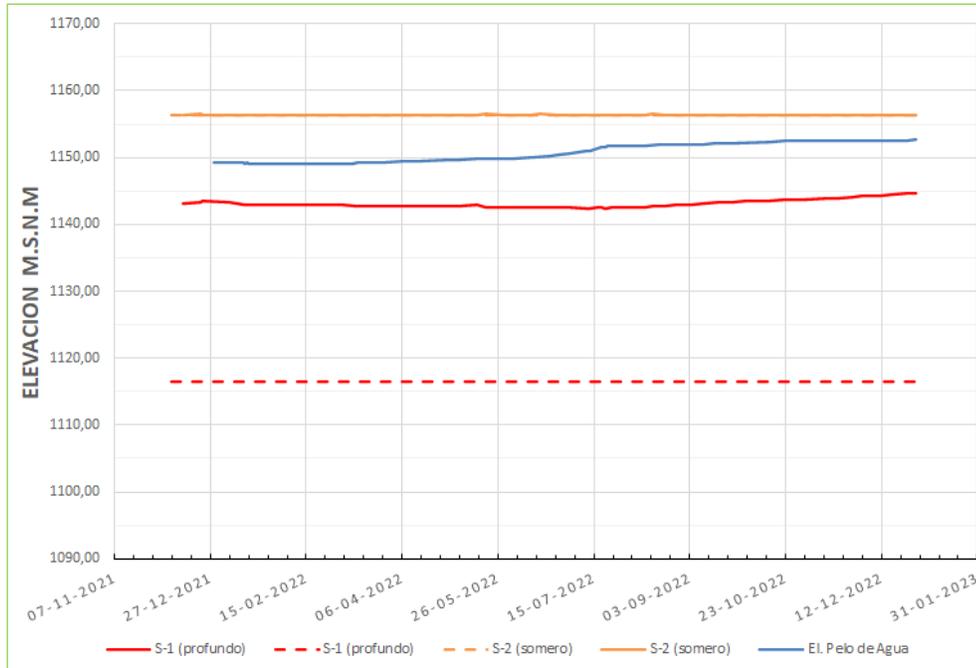


Figura 4-31: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP3 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).

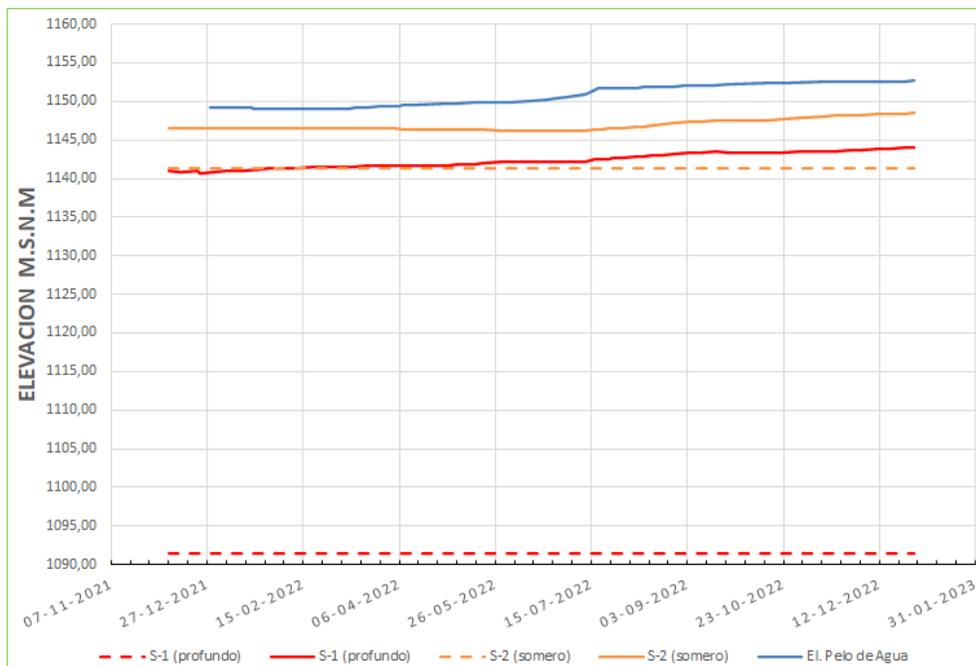
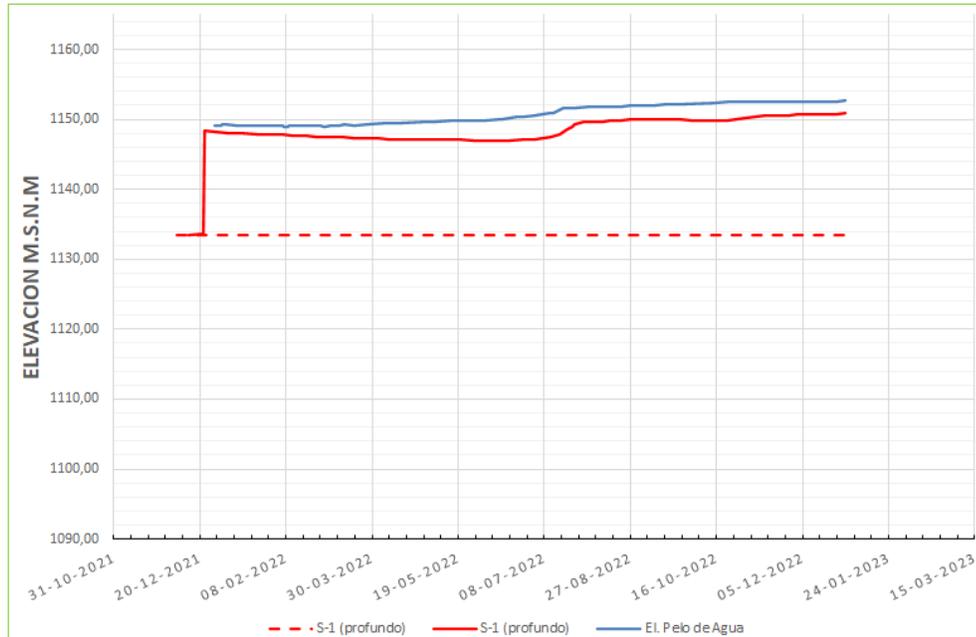


Figura 4-32: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP4 (VW), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



#### 4.1.9. Conclusión Piezometría

En general, salvo para los eventos puntuales de los terremotos 16S.2015 y 19E.2019 que fueron notados solo por los piezómetros del MNO, los instrumentos de los muros MN, MNO y MO 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. Los piezómetros de cuerda vibrante del MNO, presentan históricamente niveles concordantes con los medidos en el piezómetro DH-03 (Casagrande) asociado a la misma estructura, este último ha estado fuera de servicio durante todo el periodo.

Respecto de los piezómetros PE-013 y PE-014, en el muro MO(S) se puede indicar que el comportamiento inusual detectado a fines del Q1 de año 2022, tuvo una respuesta a partir de la aparición del afloramiento hacia aguas abajo del MO(S) el día 13 de junio, posterior a lo cual las lecturas se volvieron a estabilizar pero a un nivel mayor, según lo indicado en el ítem 4.1.6. Esta condición ratifica que los instrumentos están operando de manera correcta, y fueron capaces de alertar un aumento del nivel freático, hasta un nivel en que el agua logró evacuar hacia aguas abajo, por el punto de máximo gradiente hidráulico, siempre al nivel de la fundación del muro, sin nivel freático dentro del relleno de la estructura contenedora.

Respecto de los piezómetros del muro MP, el nivel freático medido por los instrumentos estaría influenciado por la laguna de aguas claras, aunque no se debe descartar que aún las lecturas se estén estabilizando, luego de su instalación a fines de 2021.

Al término del año 2022 la TMF cuenta con 30 piezómetros instalados, de los cuales el 70% se encuentran operativos (21 c/u), lo que significa un disminución efectiva de 13% del monitoreo piezométrico de los muros respecto de los 24 piezómetros operativos al término del periodo anterior.

Se debe evaluar en conjunto con Teck CdA la necesidad de habilitar nuevos instrumentos que permitan reemplazar aquellos considerados en el diseño y que se han perdido durante la operación del depósito, es decir los piezómetros de cuerda vibrante PE-20 en el muro MNO y PE-09 en el muro MO.

## 4.2. Deformaciones

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 una vez se liberan los frentes de trabajo.

### 4.2.1. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 4

En la Figura 4-33, se presenta la distribución de los monolitos proyectados para la E4. Al momento de la inspección, se encontraban operativos solamente los monolitos del muro MO, MO(S) y MS, los del muro MN se encontraban intervenidos por los trabajos de corte y retiro del muro, y tanto los del muro MNO como los del muro MP, aún no se construyen.

En las figuras 4-34 y 4-35, para los muros MN y MO(S), se presentan los asentamientos acumulados relativos a la E4, monitoreados en la plataforma operacional El. 1.162,5 msnm a través de las nivelaciones cerradas trimestrales de los monolitos y en el caso de MNO, se presentan los asentamientos acumulados relativos a dos plataformas de construcción, previo al reinicio de los trabajos para dar término a la construcción del relleno de transición. En ambas figuras la topografía base corresponde a aquellas realizada al momento de la construcción de los monolitos es decir a fines del año 2020.

En ambos casos, la escala vertical está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda, y en el eje de la derecha se muestra la escala del asentamiento registrado, de modo de poder apreciar de mejor manera los asentamientos. Para ambas figuras la línea azul presenta la El. teórica de la plataforma operacional a la El. de coronamiento de la Etapa 4, es decir El.= 1.162,5

msnm, y la línea roja corresponde a la plataforma operacional a la cual estaban montados los monolitos, la magnitud del asentamiento acumulado se representa a través de una línea **violeta** en la Figura 4-34 y **azul** en la figura 4-35.

En la figura 4-36, se muestran la curva de asentamientos de los monolitos del muro MS, en donde se puede apreciar un aumento de la tasa de asentamiento en el MS-01, que corresponde al monolito ubicado en el estribo oriente del muro, entre dos grietas transversales, sector donde el terreno se aprecia hundido superficialmente.

Figura 4-33: TMF, Monolitos Proyectados para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. WSP E&I (ex Wood))

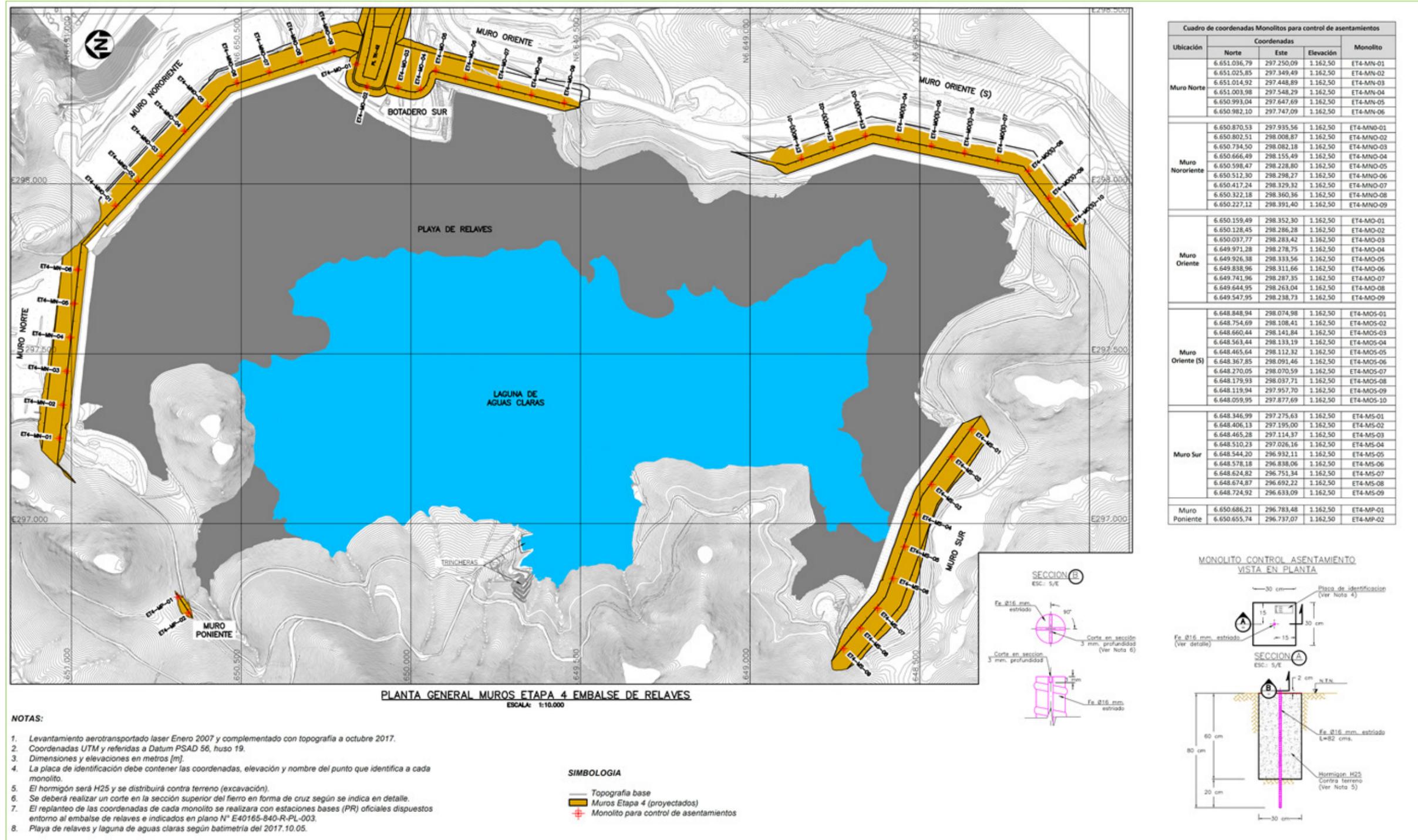


Figura 4-34: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MN (24 mo) y MNO (9 mo), (ref. WSP E&I)

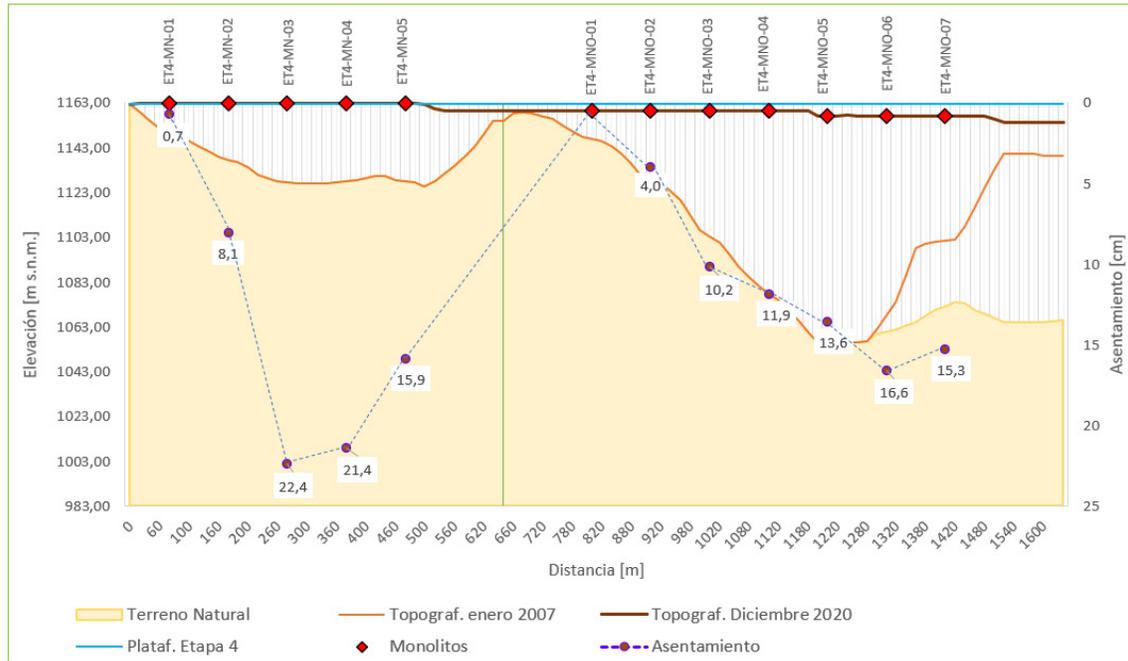


Figura 4-35: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MO(S) (15 mo) (ref. WSP E&I)

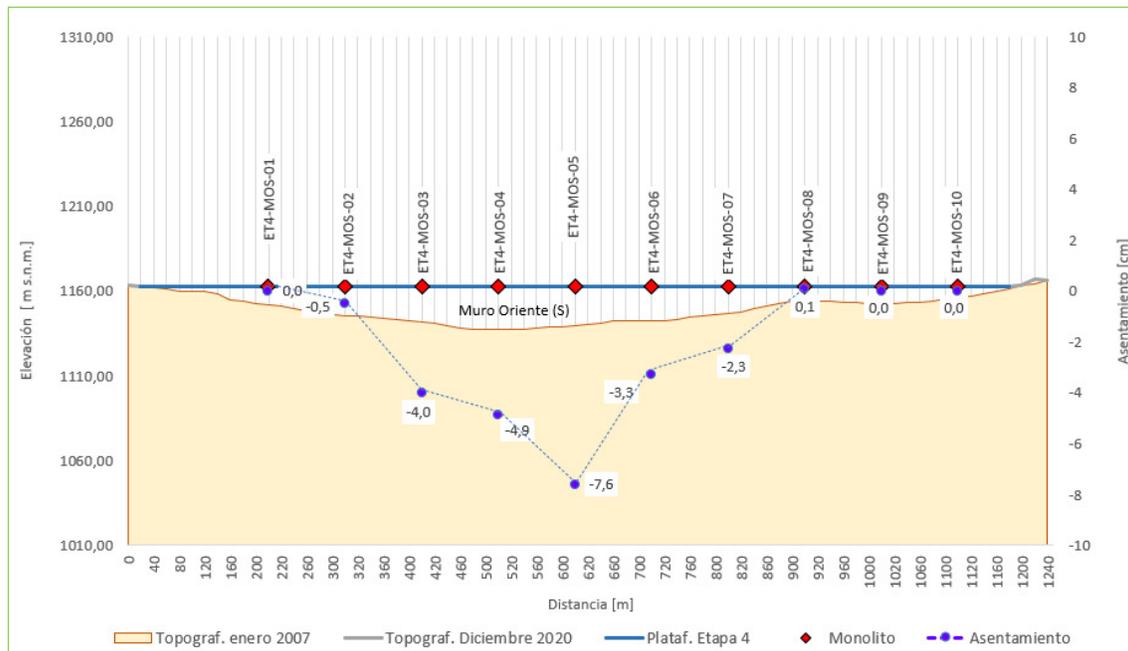


Figura 4-36: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MS (12 mo) (ref. WSP E&I)

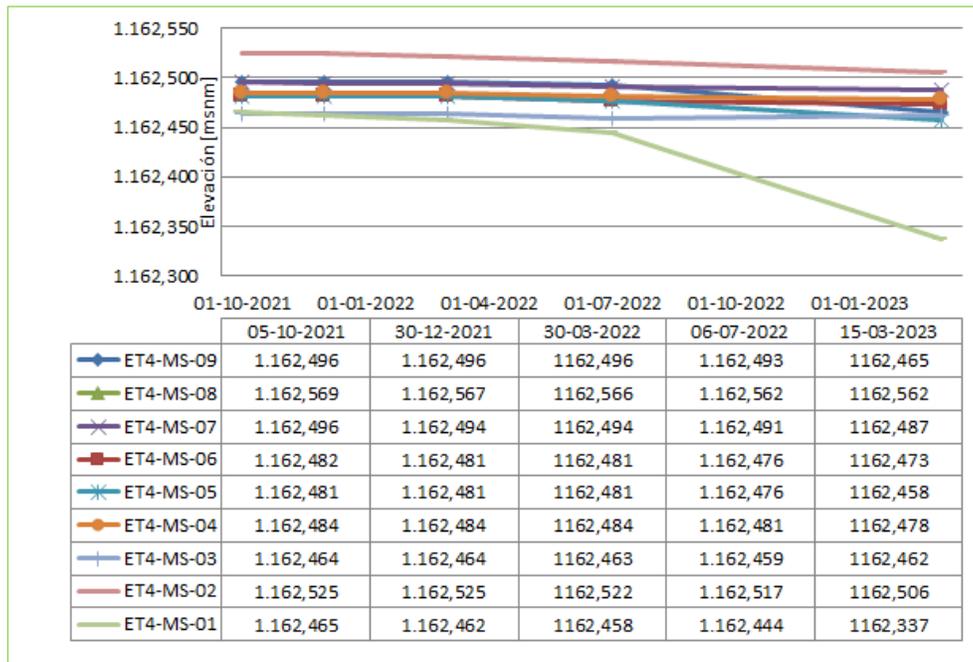


Figura 4-37: TMF, Prismas para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. WSP E&I)



#### 4.2.2. Prismas para control de Asentamientos

La Figura 4-37 indica la ubicación de los prismas instalados para el monitoreo de la Etapa 4. Los prismas se leen en tiempo real utilizando la estación total robotizada #1 emplazada hacia el nor poniente de la TMF (ver figura 4-37 “Caseta de Control y Monitoreo”, en simbología **magenta**).

En las figuras 4-38 a 4-41 se presentan los gráficos de elevación en el tiempo, de los prismas instalados en los muros MN, MNO, MO y MO(S), medidos mediante la estación total destinada del proyecto DTMS (ex TAPD2017) para un periodo de control, de 12 meses en el caso de los muros MN y MO y de 2 meses para los muros MNO y MO(S), para el año 2022.

Se deja establecido que durante el año 2022 los diversos trabajos de construcción que se desarrollaron en el depósito hicieron imposible dar continuidad a las lecturas de los prismas durante el periodo, por otro lado tal como se puede apreciar en los gráficos en todos los muros se reubicaron los prismas durante el Q4 del año 2022.

Respecto de los datos medidos para el muro MN se pueden apreciar vacíos de información durante parte del primer semestre y gran parte del segundo semestre con gran dispersión de datos antes de julio de 2022, los que guardan relación con la reubicación y reinstalación de los instrumentos debido a interferencias constructivas y / u operacionales. Para el Q4 del año 2022, todos los prismas se habían reubicado y se puede apreciar un registro menos dispersos, pero por un periodo de tiempo muy reducido.

Respecto de los datos medidos para el muro MNO, solo se disponen lecturas para el término del Q4 del año 2022, cuando todos los prismas se habían reubicado, se puede apreciar un registro estable, pero por un periodo de tiempo muy reducido.

Respecto de los datos medidos para el muro MO se pueden apreciar vacíos de información durante parte del primer semestre y gran parte del segundo semestre con gran dispersión de datos antes de julio de 2022, los que guardan relación con la reubicación y reinstalación de los instrumentos debido a interferencias constructivas y / u operacionales. Para el Q4 del año 2022, todos los prismas se habían reubicado y se puede apreciar un registro menos dispersos, pero por un periodo de tiempo muy reducido.

Respecto de los datos medidos para el muro MO(S) se puede indicar lo mismo que en el caso del MNO: solo se disponen lecturas para el término del Q4 del año 2022, cuando todos los prismas se habían reubicado, se puede apreciar un registro estable, pero por un periodo de tiempo muy reducido. Es importante destacar el registro que se dispone presenta mucha dispersión de datos, lo que se explica dado la distancia a la que se encuentra el muro desde la estación total robotizada #1, lo que se espera pueda ser resuelto con la habilitación de la estación total robotizada #2, emplazada

hacia el sur del depósito, recientemente instalada, y en proceso de comisionamiento al momento de escribir el presente informe.

**Figura 4-38: MN, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo, 01 de enero @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA).**

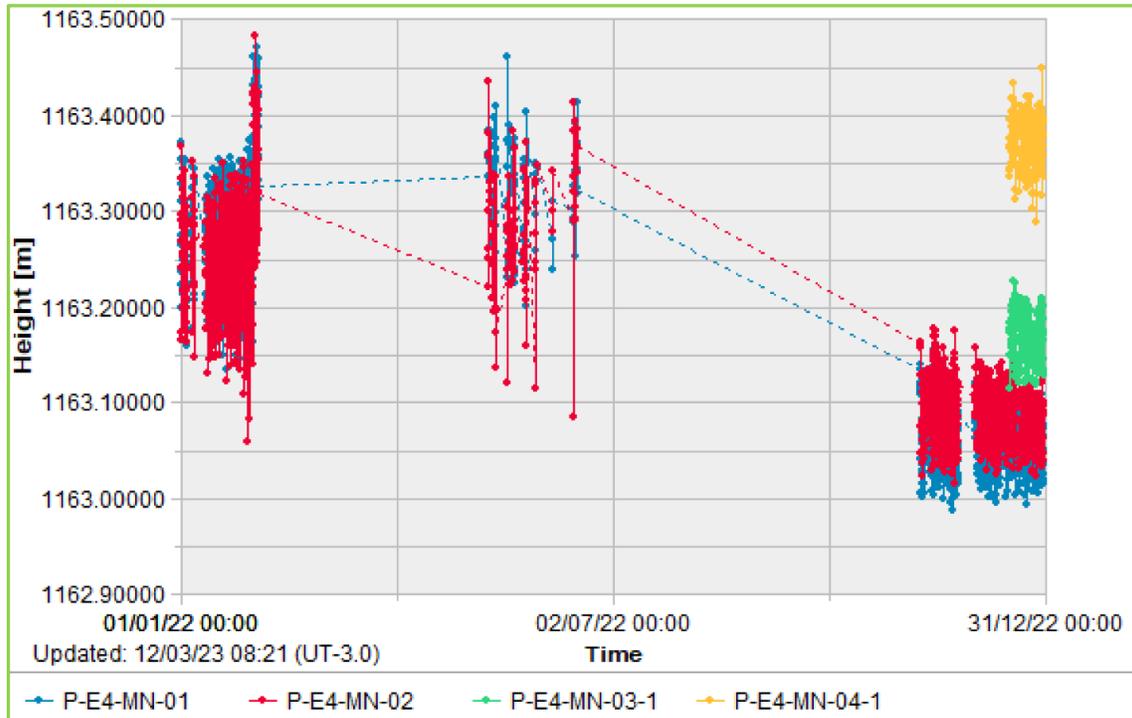


Figura 4-39: MNO, Asentamiento Prismas Etapa 4 (3 mo, 01 de octubre @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA).

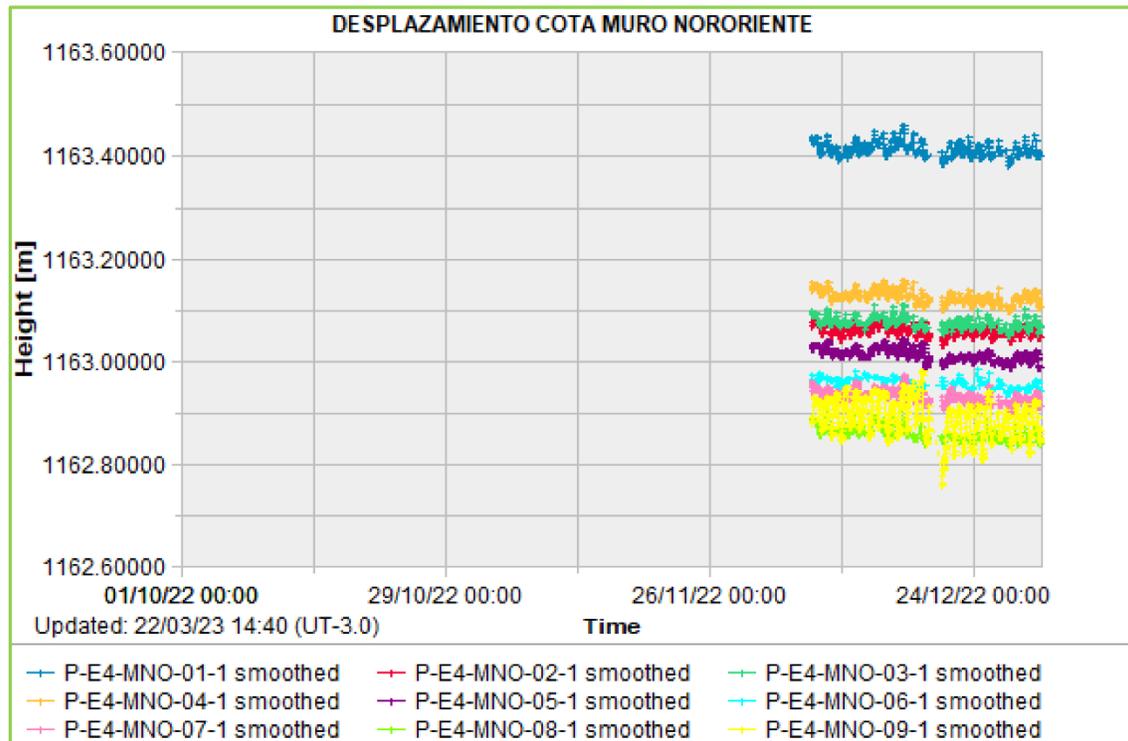


Figura 4-40: MO, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo, 01 de enero @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA).

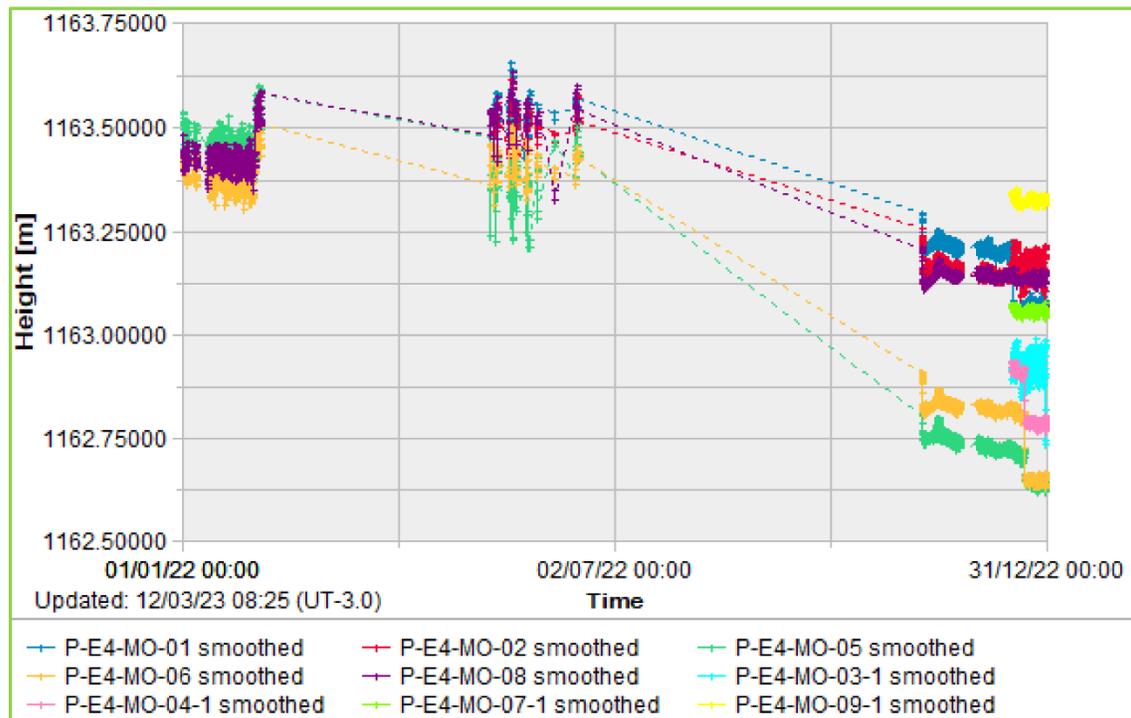
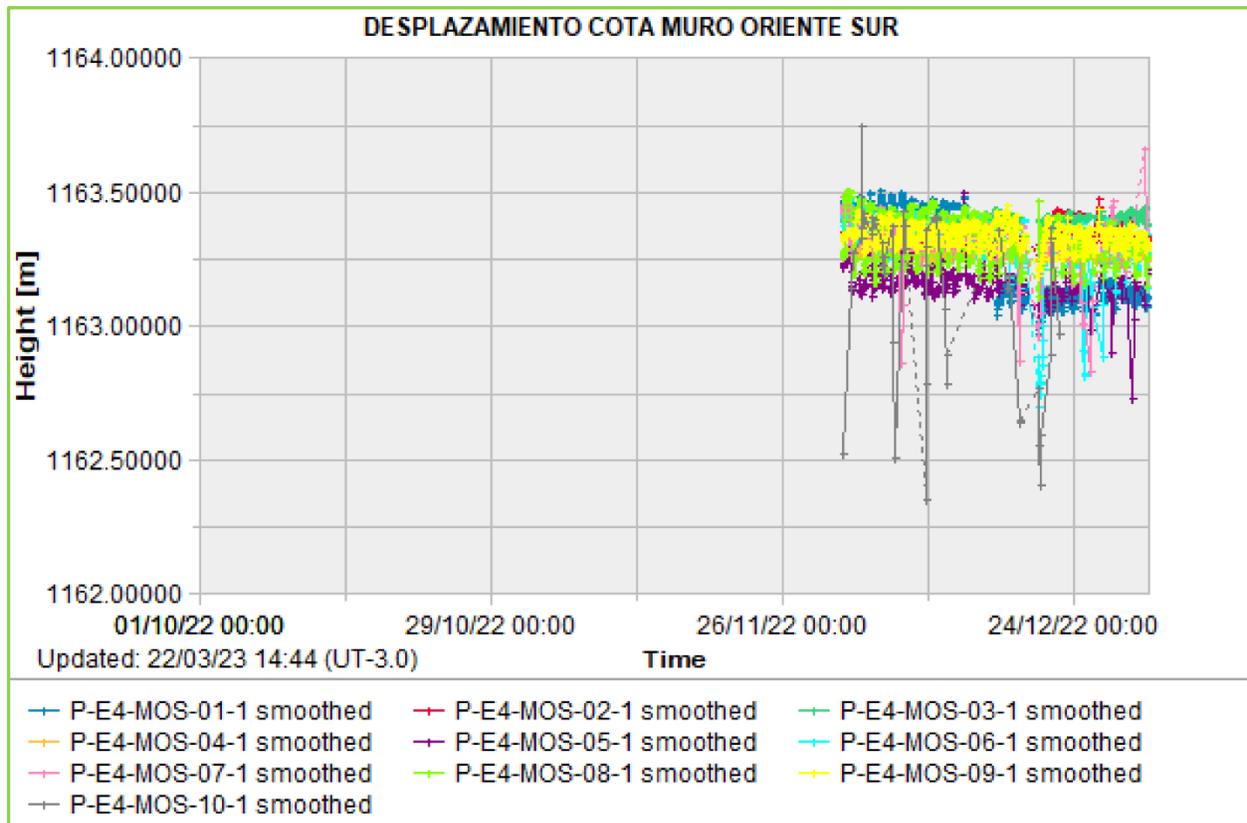


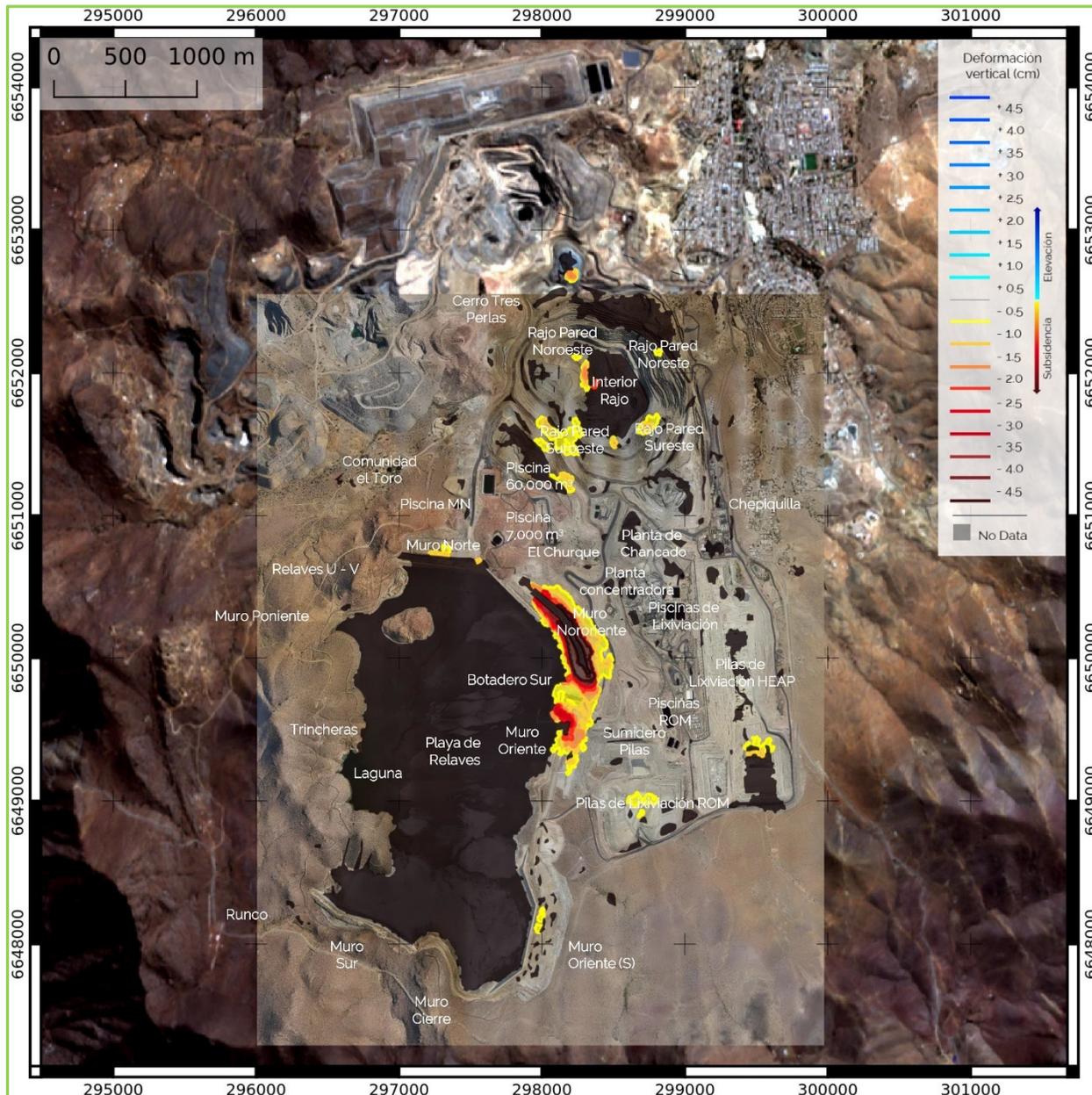
Figura 4-41: MO(S), Asentamientos Prismas, Etapa 4 (3 mo, 01 de octubre @ 31 de diciembre de 2022) (ref. DTMS, Teck CdA).



### 4.2.3. Monitoreo InSAR

Durante el año 2021 se retomó el monitoreo InSAR de la instalación de relaves, sobre la base de boletines mensuales durante todo el año 2022, según se puede apreciar en las siguientes figuras la que se presentan a modo de ejemplo:

Figura 4-42: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.02.26 @ 2022.04.03 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).



**Figura 4-43: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.11.09 @ 2023.01.04 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).**

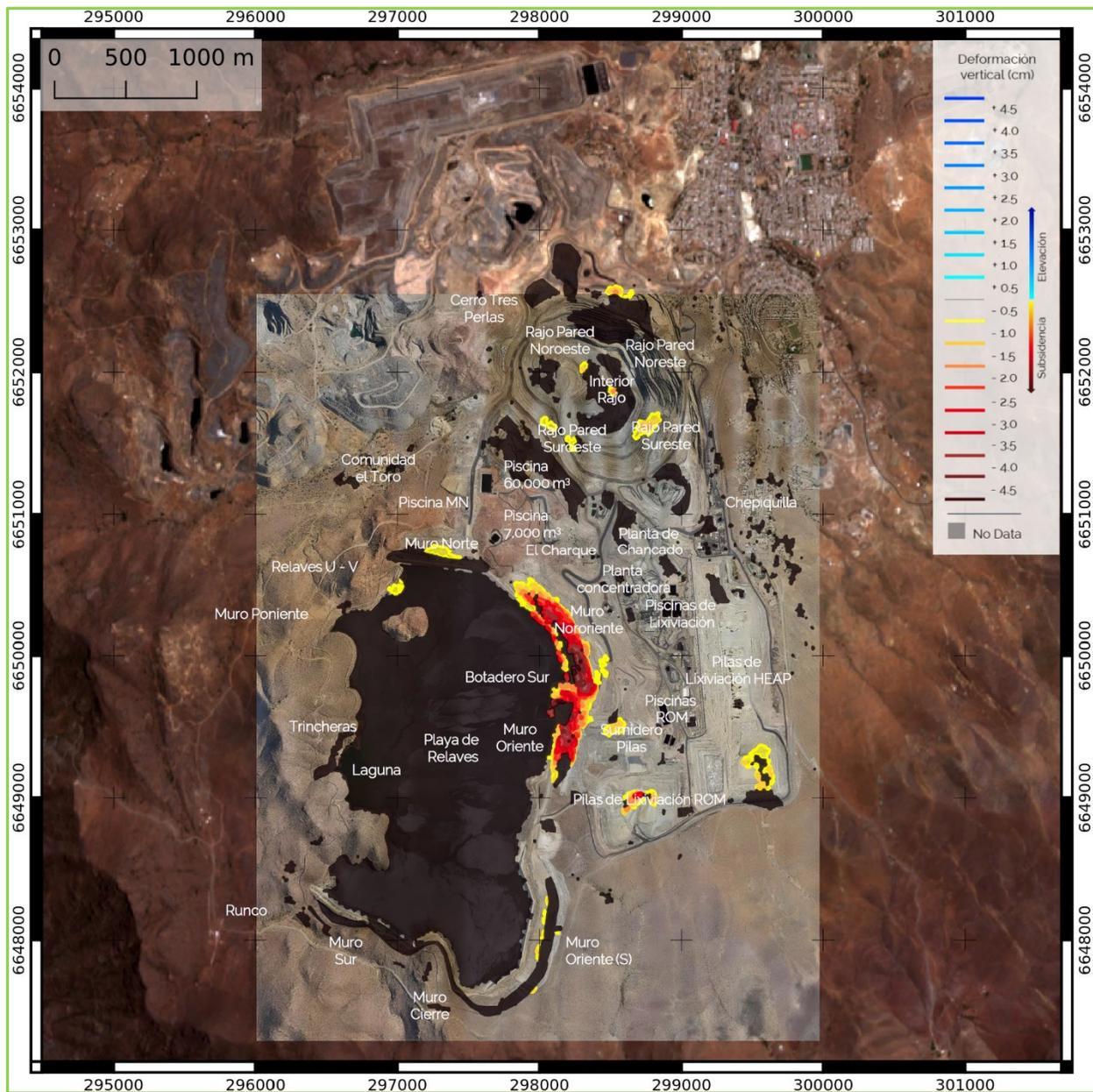


Figura 4-44: InSAR Deformación Horizontal Periodo 2022.02.26 @ 2022.04.03 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).

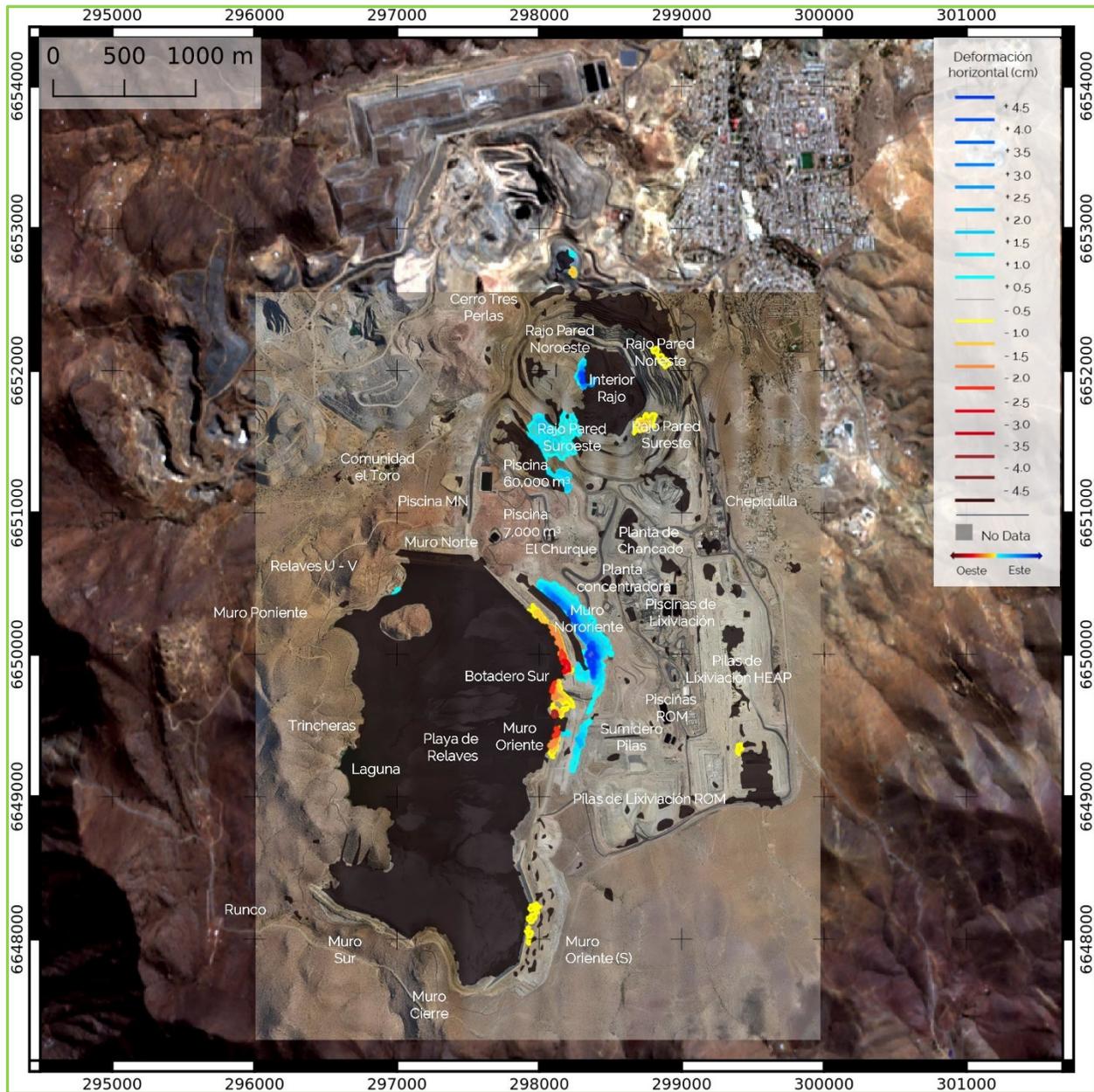
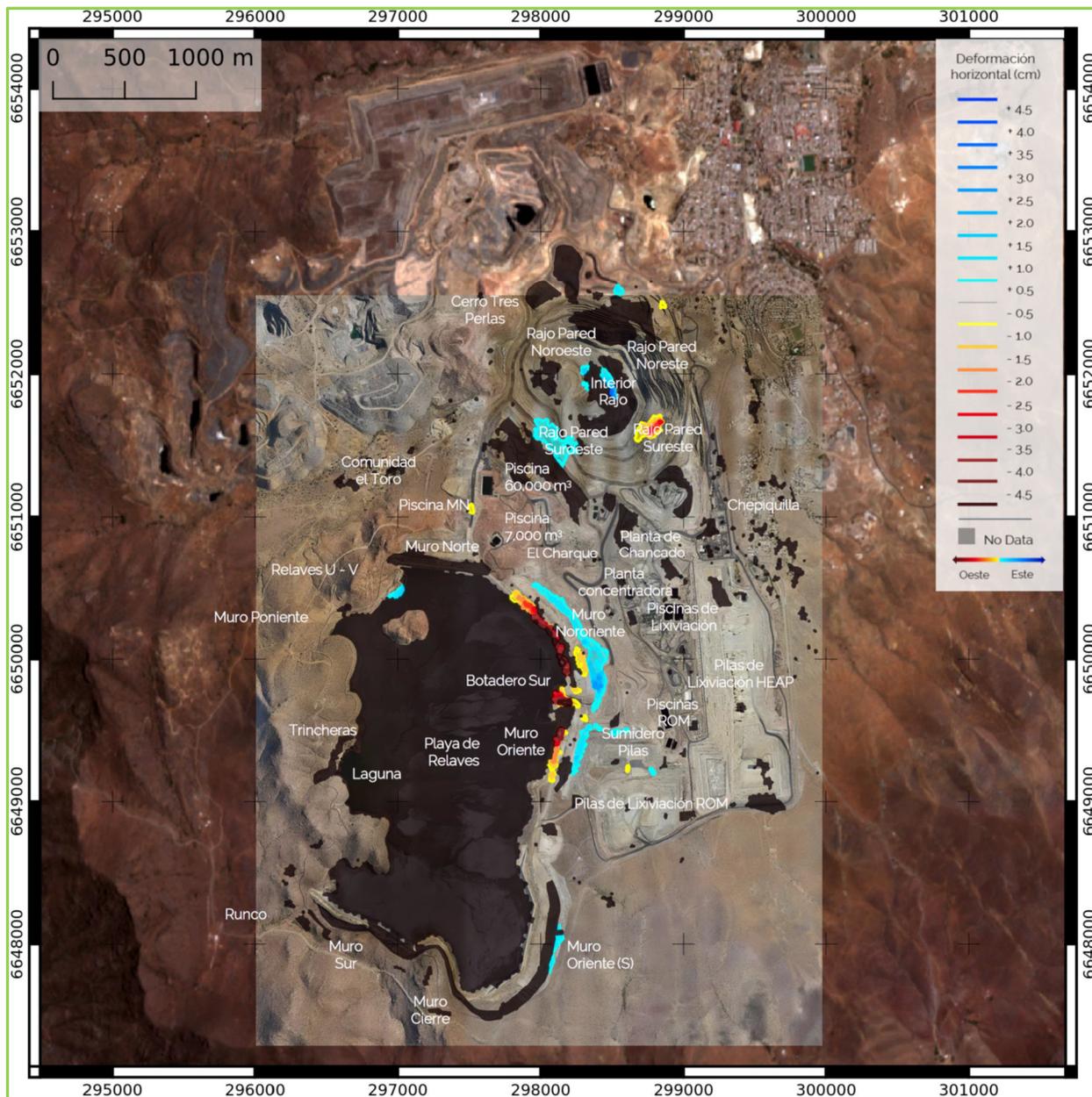


Figura 4-45: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2022.11.09 @ 2023.01.04 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).



Respecto de la deformaciones verticales, los datos entregados por el monitoreo InSAR son consistentes con las actividades de construcción durante el periodo de control, así como con los datos levantados mediante las nivelaciones cerradas trimestrales de los monolitos para control de asentamientos, y con aquellos leídos en tiempo real a través de los prismas distribuidos sobre la plataforma operacional a la cota de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento definido (El. 1.162,5 msnm). Lo anterior se traduce en un tercer control redundante para la variable operacional “asentamiento”, lo que es favorable desde el punto de vista del monitoreo de la seguridad de las estructuras del depósito.

Respecto de la deformaciones horizontales, los datos entregados por InSAR son consistentes con las actividades de construcción en la TMF, y se monitorearán de cerca durante el próximo periodo, de manera de entender de mejor manera el comportamiento de los muros, dado que este corresponde al monitoreo de una nueva variable dentro de los controles del depósito.

Es importante destacar que las zonas más activas desde el punto de vista de las deformaciones corresponden al MNO (sector centro y estribo sur), Pl. Tk-042 (ex BS) y MO (estribo norte), y que coincidentemente son aquellas que tiene interacción directa con el antiguo BS, ya que la E4 de los estribos de dichos muros y la plataforma Pl. Tk-042 se apoyan sobre el coronamiento del botadero. Tal como se ha dicho en ocasiones anteriores, el BS es una estructura que se construyó sin mayor control de compactación, por lo que es esperable este comportamiento en dichos sectores. Por otro lado, esta zona es la que ha recibido mayor depositación de relaves durante el año 2022, y se debe tener en cuenta que los relaves depositados promueven las deformaciones ya que cargan el talud interno de los muros, lo que también genera asentamientos.

Del mismo modo, la construcción del relleno masivo durante el año 2022, se ha concentrado en el MNO y MO, por lo que dichos rellenos son recientes, por lo tanto es esperable que presenten mayor actividad.

Se debe notar que en aquellos sectores en que el monitoreo InSAR muestra mancha negras, coinciden directamente con las zonas en que se ha cargado relleno masivo durante el periodo de control, con peraltes de enrocado de 2,0 m mínimo, lo que el monitoreo no puede interpretar como un asentamiento o surgencia.

#### **4.2.4. Conclusión Monitoreo de Deformaciones**

El monitoreo muestra que los rellenos construidos sobre el antiguo BS siguen presentando deformaciones esperadas, las cuales en el relleno de transición se reflejan en formación de agrietamientos principalmente longitudinales en la parte central de la berma de la El. 1.162,5 msnm, en el MNO, PL. Tk-042 (ex BS) y MO. Se recomienda continuar con el monitoreo permanente de estas zonas, según lo previsto y realizar un investigación sobre continuidad de agrietamientos en profundidad mediante calicatas y evaluar la necesidad de repararlas.

Debido a lo anterior es muy importante disponer a la brevedad de todos los monolitos para control de asentamientos diseñados para la etapa 4 de crecimiento diferido, de modo de dar continuidad al monitoreo, una vez se liberen los frentes de trabajo, y así disminuir al mínimo los periodos sin lecturas.

## 5.0 ESTABILIDAD

Durante la inspección de terreno para la Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves, se volvieron a apreciar agrietamientos en las plataformas operacionales al coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido de los muros MNO, PI. Tk-042 (BS), MO y MS, así como en los taludes de las mismas estructuras contenedoras.

Estas grietas se han relacionado con la inclinación del talud aguas arriba (1,6 (H) / 1 (V)), además de la exposición prolongada de altos taludes internos (de ~ 30 m) de relleno de transición, los que hasta la Etapa 3 se construían incluso 3 años antes de que comenzaran a operar.

En la inspección de terreno para el presente informe, no se detectaron condiciones de inestabilidad que comprometan la integridad de los diferentes muros del depósito de relaves, encontrándose en general todos los muros en buen estado y operando de acuerdo a lo esperado según el diseño.

## 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 la Resolución de Calificación Ambiental (RCA #104) y a los criterios de control internos de la compañía (autocontrol). Teck CdA maneja los reportes de calidad de agua de forma separada a los informes para las Revisiones Anuales del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (AFPR).

## 7.0 OBSERVACIONES DEL SITIO

### 7.1. Participantes

La inspección de Terreno se realizó el lunes 16 y martes 17 de enero de 2022, contando con la participación de los siguientes profesionales:

- Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro, WSP E&I (ex Wood), Santiago, Chile;
- John Pottie: Gerente Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago, Chile; y
- Josselyn Ibarra Neira, Especialista Geotécnica y Relaves, Teck Resources, Santiago de Chile.

### 7.2. Programación

Las actividades se desarrollaron de acuerdo con el siguiente programa:

Tabla 7-1: Programación AFPR 2023

Inicio	Término	Actividad	Estructura											
			Coronamiento	Talud AArriba	Estribos	Playa	Talud AAbajo	Pie	Sistema Colector de Filtraciones	Aforador	Piscina	Instrum.	Taludes	Terreno Natural
<b>lunes 16 de enero de 2023</b>														
8:00	8:30	Ingreso a Faena												
8:30	9:00	Reunión de Inicio												
9:00	9:20	Visita Mirador Cerro Tadera												
9:20	10:00	Inspección MN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
10:00	11:00	Inspección MNO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
11:00	11:30	Inspección BS	<input checked="" type="checkbox"/>											
11:30	12:00	Inspección MO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
12:00	13:00	Inspección MO(S)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
13:00	15:00	Almuerzo												
14:30	15:30	Inspección MS					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
15:30	16:00	Inspección Trincheras								<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
16:00	16:30	Inspección MP	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>
16:30	17:00	Inspección MN					<input checked="" type="checkbox"/>							
17:00	17:30	Inspección MNO					<input checked="" type="checkbox"/>							
17:30	18:00	Inspección MO					<input checked="" type="checkbox"/>							
<b>martes 17 de enero de 2023</b>														
8:45	10:00	Inspección MO(S)					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
10:00	11:00	Inspección MS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
11:00		Fin AFPR 2023												

Abreviaturas:

AAbajo / AArriba: aguas abajo / aguas arriba; y

Instrum.: Instrumentación;

### 7.3. Inspección

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

En general, el depósito se encontró en buen estado, sin evidencia de inestabilidades que pueden indicar posibilidades compromiso de la integridad del Depósito. Aguas arriba de los muros, se encontraron evidencias de agrietamientos en la zona de transición en sectores locales de los muros MN, MNO, plataforma Tk-042 (ex BS), muro MO y muro MS.

El peralte con relleno masivo ha alcanzado la cota 1.176 msnm en los muros MN, MNO, MO, y MO(S), en tanto, en el muro MS se está construyendo el relleno masivo para alcanzar dicha cota. En todos estos muros para la parcela #1 (hacia aguas arriba) se entrega 1,5 m por debajo de la cota de coronamiento de la Etapa 5, el que se completa con relleno de transición, correspondiente a la plataforma operacional E5.

El muro MP mantiene la cota de 1.162,5 msnm, logrado para la Etapa 4 a fines del año 2021.

Basado en la batimetría del 21 de diciembre de 2022, la laguna presentaría un volumen de 1.256.701 m<sup>3</sup>, con profundidades mayores a 5 m en la zona de la trinchera. La laguna se observa centrada hacia el poniente del depósito, en una posición central, con un leve crecimiento hacia el sur, pero siempre muy alejada de los muros.

Al momento de la visita, la descarga de relaves se estaba realizando desde el spigot de la descarga D8, ubicada en el estribo poniente del muro MS y rebosando en el sector del Tk-42 (ex BS).

Durante la actividad de perfilado aguas arriba de los muros, se suspende el monitoreo de deformaciones debido a la interferencia constructiva, incluso puede que sean retirados los instrumentos de control de asentamientos desde la berma inferior

#### 7.3.1. Extensión de Playas

Al momento de la visita la laguna de aguas claras presenta un volumen de ~1.000.000 m<sup>3</sup>, según batimetría del día 25 de enero de 2022, tamaño mayor al del año pasado (~600.000 m<sup>3</sup>). La Laguna se encuentra confinada y centrada hacia el poniente, cola del depósito, con un leve crecimiento hacia el sur de la TMF, muy alejada de las estructuras de contención manteniéndose durante todo el 2022 a una distancia superior a 400 m de los muros sin impermeabilizar del sector norte y centro del depósito (ver Figura 7-1).

Este tamaño de Laguna inusualmente alto, se puede explicar debido a dos (2) factores:

- Tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022): durante la cual cayeron en el sitio 174 mm en un plazo de 8 días, registrando un precipitación máxima en 24 h de 91,3 mm el 14 de julio de 2022; y
- Descarga de agua desde el rajo (09 de agosto @ 21 de octubre de 2022): se descargó agua de manera controlada desde la posición de la descarga D3 (~ 509.000 m<sup>3</sup>), producto del dewatering del rajo el que se encontraba inundado debido a la tormenta. El agua de las precipitaciones, se acumuló en el fondo del rajo, acidificándose debido a la mineralogía propia del pit, por lo que presenta un pH más bajo.

Respecto de lo muros, del sector Sur, se debe indicar que hubo periodos durante el año en que la laguna se apoyó contra el talud impermeabilizado de los muros del sector sur, principalmente, posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), antes mencionada.

El diseño actual de los muros requiere que se desarrollen y mantengan extensas y anchas playas de relave sobre el nivel del agua de la laguna, primordialmente para limitar la infiltración a través de los muros. En general, los muros no impermeabilizados no están diseñados para estar en contacto con agua, por lo que se requiere mantener alejada la laguna. La longitud de la playa de relaves sobre el nivel del agua de la laguna, se vuelve una característica clave en la operación de la TMF, dado que las pendientes de la playa en su mayor longitud son bastante planas, del orden de 0,3 % (por debajo de los valores estimados en el diseño) hacia aguas abajo de los sectores influenciados por la descarga puntual de relaves, en donde las pendientes que se desarrollan en una longitud aproximada de 255 m son levemente superiores (~ 0,55%). La longitud de la playa se maneja durante el periodo según el diseño, a través de las descargas de relaves distribuidas y por el manejo del nivel de la laguna de aguas claras, gobernado por el sistema de recuperación por bombeo. En particular, el manejo de la laguna es muy importante debido a que pequeñas fluctuaciones en el volumen de agua (por precipitaciones, evaporación y recuperación por bombeo) pueden modificar la longitud y superficie de la laguna, afectar los sólidos suspendidos y alterar la ubicación de la laguna. El diseño del plan de llenado para la TMF incluye el desarrollo de playas muy extensas, y los apozamientos de agua temporales localizados resultado de las características irregulares del terreno y/o debido a la distancia entre los puntos de descarga, no son una preocupación a medida que se llena la cubeta, dado que se eliminan en el corto plazo dentro del mismo proceso operacional de llenado del depósito.

Según lo anterior, el manejo operacional de la laguna de aguas claras se considera muy satisfactorio durante el 2022.

Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2022.12.21 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA).

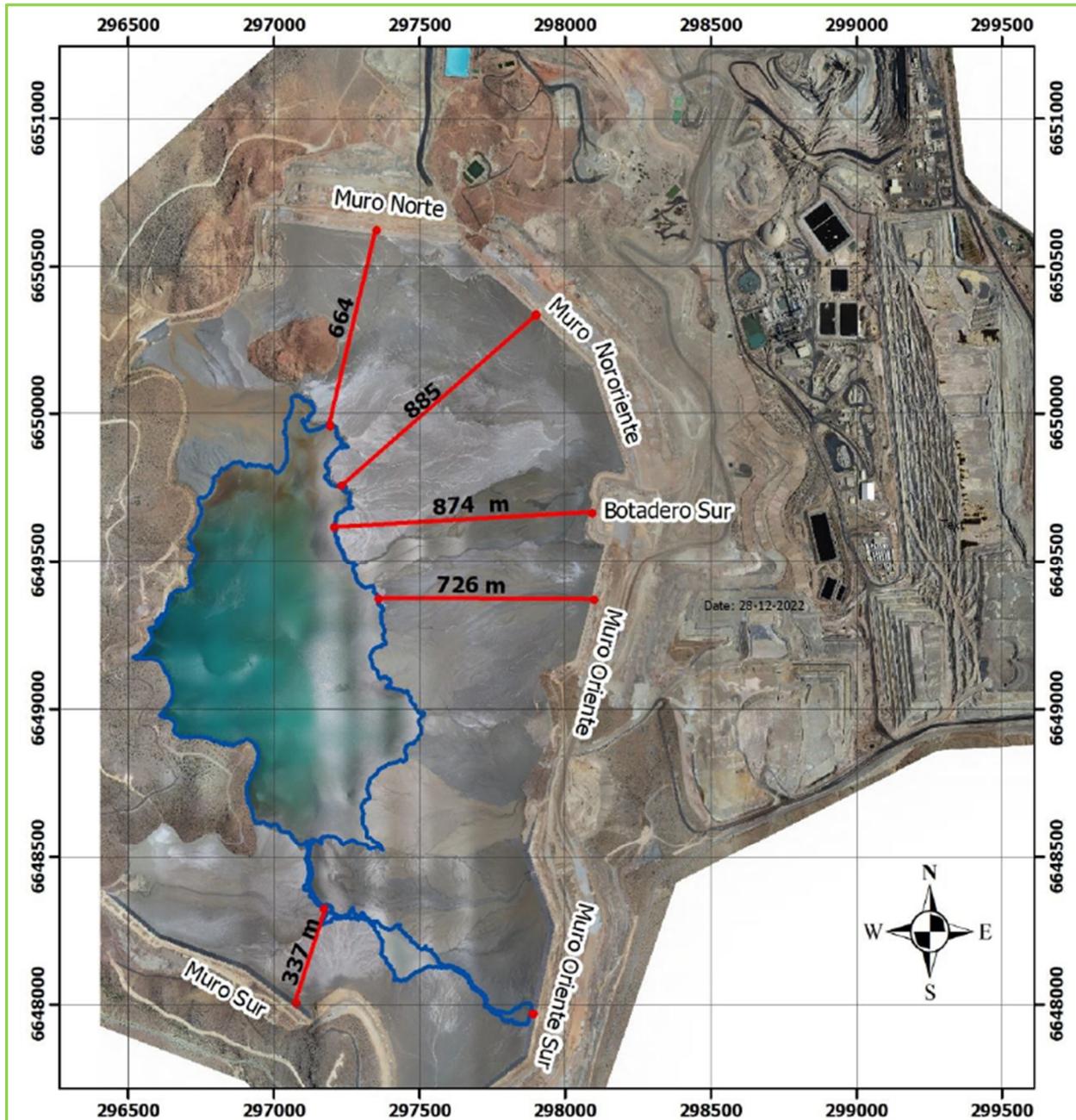
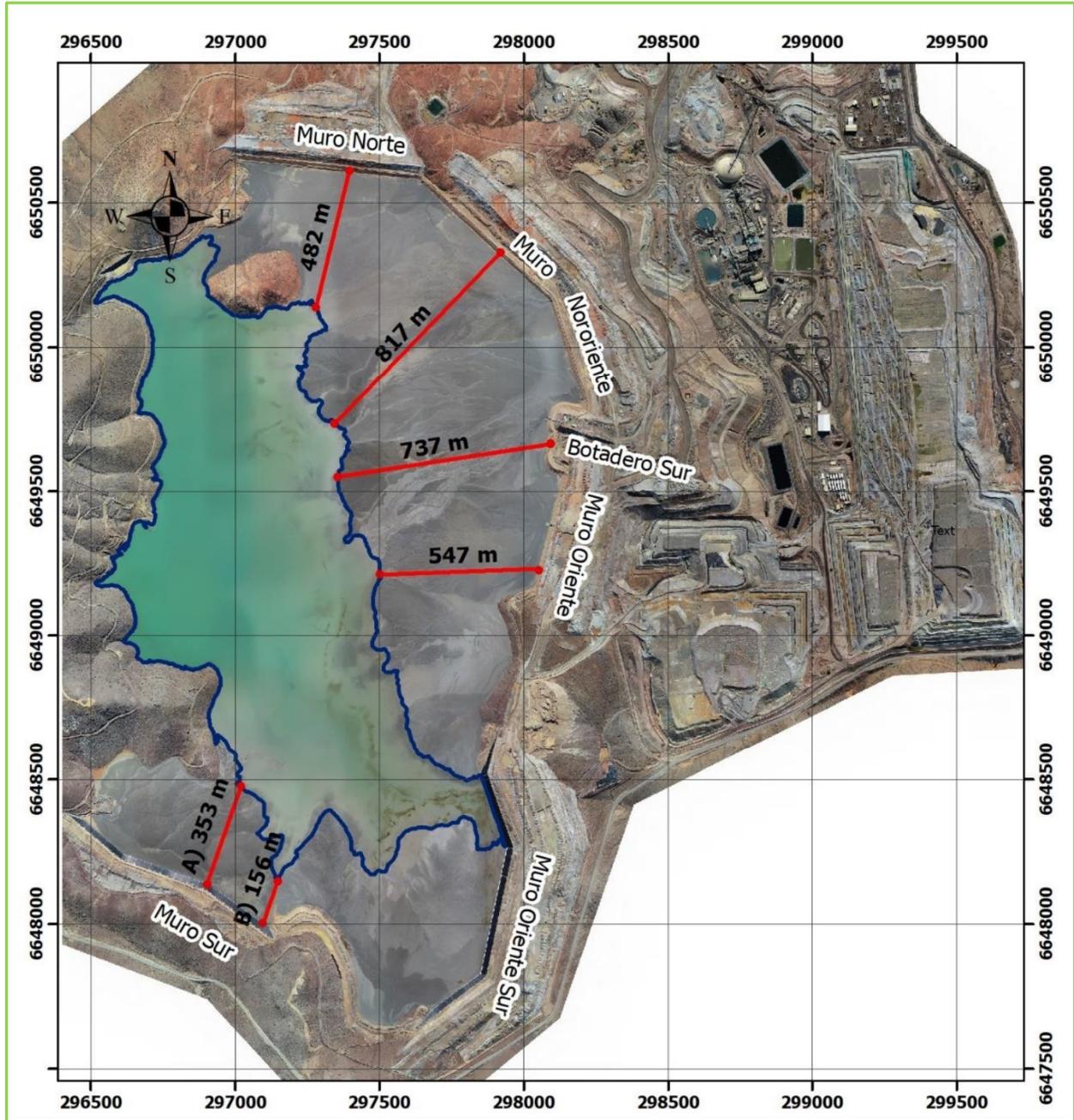


Figura 7-2: Longitud Playa de Relaves post tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), al 2022.07.20 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA).



### 7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición

Durante la presente inspección se constata en el sitio que la condición de los agrietamientos ha vuelto a lo visto previo al año 2020, observándose agrietamientos en la zona de transición para los muros MNO, PI. Tk-042 (ex BS), MO, MO(S) y muro MS.

Al parecer la causa más probable para la aparición de agrietamientos, son los esfuerzos de tensión en la zona de aguas arriba de la transición inducidos por la presión de la fuerza de arrastre de los relaves y el asentamiento del enrocado compactado, principalmente en áreas planas del BS, y sobre la cual se funda la E4 de los estribos sur / norte de los muros MNO / MO respectivamente, sumado a una cierta inestabilidad superficial de la capa de transición asociada a la inclinación del talud 1,6 (H) / 1 (V) para los muros no impermeabilizados del sector norte de la TMF. Una pérdida de agua y relaves dentro del enrocado puede ocurrir en caso que la grieta sea sometida a agua apozada bajo una alta carga hidráulica durante eventos de precipitación extrema o cuando la laguna de agua recuperada se acerque al muro, sin embargo, de acuerdo a los estudios realizados durante el año 2019, tanto para el Manejo de Crecidas (ver capítulo 3.2), como para la Actualización del Plan de Manejo de Relaves (WSP E&I, Q4 2021), y para la Evaluación de la Impermeabilización del coronamiento a la Etapa 3 de crecimiento diferido del Botadero Sur, indican que la posibilidad de ocurrencia no es creíble. Es necesario notar, que aun cuando han ocurrido eventos de precipitación extrema en el pasado, el más reciente en el mes de julio del año 2022, no ha habido evidencia de formación de hundimientos (sinkholes) en las superficies planas de la zona de transición, donde la escorrentía superficial pudiera haberse apozado. Además, para los eventos de agrietamientos anteriores la profundidad de las grietas exploradas se ha medido con valores máximos cercanos a los 0,8 m en superficies horizontales y 1,5 m en superficies inclinadas. Teniendo en consideración que el relleno de transición construido en superficies planas considera un espesor mínimo de 1,5 m y el ancho del relleno de transición en taludes es de 4,0 m, esto indica que la pérdida de transición hacia el enrocado es nula o mínima, por lo que se descarta que esta sea la causa de los agrietamientos.

Debido a lo observado durante la presente visita, WSP E&I (ex Wood) debe desarrollar un plan de exploraciones mediante calicatas sobre las plataformas operacionales, en los muros MNO, Pl. Tk-042 (ex BS), MO y MS que permita explorar las grietas en profundidad, para determinar su extensión y evaluar si comprometen el espesor completo del relleno de transición y, en caso que se requiera, definir el tipo de reparación que se debe aplicar en cada caso particular, ya sea mediante relleno de transición controlado, arena fina / media, y/u otro método que recomiende el EoR.

### 7.3.3. Filtraciones

Durante la visita, se observan filtraciones permanentes al pie aguas abajo del MNO del orden de los 13,2 L/s al término del periodo 2022 casi sin variación respecto del flujo registrado para el término del período 2021 (13,3 L/s). Del flujo total, un 29 % corresponde al agua captada por el sistema de drenaje basal del muro, un 33% corresponde a los afloramientos denominados CHQ Afloramiento (sur) y un 38% corresponde al afloramiento CHQ Afloramiento (norte) ex Poza.

Del mismo modo, se observan filtraciones permanentes al pie aguas abajo del MN, de 0,4 L/s al término del periodo equivalente a un 20% menos que el flujo registrado para el período anterior (0,5 L/s para 2021), las cuales no son captadas por el sistema de drenaje del MN (ver ítem 8.4.2).

Se debe considerar que entre agosto y octubre de 2022, se descargó agua de manera controlada desde la posición de la descarga D3 (~ 509.000 m<sup>3</sup>), producto del dewatering del rajo el que se encontraba inundado debido a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), lo que contribuyó a mantener el flujo de filtraciones en un valor similar al periodo anterior, a pesar de la poca utilización de las descargas D2 y D3, las que acumularon un 3% y 2% respectivamente de la descarga total de relaves del año 2022. Está demostrado que el flujo de afloramientos está influenciado por la operación de las descargas de relave en el sector.

El aforador aguas abajo del MO, en encuentra seco al momento de la visita, habiendo desaparecido el pequeño flujo de agua que se ha visto en visitas anteriores.

Durante todo el año se mantiene activo el flujo de agua en la cañería de conducción de drenajes desde el muro MO(S) detectado en septiembre del año 2021. Finaliza el año con un flujo de 1,2 L/s, un 300 % por sobre el flujo reportado par el término del año 2021 (0,3 L/s). El flujo ha sido reportado como permanente durante todo el periodo y presenta un pH ~3. Se deja establecido que al momento de la visita, la playa de relaves se encuentra parcialmente seca frente al MO(S), habiendo finalizado el día 19 de diciembre de 2022 la depositación de relaves desde el estribo norte del muro MO(S) (descargas D6B y D6C).

Se observa una filtración aguas abajo del muro MO(S) en el punto al centro del muro y al pie del talud aguas abajo (~0,1 L/s, pH ~ 3), la que actualmente se controla mediante obras provisorias.

Para WSP E&I (ex Wood) las filtraciones no son actualmente una preocupación, siendo manejables los caudales actuales de filtración. A medida que aumenta en altura el depósito de relaves, será importante mantener extensas playas de relave para ayudar a controlar y bajar el nivel de la superficie freática. Es esperable que las tasas de filtración aumenten ligeramente mientras la TMF crece, por lo que el monitoreo será un medio importante para planear y comprender la condición de las instalaciones.

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

Al momento de la inspección, se realizaban trabajos de corte y retiro en el talud aguas arriba de la Etapa 5 del muro, entre las cotas 1.162,5 msnm (coronamiento E4) y 1.176 msnm (coronamiento E5).

Durante la ejecución del corte y retiro del muro, se suspende la lectura de los monolitos y prismas ubicados en la plataforma operacional de la E4 (El. 1.162,5 msnm), los instrumentos se retiran para protegerlos, y como medida de seguridad, ya que no se puede ingresar a realizar nivelaciones cerradas durante la ejecución de los trabajos en el talud. Del mismo modo, aun no se instalan al coronamiento de la E5 de crecimiento diferido (El. 1.177,5 msnm) aún no se han instalado los instrumentos (monolitos y/o prismas), por interferir directamente con los equipos de movimiento de tierras.

No se detecta evidencia de grietas en el coronamiento del muro (Relleno masivo, El. 1176,0 msnm), tampoco en la plataforma operacional E4 (Relleno de transición, El. 1.162,5 msnm).

Se observa una erosión menor causada por la lluvia de la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022) en la cara aguas arriba de la zona de transición de cota 1.162,5 msnm hasta la cota de la playa, pero solo afecta a la zona de sacrificio de la transición, y no compromete la función o integridad de la zona de transición.

El apoyo del estribo poniente ha sido extendido hacia el poniente. El estribo ha sido escarpado en el sector de la fundación del apoyo del muro.

Al momento de la inspección no estaban operando las descargas de relaves en el sector del muro MN (D2 / D3, en los estribos poniente / oriente respectivamente). En la superficie del relave se observaron pequeños agujeros (sand boils), posiblemente inducidos por la consolidación natural de la playa, debido a la actividad sísmológica normal del sector en donde se emplaza la TMF.

Durante el año 2022, se han reanudado la descarga de relaves mineros antiguos, en el botadero de relaves UV hacia el sur del estribo poniente del muro MN. Cabe destacar, que se han colocado barreras duras para evitar el acceso al dicho sector, según recomendación de la inspección AFPR.2022.

Se observan tuberías de agua provenientes del sistema de dewatering de la mina y que cruzan rellenos no estructurales hacia el sector del estribo oriente del muro.

### 7.3.5. Muro Norte (MN) - Aguas Abajo

Se observa que los caudales drenados y el caudal de infiltraciones se mantienen constantes respecto del año 2021, y sus variaciones tienen que ver con la operación de las descargas (D2, estribo poniente / D3, estribo oriente) y/o la descarga controlada de agua (~ pH3) producto del dewatering del rajo inundado post tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022). No hay variación en las mediciones de los piezómetros, los que no registran nivel freático. Todo el sistema opera satisfactoriamente.

El flujo de drenajes que afloran del dren hacia la piscina de captación de filtraciones, hacia aguas abajo del muro MN, se observa constante y continuo durante el año 2022.

Teck CdA ha mejorado la captación del flujo de filtraciones que afloran desde el terreno natural aguas abajo del dren y de la piscina de filtraciones, mediante un pozo de captación y una bomba que retorna este flujo a la piscina de drenajes.

Respecto de la piscina colectora de drenajes, el Q4 del año 2019, al momento de la inspección para el AFPR.2022 se disponía de un sistema provisorio de bombeo por falla del equipo destinado, el que generaba un rebose de la piscina. Durante el Q2 del año 2022, se habilitó el sistema de bombeo definitivo que opera con un sensor de

nivel, el que se encontraba plenamente operativo al momento de la presente inspección, lo que permite una mayor garantía de mantener el nivel controlado.

Teck CdA ha reparado la filtración señalada en la inspección de 2022, en la cañería de agua que alimenta de agua fresca la planta, a través de la piscina de 7.000 m<sup>3</sup>. La cañería ha sido mejorada y reparada, y se habilitó sobre una plataforma de relleno compactado. Esto se ha ejecutado durante la segunda (2da) mantención mayor de la planta concentradora, durante septiembre de 2022. La cañería reparada presenta un distintivo color **verde**, respetando las especificaciones de montaje del proyecto de by pass específico.

### 7.3.6. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba

Al momento de la inspección, no se desarrollaban trabajos mayores en el Muro MNO. El corte y retiro de la Etapa 5 en la cara aguas arriba del muro (entre cotas 1.162,5 msnm y 1.176,0 msnm), no se ha iniciado. Tampoco se estaba en operación la descarga D4.

Se detectan grietas en la plataforma operacional al coronamiento de la E4 de crecimiento diferido (El. 1.162,5 msnm), a lo largo de casi toda la sección central de la plataforma y hacia el estribo sur (relleno construido sobre el BS), sistemáticamente en la zona de contacto entre el relleno de transición y el relleno masivo, la que se encuentra 1,5 m por debajo de la superficie de la plataforma. En algunos lugares, estas grietas se extienden hasta la cara aguas arriba del muro, y en un lugar en particular parece que ha formado una pequeña superficie de falla circular. También se observa por sectores una fisura del material de transición que no se perfiló.

En la zona aledaña a la descarga 4A, se observan fisuras longitudinales paralelas y, en general, una mayor humedad del material en las zonas cercanas a las descargas.

En la llegada del muro a sector del Botadero Sur, se incrementan los agrietamientos.

El monitoreo InSAR, completado mensualmente por DARES, en forma recurrente muestra deformaciones significativas en el MNO (principalmente hacia el estribo sur del muro) y la plataforma PI. Tk-042, del orden de 80 cm durante el periodo. Ambas estructuras están fundadas sobre el BS, el que se construyó sin una compactación controlada. Adicionalmente se insiste respecto a que este sector de la TMF es el que ha recibido la mayor cantidad de relaves depositados durante el año, lo que sumado a que es una zona muy transitada por equipos minero de alto tonelaje, debido a la construcción durante 2022 del relleno masivo correspondiente a la Etapa 5 de crecimiento diferido y a la existencia de un pequeño acopio de material de transición, todo lo cual favorece los asentamientos en el área.

Se inspeccionó también la superficie de la plataforma superior del muro, hacia el estribo sur en el empalme de la PI. Tk-042 (ex BS), a la cota El. 1.176,0 msnm, en la zona cercana a la ubicación de un pequeño stock de material fino, hacia el lado nororiente. No se detectaron agrietamientos ni evidencia de inestabilidad. Esto se atribuye a que, a pesar de las deformaciones, la circulación de los camiones de alto

tonelaje sella automáticamente cualquier grieta al compactar el material de relleno a su paso.

No se ha escarpado el cerro en el estribo poniente del muro MNO, al costado del estribo oriente del muro MN.

### 7.3.7. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo.

Tanto la piscina de recolección de drenaje y filtraciones (sector Churque), como sus tres fuentes de flujo: sistemas de drenaje, captación CHQ Afloramiento (norte) ex Poza y captación CHQ Afloramiento (sur), así como sus correspondientes vertederos; se observan en buen estado, operando normal y satisfactoriamente. El color del agua en la piscina es más turbia comparado a años anteriores, como consecuencia del flujo desde los pozos profundos de captación de agua en la zona, correspondientes al sistema de abatimiento piezométrico del rajo (pozos PHB-10, PHB-28, PHB-29 y PHB-30).

No se observa mayor cambio respecto de años anteriores, en las dos zonas de filtración observadas en la pata de la rampa de acceso al sector.

El acelerógrafo (en terreno natural) instalado en el sector Churque no se encuentra operativo, quedando fuera de operación desde la tormenta de julio de 2022 (09 @ 16 julio). Este instrumento desde su instalación, ha presentado numerosos períodos fuera de operación debido a inundaciones cuando el sistema de bombeo no opera o en caso de eventos de lluvia importantes.

### 7.3.8. PL. Tk-042 (ex BS)

El botadero sur es una gran protrusión (alto y ancho) de desechos mineros vaciados hacia la cubeta del depósito, antes de la construcción de la TMF, entre el muro nororiente y el muro oriente, sobre la cual se fundarán las etapas 4, 5 y 6 de los estribos sur y norte de los mencionados muros respectivamente.

Durante la visita se observa que la plataforma a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido se encuentra totalmente cubierta por la playa de relaves con un espesor de ~ 9 m, sin evidencia de sinkholes tanto en la playa, como en el talud aguas arriba de la estructura contenedora.

En la plataforma destinada para el estanque de distribución TK-042, a la elevación de coronamiento de la E5 de crecimiento diferido (El. 1.177,5 msnm), continúa operando el sistema de bombeo para la distribución de relaves.

El material estéril en el botadero sur fue cargado en grandes espesores sin compactación y con bastante variación de la granulometría del material de relleno. Ha habido un importante interés sobre el diseño y la operación en esta área, relacionado con restringir tanto las filtraciones, como la entrada de relaves al enrocado y la posibilidad de formar un hundimiento (sinkhole) dentro del cual una cantidad no controlada de agua y relaves pudiera ser liberada desde la TMF hacia aguas abajo, al

momento que la TMF haya aumentado su altura (según lo planificado), al respecto se puede indicar que todos los estudios recientes desarrollados por WSP E&I (ex Wood), indican que la ocurrencia de un sinkhole en el sector no es creíble, incluso ante la presencia de agua. Tampoco son creíbles otros posibles modos de fallas identificados, tales como: (a) overtopping, (b) Inestabilidad) y / o (c) erosión interna (Taller FMEA 2021, Etapa 4).

Se requiere continuar con el monitoreo en el área y cumplir con el actual plan de llenado, el que contempla desarrollar una playa muy extensa en el sector. Sin embargo, considerando las grietas que se han vuelto a apreciar durante la presente visita en el material de la zona de transición y la certeza que habrá actividad sísmica regularmente en el área, se debe mantener un esquema robusto de operación para asegurar una playa de relaves extensa, por sobre el nivel de la laguna de aguas claras, el foco para esta área desde el punto de la operación es levantar la playa durante los meses de verano, para mantener alejada la laguna de la crecida producto de las precipitaciones. El monitoreo de las filtraciones, el nivel freático, los asentamientos y la aparición de agrietamientos, son clave para garantizar la seguridad de este sector.

Se inspeccionó la parte superior de la plataforma del TK 42, berma 1.162,5 msnm, el sistema de bombeo y las tuberías de distribución. Todavía se observan deformaciones que se reflejan en la aparición de agrietamientos en la plataforma operacional a la elevación de crecimiento de la E4 de crecimiento diferido (El. 1.162,5 msnm), la cual presenta agrietamientos, incluyendo la zona donde está localizado el rebose. En un sector se realizó el sellado de las grietas rellenando con arena, esquema que fue recomendado por WSP E&I (ex Wood).

Actualmente, para la depositación de relave sólo se usa el rebose en la parte frontal de la plataforma TK-42, sin embargo en caso de necesidad, puede usarse un rebose sur. En la zona del rebose, la plataforma se observa agrietada, muy seguramente relacionado con la humedad permanente del relleno por la descarga.

En la zona adyacente a la sala eléctrica, hacia agua abajo de la plataforma en el sector sur oriente, se encuentra habilitado un acelerógrafo (en relleno), el cual está operativo, lo que se considera una mejora importante.

El lunes 21 de febrero de 2022, ocurrió una fuga de relaves debido a una rotura de la línea principal de distribución, la cual fue detectada por el operador de relaves y controlada en un par de horas, se deja establecido que el derrame de agua y relaves causó erosión del talud de la plataforma Tk-042, pero quedó contenida 100% dentro del depósito, sin derramar hacia aguas debajo de la TMF. Se observa la construcción de un cajón para retener relaves, en caso de una nueva rotura de cañería. Además, en la parte superior se empalmó el relleno con el MO, incluyendo la zona que fue afectada por el derrame que generó una cárcava, la que fue rellenada durante el año mediante la colocación de relleno masivo.

Se observan grietas en la plataforma Tk-042 a la cota de coronamiento de la Etapa 5 de crecimiento diferido (El. 1.177,5 msnm), principalmente en el sector de hormigones, entre la fundación de bombas y el radier circundante, y en el sector norponiente de la plataforma, en el coronamiento del talud norte.

### 7.3.9. Muro MO – Aguas Arriba.

Al momento de la inspección, no se observaron trabajos mayores en el muro MO.

El relleno masivo de la E5 del muro se encuentra terminado a la cota 1.176,0 msnm. Se encuentra pendiente el corte y retiro del muro en su talud aguas arriba, paso previo a la colocación de la transición.

En la plataforma operacional de la E4 a la cota 1.162,5 msnm, se observan derrames del material para relleno masivo. En esta misma plataforma, se observan agrietamientos en la parte del empalme con la Pl. Tk-042 (ex BS), y por sectores, en la parte central de la plataforma hacia el estribo norte, normalmente en el punto de contacto entre la transición y material de relleno de masivo. Estas últimas grietas se extienden en algunos lugares hasta la cara aguas arriba del talud.

Descarga 5 sin mayores observaciones. No se observa descarga de relaves aguas arriba del muro oriente durante la inspección. Se encuentra evidencia de ruptura de válvula reciente en el punto de descarga en el centro de este muro, con derrame de relaves pero sin causar erosión o un problema mayor.

### 7.3.10. Muro MO – Aguas Abajo.

Se ha mejorado la estación de monitoreo al pie del muro, en el lado norte, incluyendo la protección mediante gaviones que constituyen una pequeña berma en el sector de la estación del piezómetro PZ3 nuevo.

Se recorrió el sector norte, se observan filtraciones muy mínimas (despreciables) del sistema de drenaje, de acuerdo con el flujo observado en la estación de aforo, aguas abajo de la pila ROM.

Se encuentra construida la estructura de un nuevo vertedero para control de aguas drenadas el cual va a reemplazar el antiguo deteriorado por deficiencia de construcción, faltando aun, al momento de la inspección, trabajos de piping y la instalación de la placa aforadora.

La excavación sobre la descarga del dren central del muro oriente, ha sido cubierta con hormigón desde la inspección en el año 2022.

### 7.3.11. Muro MO(S) – Aguas Arriba

Al momento de la inspección, no se realizaban mayores trabajos en este sector. Se había terminado completamente el corte y retiro del talud aguas arriba del muro para la E5 de crecimiento diferido, para dar paso a la actividad de construcción del relleno de transición.

El peralte del muro ha alcanzado la cota El. 1.176,0 msnm. La Plataforma operacional a la E4 de crecimiento diferido (El. 1.162,5 msnm), presenta escombros, además, se observan algunos agrietamientos. En el estribo norte de este muro, existe suelo o roca natural que interfiere con la futura construcción del relleno de transición, E5.

Se detectaron dos tuberías de HDPE de pequeño diámetro en el talud aguas arriba del muro.

No se detectan grietas en las secciones central del muro MO(S), ni en la plataforma operacional E4, (El. 1.162,5 msnm).

Respecto de la última inspección del año 2022, se observan mejoras de la protección con enrocado sobre geotextil de la zona de empalme y anclaje de la geomembrana en la cara aguas arriba del muro (estribos norte y sur), de esta manera se evita la erosión del relleno de anclaje del liner, por escorrentía superficial ante eventos de precipitaciones.

No obstante lo anterior, se detecta que en el anclaje en la plataforma operacional E4 (El. 1.162,5 msnm), el liner está expuesto en varios sectores.

No se observó la presencia de aire atrapado bajo la geomembrana dispuesta en el talud.

No había depositación de relaves aguas arriba del muro MO(S), durante la inspección.

### 7.3.12. Muro MO(S) – Aguas Abajo

Se recorrió la totalidad de la traza del muro.

En particular, se inspeccionó una filtración en la pata al eje del muro, la que apareció el 13 de junio de 2022 (~ 0,2 L/s, ~ pH 3), para luego desaparecer el 23 de julio, posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022) y luego de mejoras en la tubería de conducción de drenajes. Sin embargo, reapareció el 15 de octubre de 2022, presentando al momento de la visita un caudal de ~ 0,15 L/s, en tanto las aguas conducidas por el sistema de drenaje presenta una caudal de ~1,5 L/s. Se ha podido relacionar la variación de estos flujos con la operación de las descargas de relaves, hacia aguas arriba tanto en el estribo norte (D6B / D6C), como en el estribo sur (D7). Recientemente se inspeccionaron los primeros 250 m de la cañería conductora de drenaje, sin encontrar obstrucciones.

Para controlar esta filtración, Teck CdA utiliza unas pequeñas piscinas excavadas en el terreno natural y revestidas con HDPE para almacenar el agua. El agua se evacua mediante bombeo a través de bines. En el momento de la inspección, la filtración estaba fluyendo, sin embargo, no había bombeo.

Teck CdA ha mejorado la descarga del dren principal ubicado en el lado norte de la pata del muro, y se está construyendo un nuevo aforador. Teck CdA está trabajando

en un diseño definitivo de todo el sistema de manejo de filtraciones para este muro, desde el muro MO(S) hasta el muro MO.

También se recorrió la zona donde existen piques mineros, esto es sobre la traza aguas abajo del tramo central del muro MO(S), hacia el norte del estribo norte del muro. Se aprecian una serie de antiguos piques mineros abandonados y distribuidos en dirección norte y nororiente. La preocupación es que pudiese existir alguna continuidad entre piques que permitiese flujo de aguas arriba hacia aguas abajo del muro. Al momento de la visita, los piques, se encuentran cercados con madera y alambre. Cada cerco tiene puerta y candado y al menos en dos (2) cercos, los candados que protegen el ingreso se encuentran rotos.

En el sector aguas abajo, hacia el norte se encuentra un acopio de finos, para construcción de transición.

### 7.3.13. Muro MS – Aguas Arriba.

Al momento de la inspección, se trabajaba en el relleno masivo de la E5 de crecimiento diferido, desde la cota El. 1.162,5 msnm, hasta la cota 1.176,0 msnm, mediante la colocación de capas de 2,0 m de espesor. El peralte del muro MS se va construyendo de oriente a poniente.

Hacia aguas abajo de la traza del relleno masivo en construcción correspondiente a la E5 de crecimiento diferido, se aprecian camionadas a piso de relleno masivo dispuestas como pretil de seguridad, las que está colocadas sobre terreno sin escarpar, si bien la cobertura de suelo orgánico es muy pequeña en el sector del muro MS (0,1 – 0,2 m), se insiste con el personal de terreno, respecto de la necesidad de que cada zona a intervenir por los trabajos de construcción de muros debe estar debidamente escarpada hasta un límite de 10 m fuera de las trazas de diseño. En el relleno masivo del muro, se observan bolones con tamaño mayor a 1,0 m, que es el tamaño máximo de este relleno de acuerdo con las especificaciones técnicas.

A pesar de la presencia de varias obstrucciones por derrame del enrocado, fue posible inspeccionar la plataforma operacional de la E4 de crecimiento diferido.

Se observa la presencia de grietas transversales en el muro, cerca de su estribo poniente, atravesando no solamente la zona de transición, sino que también el muro a la cota 1.162,5 msnm. Estas grietas se ubican en un lugar de cambio de la pendiente natural, y probablemente es el resultado de deformaciones del muro en este lugar. Estas grietas fueron observadas en 2022, pero se aprecia que han aumentado de tamaño.

Se observa que el anclaje de la geomembrana, en el sector de los estribos oriente / poniente, se ha colocado un enrocado de protección, similar al colocado en el muro MO(S). Con esto se evita la erosión del relleno de anclaje por escorrentía superficial posterior a precipitaciones, ocurridas en años anteriores.

No se observaron zonas con aire acumulado debajo de la geomembrana en la cara aguas arriba del muro.

En el momento de la inspección, la descarga de relaves mantenía en operación la Descarga D8, hacia el norte del estribo poniente del muro.

#### **7.3.14. Muro MS – Aguas Abajo**

Se visitó la zona del pozo de monitoreo PZ1 y la estructura hidráulica donde confluye el drenaje de la zona; no existen flujos de agua, el sector se encuentra seco.

#### **7.3.15. Muro Poniente – Aguas Arriba.**

Al momento de la visita se encontraba concluida la Etapa 4 del Muro MP. El talud aguas arriba se encuentra completamente impermeabilizado con liner. No se observaron trabajos mayores al momento de la inspección. La cota construida del muro alcanzó la cota El. 1.162,5 msnm (E4). No se estaban depositando relaves en el sector, al momento de la inspección.

Se inspeccionó el coronamiento del muro y la geomembrana, observándose en buen estado, sin la presencia de grietas.

En la parte superior de esta etapa se encuentran ya instalados y 100% operativos los piezómetros y sus cajas: M1 y M5, Casagrande, ambos habilitados en los estribos norte y sur respectivamente y M2, M3 y M4 (cuerda vibrante, en el centro del muro).

#### **7.3.16. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.**

Al momento de la vista, las bombas se encuentran montadas y operando normalmente en la posición # 8B de la trinchera #8, la profundidad de la laguna en el sector de bombeo es mayor a 5,0 m, lo que se encuentra muy por encima del mínimo operacional de 0,80 m, lo que permite operar las bombas de recuperación de agua, sin el peligro de succión de relaves desde el fondo de la trinchera.

Al momento de la visita se realizaban trabajos de excavación de la trinchera # 10A, correspondiente a la siguiente ubicación de la estación de balsas del sistema de recuperación de aguas claras. Se realizaron dos (2) tronaduras durante el periodo, y se trabaja en remover la roca tronada (marina) con excavadora, y en donde se requiera, se utiliza pica roca (“picotón”). La marina removida se dispone en un botadero ubicado al hacia el sur de la posición de la trinchera #10A.

Fue necesaria una segunda tronadura debido a que la tronadura principal no obtuvo el resultado esperado, no logrando la línea final de la pared, dejando un bloque de roca fracturada en el talud de excavación, claramente relajada por efecto de las tronaduras. Además, se observan grietas en terreno natural, en la plataforma superior a la excavación. Ambas condiciones representan un riesgo de desprendimiento de material sobre los equipos trabajando en la zona, y en el largo plazo, sobre las bombas instaladas, durante su operación.

Debido a lo anterior, se recomendó detener los trabajos hasta no contar con una evaluación de un geotécnico / geomecánico. La condición fue discutida en campo con personal de Teck CdA, WSP E&I (ex Wood), y el contratista COOPTRANS, y se dejó bajo evaluación para desarrollar un plan de mitigación. El contratista construyó un pretil temporal de seguridad para proteger su personal y equipos mientras la evaluación es completada por WSP E&I (ex Wood) y Teck CdA.

### 7.3.17. Instrumentación y Monitoreo

Se visitó la zona donde se proyecta la Nueva Estación de Monitoreo, habilitada con una segunda estación robotizada, que permitirá monitorear el sector sur del depósito. Se cuenta con la caseta para el equipo, pero este no ha sido instalado. En esta zona, que queda en afloramiento rocoso, se instalará próximamente un acelerógrafo (en roca).

El monitoreo de deformaciones, en base a sistema InSAR y a monolitos, muestra que las deformaciones de los rellenos construidos sobre el antiguo botadero sur (BS), siguen presentando deformaciones, las cuales en sectores de la transición se traducen en agrietamientos, principalmente longitudinales en la parte central de la de la plataforma operacional E4, a la cota El.1.162,5 msnm, en la Pl. Tk-042 (ex BS), y en los muros MNO y MO.

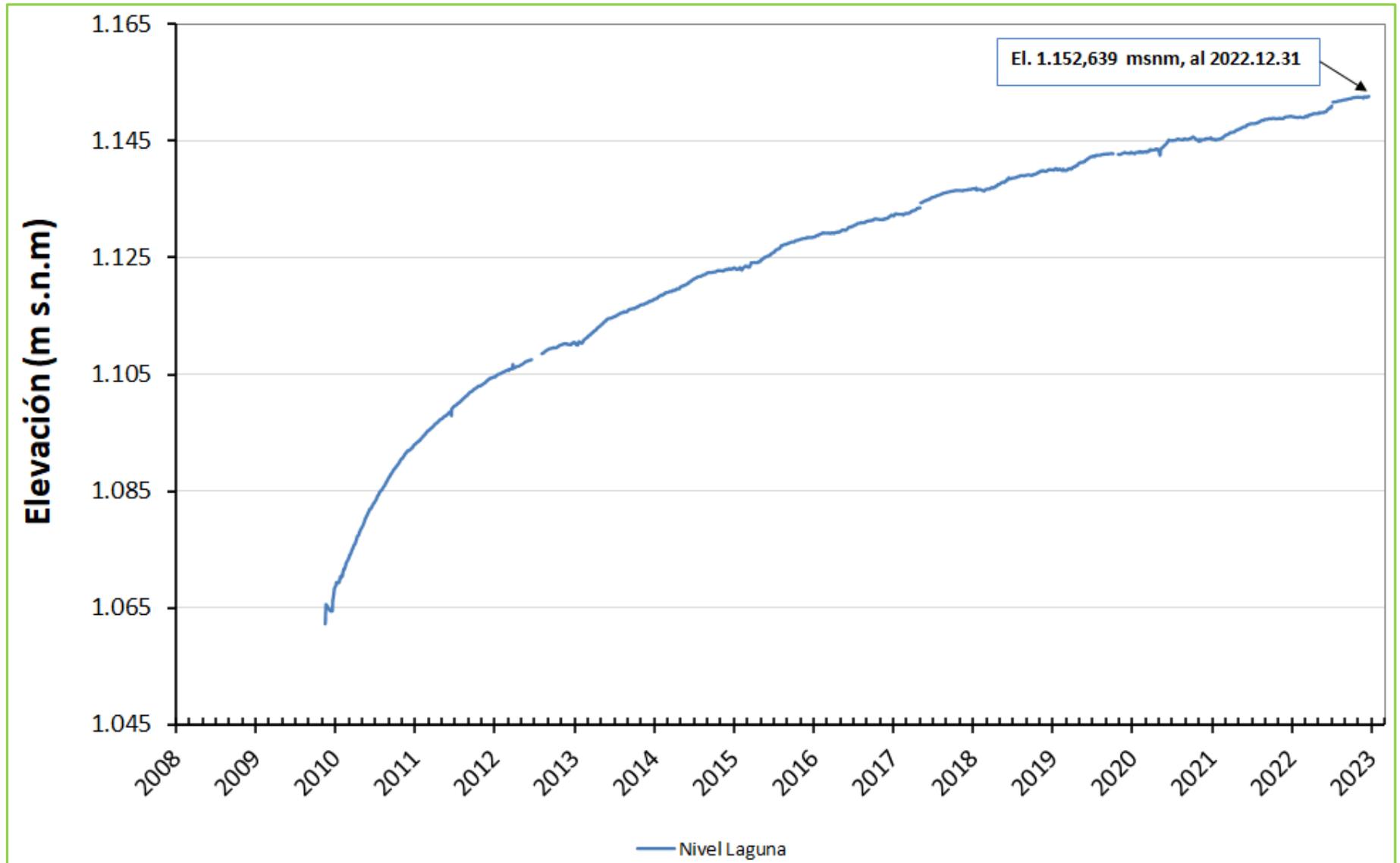
En todos los muros, durante las actividades de corte y retiro del relleno masivo suelto desde la cara del talud aguas arriba, así como durante el carguío del relleno masivo de la parcela #1 (hacia aguas arriba), y el carguío del relleno de transición, se debe suspender el monitoreo de deformaciones de los muros, incluso puede que se retiren los monolitos y prismas de control de asentamientos desde la plataforma operacional inferior, la que en el caso de la presente inspección corresponde a la cota El. 1.162,5 msnm (E4).

Actualmente no existen piezómetros ubicados en las playas de relaves aguas arriba de los muros, aunque se está considerando su instalación en el mediano plazo.

### 7.3.18. Niveles de agua

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

Figura 7-3: TMF, Elevación de la Laguna de Aguas Claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I).



## **8.0 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACION DE RELAVES**

### **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 Durante el Periodo (ref. manual OMS\_R5 WSP E&I (ex Wood)).**

Ítem	Criterio de Diseño	Estatus Durante el Periodo
Pendiente media de deposición de los relaves	Superficial: 0,5%; Bajo el Agua 1,2 %	Playa: inicial 0,55% (L= 255 m); secundaria 0,29% (L variable); (operacional al 2022); y Bajo Laguna: 0,58% (operacional al 2022).
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 le 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 periodo. El MP se impermeabilizó con talud aguas arriba 1,6 (H) / 1 (V), según justificación del capítulo 9.3, AFPR.2022;
Densidad de Compactación en Muros de Estéril	Entre 1,7 t/m <sup>3</sup> y 1,9 t/m <sup>3</sup>	En promedio E1 @ E5: 1,83 t/m <sup>3</sup> ; en el periodo 2022 el promedio es de 1,89 t/m <sup>3</sup> (1,93 t/m <sup>3</sup> para el 2021) alcanzándose sistemáticamente para los controles superficiales densidades de compactación secas de 2,0 t/m <sup>3</sup> . El promedio para los controles superficiales durante el periodo es de 1,98 t/m <sup>3</sup> en el periodo, en tanto aquellos ensayos realizados a 1 m de profundidad, arrojan un promedio de 1,80 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	Bien controlado operacionalmente durante el período para los muros de los sectores norte y centro de la TMF, verificado mediante batimetría y levantamiento topográfico de playas, posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022). 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, siendo de muy corta duración (solo un par de días);
Diseño Sísmico	Análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble (SMC).	Debe completarse la actualización del análisis de estabilidad dinámico, una vez finalizados los ensayos de laboratorio en el MNO y BS (los que se encuentran en desarrollo al momento de escribir el presente informe). El 2022, se actualizó el estudio de riesgo sísmico sin cambios respecto del SMC y Sismo Op. del estudio anterior (año 2016);
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, y con holgura para precipitaciones de 24h T <sub>50</sub> , T <sub>100</sub> Y T <sub>200</sub>
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 a la descarga súbita y sin control de parte del material depositado. Normalmente esta falla podría estar acompañada de una prolongada suspensión de la capacidad de operación del depósito y por consiguiente de la explotación minera.

Se deja establecido que para la presente edición los tipos de falla que se detallan en el capítulo 8.2.1 se remiten solamente a las hipotéticas fallas catastróficas, que se entiende como aquella falla que produce la liberación descontrolada hacia aguas abajo de agua y/o relaves, todos los modos de fallas descritos son hipotéticos.

En principio el overtopping, sería un modo de falla para la TMF en estudio, sin embargo, los análisis desarrollados durante periodos pasados, respecto de la capacidad de almacenamiento de la CMP, para distintos periodos de retorno, han demostrado que los volúmenes de crecida pueden ser almacenados holgadamente (> a 2 veces como mínimo) sin riesgo de overtopping, por lo tanto es un modo de falla no creíble.

Adicionalmente, los últimos análisis han demostrado que para la TMF no es creíble la falla por erosión interna producto de la acumulación de agua cuando ocurra la CMP solamente y que eventualmente quedaría en contacto con el talud interno de los muros MN, MNO, PI. Tk-042 (ex BS) y MO (no impermeabilizados).

WSP E&I (ex Wood) comprende y respalda plenamente el objetivo de largo plazo de Teck para todas sus instalaciones de relaves, según el cual se busca que cada TMF alcance el estado *landform*<sup>8</sup>, con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. WSP E&I (ex Wood) actualmente considera cada uno de los muros del depósito de relaves de Carmen de Andacollo como estructuras *landform* dada su geometría y forma de construcción. Los trabajos actualmente en desarrollo enfocados hacia el objetivo de largo plazo, indicarán durante los periodos de los próximos informes AFPR anuales, si se ha logrado mantener el estado general *landform*, junto con la eliminación de cualquier preocupación de falla creíble que contemple el vertimiento de fluidos aguas abajo de la TMF.

El objetivo a largo plazo de Teck tanto para el depósito de relaves Teck Carmen de Andacollo, como para todas las instalaciones de relaves de Teck que no sean capaces de alcanzar el estado *landform*, es que todos los modos de falla potenciales no sean creíbles basados en las condiciones de carga para producir la máxima consecuencia. Por otro lado, Teck también está evaluando otras estrategias de reducción de riesgos de largo plazo, tales como el tratamiento de relaves, que disminuirían la capacidad de almacenamiento requerida en la TMF.

---

<sup>8</sup> Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.

### 8.2.1. Evaluación de Modos de Falla Catastróficos, Etapa 4.

Con posterioridad a la inspección de terreno para el AFPR 2023, el 13 de marzo 2023 se realizó un taller en la ciudad de Andacollo con el objetivo de evaluar los modos de fallas creíbles catastróficas (CCFM, por sus siglas en inglés) del depósito de relaves Teck CdA, durante la operación de la Etapa 4 de crecimiento diferido.

La metodología utilizada para la evaluación de los modos de fallas fue desarrollada por Teck Resources, y se basa en los requerimientos del GISTM con enfoque en el objetivo final de (*sic*): "... lograr cero daño a las personas y al medio ambiente con tolerancia cero para fatalidades humanas". La evaluación fue liderada por Teck Resources, con la participación de personal Teck CdA y WSP E&I en su rol de EoR de la TMF.

El objetivo del análisis es eliminar o controlar adecuadamente los CCFM. Teck Resources define la falla catastrófica como una pérdida descontrolada de contenido cuyos impactos aguas abajo sean intolerables. Los impactos intolerables aguas abajo comprenden: (1) población en riesgo con impactos en la seguridad de las personas, priorizando las fatalidades; (2) impactos ambientales significativos y duraderos; (3) impactos sociales significativos y duraderos; y (4) interrupción significativa del negocio.

Los tres (3) modos de falla que podrían resultar en una falla catastrófica son:

- Rebose del muro (overtopping);
- Inestabilidad del muro o de su fundación; y
- Erosión interna de los materiales de relleno del muro.

Cada CCFM potencial se evalúa de forma independiente. Se evalúan diferentes peligros y mecanismos gatillantes para cada uno, y se describen además los procesos de falla para cada CCFM potencial.

Como parte de la evaluación, la metodología de Teck Resources determina la credibilidad de cada CCFM potencial, y para que se considere creíble, se requiere que tenga un nivel de probabilidad mayor que el de "improbable" y "despreciable", según se detalla a continuación:

- Improbable: probabilidad extremadamente baja; improbable en circunstancias excepcionales; y
- Despreciable: esencialmente imposible; no se espera que ocurra.

La determinación de la credibilidad incluye la evaluación de los controles de diseño y los controles operacionales permisibles. Si se determina que un CCFM potencial es creíble, se definen acciones para reducir la probabilidad de ocurrencia al nivel más bajo que sea razonablemente factible (ALARP) y para mitigar los posibles impactos hasta niveles aceptables.

El resultado de la evaluación de los CCFM 2022 es que el depósito de relaves Teck CdA no tiene ningún CCFM para la operación de la Etapa 4 de crecimiento diferido. WSP E&I concuerda con esta afirmación y confirma el resultado de la evaluación de los CCFM 2022.

En opinión de WSP E&I, al momento de escribir el presente documento, y de acuerdo a la evaluación de modos de fallas creíbles catastróficos realizada el 13 de marzo de 2023, no existen modos de falla catastróficos creíbles que puedan impactar la integridad de la instalación de relaves de Teck CdA, causando la pérdida de agua y/o relaves hacia aguas abajo de la TMF.

Por último, es importante destacar que el Q4 del año 2021 se realizó una actualización del taller de riesgos, 2017, mediante un taller FMEA que analizó específicamente la E4 de crecimiento diferido, y cuya actualización se tiene programada para el Q4 del año 2023, para la operación dentro de los límites de la E5 de crecimiento diferido. Sin embargo, la evaluación previa realizada el 13 de marzo de 2023, permite concluir que no hay modos de falla catastróficos que sean creíbles, para la TMF Teck CdA.

### **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 estas. En el caso particular de la TMF Teck CdA el material predominante de las estructuras es el 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 de relaves a través del enrocado estéril, el diseño incluye la colocación en la cara aguas arriba (talud interno) 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, y sin agua apoyada sobre los mismos.

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 en sectores puntuales hasta 15 m. bajo el nivel de terreno natural, en general la cobertura de suelo sobre la roca basal es mínima, de hasta 1,0 m para los MO(S), MS y MP.

Un aspecto habitual en los muros y estructuras soportantes había sido la aparición de agrietamientos en las bermas y taludes aguas arriba construidos con relleno de transición, las cuales fueron monitoreadas por WSP E&I (ex Wood) en cuanto a su actividad y posteriormente reparadas según requerimiento. Durante las últimas dos (2) inspecciones de desempeño, estas grietas habían disminuido notoriamente, no habiéndose registrado ninguna durante la inspección ATFI.2021 para el periodo

anterior, y registrado solo dos muy pequeñas y superficiales durante la presente inspección AFPR.2022. Para la presente inspección, las grietas han vuelto aparecer en los rellenos de transición de los muros.

A juicio de WSP E&I (ex Wood) las 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 debe agregar que hasta la E3, la construcción del muro estaba en general muy adelantada con respecto al nivel del relave generando amplias revanchas, de hasta de hasta ~ 30 m aproximadamente inclusive en algunos casos particulares, lo que favorecía 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 (hacia aguas abajo), sumado a la inclinación 1,6 (H) / 1 (V) de los taludes internos en los muros sin impermeabilizar. Respecto de la E4 de crecimiento diferido, se puede indicar que el relleno de transición se encuentra construido desde 2019 @ 2021.

Debido al fenómeno de agrietamientos, se requiere mantener un monitoreo periódico del movimiento en la superficie de la capa de transición, según lo implementado durante el periodo, a través de los prismas distribuidos y a contar del mes de agosto de 2021 al reiniciar el monitoreo InSAR, 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. Sin embargo, ante la eventualidad que alguna grieta atravesase todo el relleno de transición y/o no pueda ser reparada antes de quedar cubierta por los relaves, es fundamental mantener la laguna de aguas claras (y en general el agua) alejada de los muros, principalmente de aquellos que no cuenten con impermeabilización con liner, es decir en los sectores norte y centro del depósito de relaves.

Todos los muros tienen un sistema de drenaje (salvo la estructura denominada Botadero Sur) y un sistema de monitoreo piezométrico (el cual disminuyó un 13% respecto del periodo anterior). Estas características 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 de Registro.

En opinión de WSP E&I (ex Wood), estas características del diseño junto al control de la construcción y de la operación, además del monitoreo permanente del comportamiento físico permiten minimizar el nivel de riesgo a niveles aceptables, ante cualquier peligro de estabilidad en estas estructuras.

Del mismo modo, en opinión de WSP E&I (ex Wood), al momento de escribir el presente informe la TMF no presenta modos de falla creíbles que puedan causar la pérdida catastrófica de agua y/o relaves hacia aguas abajo del depósito de relaves Teck CdA, lo que queda ratificado mediante el reciente taller realizado en 13 de marzo de 2023, posterior a la inspección de terreno AFPR:2023.

### 8.3.1.1. Sismos Relevantes Históricos Durante la Operación de la TMF

El diseño sísmico de la TMF consideró un análisis de estabilidad dinámica, utilizando el acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble. El estudio de riesgo sísmico que respalda el diseño corresponde al documento # SS-06091: *“Estudio de Riesgo Sísmico y Generación de Registros Artificiales para el Depósito de Relaves Proyecto Carmen de Andacollo”*, S y S Ingenieros Consultores, de fecha diciembre 2006.

A contar del 19 de diciembre del año 2015, fecha en que entra en vigor el Decreto 50 de la DGA (MOP), la normativa chilena exige que para un Depósito categoría C *“se desarrolle un estudio sismológico específico para la zona de aspectos determinísticos y probabilísticos, para obtener el sismo máximo creíble y el sismo de diseño, respectivamente y la correspondiente aceleración horizontal del suelo y, además, aplicar acelerogramas de sismos chilenos de una magnitud de al menos  $M_S= 8,5$ ”*.

El mismo decreto define el sismo máximo creíble: *“Corresponde al sismo de mayor magnitud que podría ocurrir en un sitio, producto de la existencia de alguna falla reconocida o por ubicarse dentro de una determinada marco tectónico. Este sismo es el que produce el máximo nivel de movimiento en el suelo, para el cual una obra será diseñada o evaluada. Con este sismo las presas no deberán experimentar un colapso repentino ni un desembalse descontrolado, pero se aceptan daños tolerables en sus muros y obras anexas”*.

En tanto, el sismo de diseño lo define como: *“Corresponde al sismo que produce movimientos en el lugar de emplazamiento de alguna obra que razonablemente se espera ocurra dentro de su vida útil. Su periodo de retorno no será inferior a 475 años. Con este sismo las presas y sus obras anexas podrán experimentar daños menores, pero sin afectar su operación”*

En función de lo anterior, y como parte de las actividades relacionadas con la actualización del diseño, se ha encargado a S y S Ingenieros Consultores dos (2) nuevos estudio de riesgo sísmico, para las instalaciones de Teck CdA, los que contemplaran los terremotos recientes del Maule 2010, 8,8 (Mw); Iquique 2014, 8,2 (Mw); Illapel 2015, 8,3 (Mw). Los resultados se presentan en los siguientes documentos:

- SS-14128-01e: *“Estudio Riesgo Sísmico y Generación de Acelerogramas Artificiales para el Depósito de Relaves del Proyecto Carmen de Andacollo”*, de fecha enero de 2016.

- SS-2209-011e: “Estudio Riesgo Sísmico y Generación de Acelerogramas Artificiales para el Depósito de Relaves del Proyecto Carmen de Andacollo”, de fecha abril de 2022.

A continuación se resumen los parámetros de los terremotos de diseño Máximo Creíble y de diseño Operacional (actualizados al año 2016 y 2022) para el sitio del depósito de relaves Teck Carmen de Andacollo:

**Tabla 8-2: Parámetros de los Terremotos MC y Op para el Sitio del Depósito de Relaves Teck CdA (ref. SS-14128-01e, 2016 y SS-2209-011e, 2022).**

Sismo	Magnitud [Mw]	Máxima Acel. Horizontal en el sitio [g]	Distancias		
			Focal (H)	Epicentral (D)	Hipocentral (R)
[km]					
<b>Estudio Riesgo Sísmico 2016 / 2022 (actualización del diseño)</b>					
Thrust MC	8,8	1,000	40	63,5	75
Intrapalaca MC	8,0	1,040	90	0	90
Thrust Op	8,3	0,620	35	48,7	60
Intrapalaca Op	7,4	0,580	80	0	80
<b>Sismos Relevantes</b>					
16S.2015	8,3	0,4533	22,4	155	157
19E.2019	6,7	0,4964	63	37	73

El día 16 de septiembre de 2015 a las 19:54 h los muros de la TMF soportaron un sismo interplaca subductivo de magnitud 8,3 (Mw), con epicentro frente a las costas de la Región de Coquimbo, a 37 km al suroeste de la localidad de Canela Baja, coordenadas epicentrales 71,741°W y 31,637°S a una profundidad focal de 22,4 km, según reporta actualmente el USGC (Servicio Geológico de los EEUU).

Respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia epicentral de 155 km aproximadamente, hacia el sur poniente, la magnitud del sismo indujo una aceleración de 0,4533 g (45% de la aceleración máxima inducida en el sitio por el sismo Máximo Creíble, 2016), según el registro del acelerógrafo ubicado en el edificio de molienda, para monitoreo del molino SAG (ver Figura 8-1). Durante este sismo se generaron grietas menores 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.

El día 19 de enero de 2019 a las 22:32 h los muros de la TMF soportaron un sismo interplaca subductivo de magnitud 6,7 (Mw), con epicentro en la costa de la Región de Coquimbo, a 13 km al este de la localidad de Tongoy, con coordenadas epicentrales 71,364°W y 30,276°S a una profundidad focal de 63,0 km, según reporta actualmente el USGC.

Respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia de 37 km aproximadamente, hacia el sur poniente, y la magnitud del sismo indujo una

aceleración de 0,4964 g (50% de la aceleración máxima inducida en el sitio por el sismo Máximo Creíble, 2016), según el registro del acelerógrafo ubicado en el edificio de molienda, para monitoreo del molino SAG (ver figura 8-2). Durante este sismo se generaron grietas en la plataforma El. 1.149,5 msnm (coronamiento E3) tanto en el MNO como en el BS.

A continuación se presentan las principales características de los terremotos ya mencionados (Tabla 8-3) así como los registros del acelerógrafo instalado en el molino SAG y adicionalmente para el terremoto del año 2019, el registro del acelerógrafo instalado aguas abajo del MNO, en el sector denominado “El Churque” y que al momento del terremoto del año 2015, arrojó valores físicamente no creíbles en uno de sus ejes horizontales, por lo que no se muestran en el presente informe.

**Tabla 8-3: Parámetros de los Sismos Relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG).**

Sismo	Magnitud [Mw]	Máxima Acel. Horizontal en el sitio [g]	Distancias		
			Focal (H)	Epicentral (D)	Hipocentral (R)
[km]					
Sismos Relevantes					
16S.2015	8,3	0,4533	22,4	155	157
19E.2019	6,7	0,4964	63	37	73

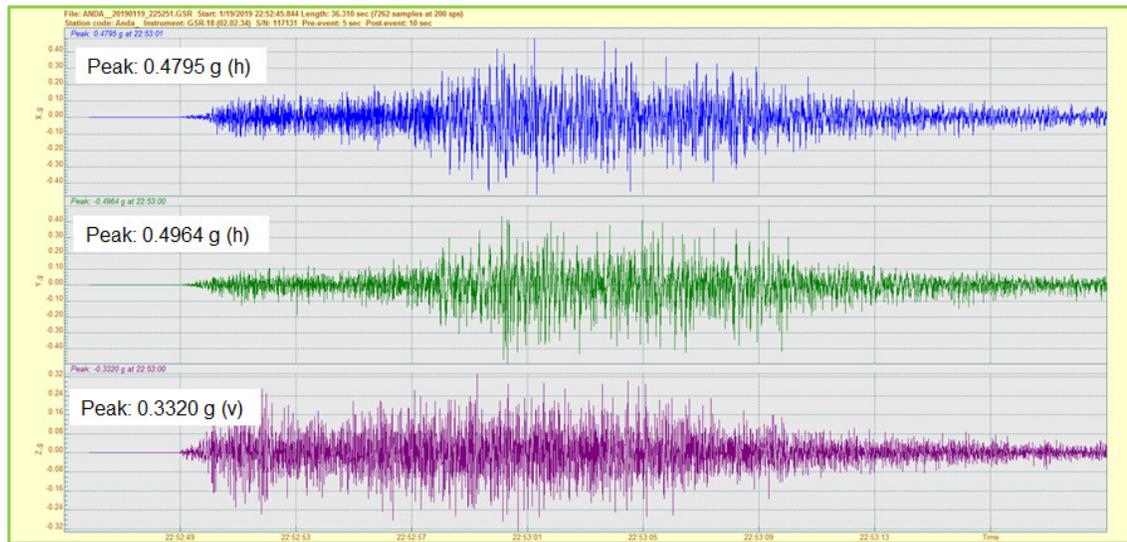
**Tabla 8-4: Relación de Aceleraciones Horizontales Máximas en el Sitio para Sismos Relevantes vs Sismos Interplaca de Diseño.**

Sismos	16S.2015	19E.2019
	[%]	
Thrust MC (2016)	45	50
Thrust Op (2016)	73	80

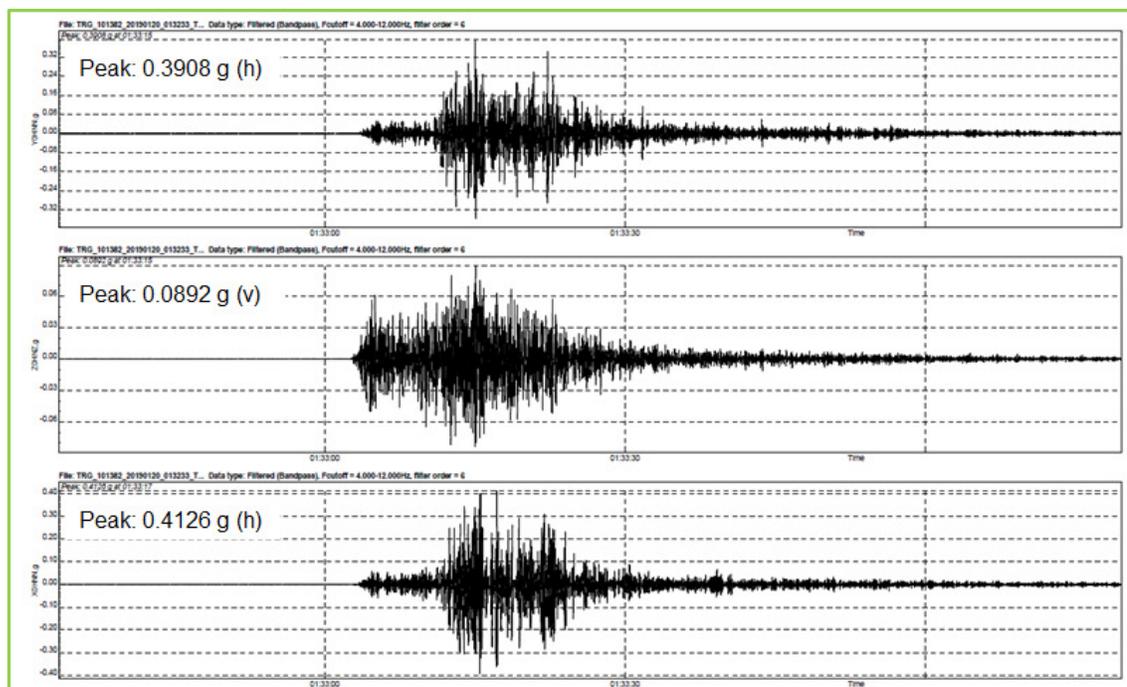
**Figura 8-1: Registro Sismo 16S.2015 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA)**



**Figura 8-2: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA)**



**Figura 8-3: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones)**



Ambos sismos analizados inducen en el sitio una máxima aceleración horizontal similar, por lo que es esperable que sus efectos en el sitios se manifiesten también de manera similar, lo anterior queda ratificado tanto por los agrietamientos superficiales de las plataformas ya mencionados, como en el orden de magnitud de los asentamientos registrados en los monolitos para control de asentamientos post sismo, los que en ambos casos fueron del orden del 0,01 % de la altura total del relleno. WSP E&I (ex Wood) considera satisfactorio el comportamiento de la TMF durante ambos terremotos y de acuerdo con lo esperado según el diseño.

### 8.3.1.2. Sismos Relevantes año 2022

Respecto a la actividad sísmica en el área de la TMF, se indica que durante el año 2022, no se experimentaron eventos significativos.

Respecto del sismógrafo de El Churque, instalado en terreno natural, al momento de escribir el presente informe, el instrumento se encuentra fuera de servicio.

Respecto del segundo sismógrafo, ubicado en la PI. TK-042, instalado en relleno, sobre la PI. TK-042 a la elevación de coronamiento de la Etapa 5 de crecimiento diferido (El. 1.177,5 msnm), que está fundada sobre el BS se encuentra debidamente energizado y operativo.

Respecto del tercer sismógrafo, a emplazar en la futura plataforma de Monitoreo Sur para la estación robotizada #2, este se instalará en roca durante el año 2023.

### 8.3.2. Manejo de Agua Producto de Eventos Extremos

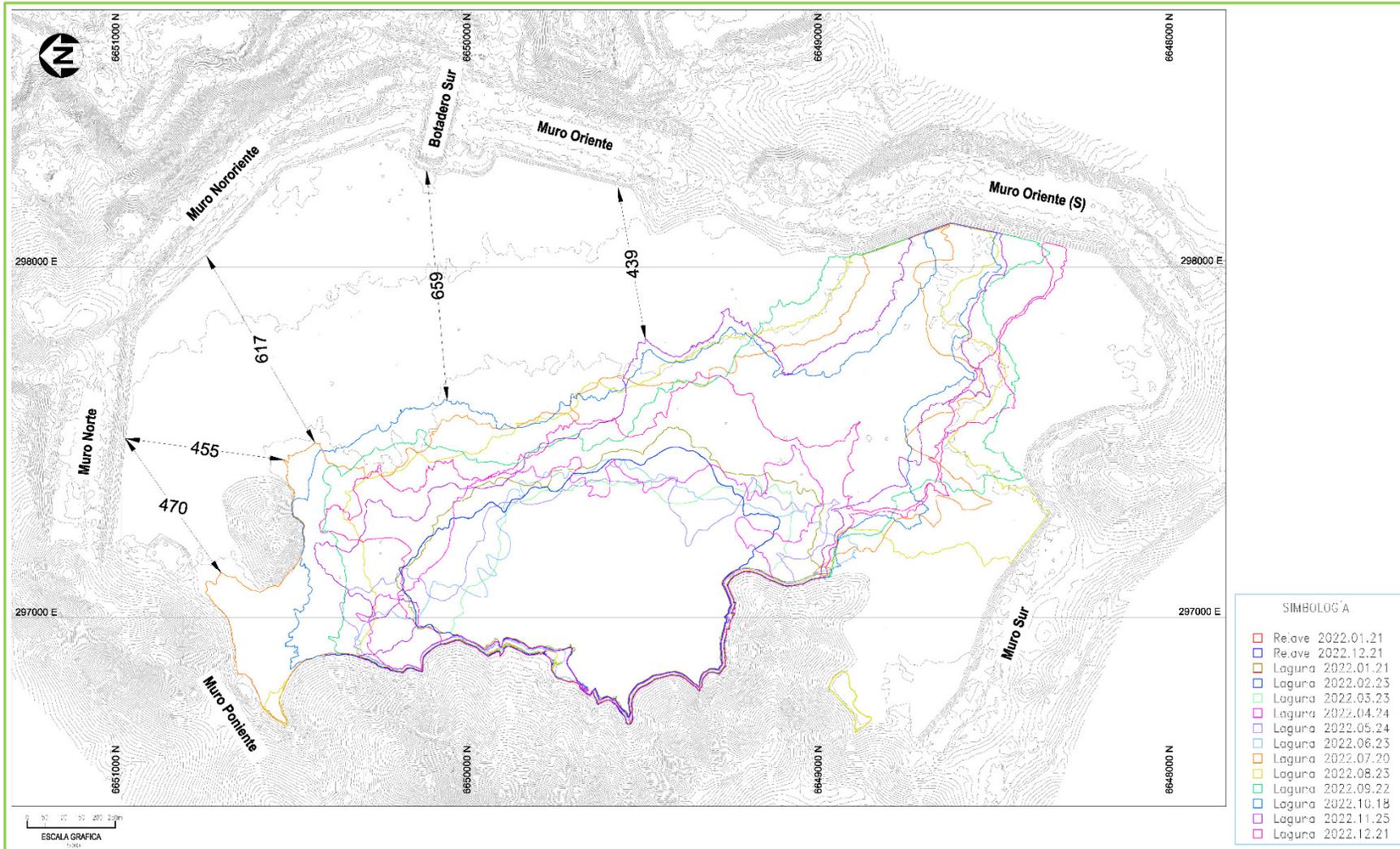
El manejo del agua superficial es otro aspecto clave en la seguridad / estabilidad de un depósito. Un diseño típico incluye un evacuador de crecidas para descargar las aguas en exceso de la laguna de operación y/o evitar que la laguna entre en contacto de largo plazo con los muros. El depósito de Teck - CdA no tiene un evacuador, ni su diseño lo contempla para el período de operación, aunque si lo considera para la etapa de Cierre. La explicación de esto se basa en la baja pluviometría del área, la reducida cuenca aportante, la ubicación relativa de la laguna en un punto alejado de los muros y las revanchas existentes. Como respaldo a este diseño se actualizó durante el periodo anterior el estudio para almacenar la CMP (ver capítulo 3.2), el que analiza tormentas de 3 días de duración. Los resultados de dicho análisis muestran que:

- La CMP ocasionada por un evento de Precipitación Máxima Probable (PMP) de 3 días para las etapas de crecimiento E4, E5 y E6, por el método de Stowhas corresponde a 3,7 Mm<sup>3</sup>, 4,0 Mm<sup>3</sup> y 3,7 Mm<sup>3</sup> respectivamente, se deja establecido que WSP E&I (ex Wood) considera que estos valores son conservadores;
- De acuerdo con el Plan de Llenado actualizado al 2021, se determinó que respetando la revancha de 3 m, el depósito de relaves de Teck-CdA es capaz de contener, para las etapas de crecimiento 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 la CMP calculado durante un tiempo de un par de meses, se deben implementar ajustes al plan de llenado, que permitan alejar la laguna de aguas claras de un punto en el MN, otro en el MNO, otro en el BS (rebose sur ya habilitado al momento de escribir el presente informe), otro en el MO y finalmente otro en el MO(S) (5 en total). Estas nuevas condiciones de borde están incorporadas en la actualización del plan de llenado 2021, agregándose descargas adicionales;

- Para almacenar de manera segura la CMP calculada, se deben impermeabilizar completo el talud aguas arriba del MP, ya que en todas las etapas (E4 @ E6) la laguna de aguas claras con crecida se apoyaría completamente contra dicha estructura; y
- A modo de chequeo, el GRB.2018 recomendó estudiar la capacidad de almacenamiento que tienen las instalaciones para tormentas de 24h de duración y periodos de retorno  $T_{50}$ ,  $T_{100}$  y  $T_{200}$ , eventos que el comité considera son más probables que ocurran durante la vida útil de la TMF. En todos los casos detallados, los muros quedan separados de la laguna producto de la crecida por extensas playas de relaves, salvo el caso del MP, lo que ratifica la necesidad de impermeabilizarlo.

Para el año 2022, la máxima precipitación diaria se verificó el 14 de julio de 2022 y fue de 91,3 mm, la segunda máxima precipitación diaria registró 21,9 mm el 10 de julio de 2022, ambos eventos dentro de una tormenta de lluvia y nieve que duró desde el 09 hasta el 16 de julio de 2022, la que acumuló 174 mm, representando un 95% de la precipitación anual acumulada. En ambos casos la laguna de aguas claras producto de la crecida se mantuvo a más de 400 m de los muros no impermeabilizados del sector norte y centro del depósito (ver Figura 8-4).

Figura 8-4: Desarrollo de la Laguna de Aguas Claras durante el Año 2022 (ref. presentación Desempeño 2022, WSP E&I).



### 8.3.3. Manual de Operación

El manual OMS 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; y
- Plan de monitoreo y vigilancia de aguas y relaves.

El actual manual OMS revisión 5, se aplica satisfactoriamente durante la operación de la Etapa 4 de crecimiento diferido.

La emisión de la revisión 6 del manual, se reprogramó para el Q1 del año 2023.

### 8.3.4. Revisión de la clasificación de la instalación de relaves (según DGA)

Al momento de escribir el presente reporte, la estructura contenedora más alta de la TMF corresponde al MNO con 109,50 m de alto y el volumen de relaves acumulado hasta la batimetrías y levantamiento de playas del día 22 de diciembre de 2021 es 128,7 Mm<sup>3</sup> (118,0 Mm<sup>3</sup>, para el año 2021) De acuerdo con estas características la clasificación de este depósito, según la regulación de la DGA (ver punto 1.3) 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 sus características desde el rockfill de gran tamaño hasta una grava o una grava arenosa. En una primera aproximación, este cambio en la gradación del relleno masivo, se debería traducir en una mejor compactación de los rellenos algo que queda de manifiesto en el decidido aumento de la Densidad Compactada Seca (determinada in situ, según el método del reemplazo de agua) la que consistentemente ha alcanzado valores hasta los 2 t/m<sup>3</sup> para los controles superficiales durante los últimos periodos, sin embargo, se requiere de una campaña de ensayos de terreno / laboratorio para estimar las reales propiedades de este relleno, esta campaña se encuentra en pleno desarrollo, con muestras tomadas desde los muros y conformadas en el sitio durante el año 2022.

Tal como ya se indicó, el estéril de mina disponible para la construcción del relleno de transición de la E4 y E5, se aprecia con un contenido de finos mayor que material utilizado durante la construcción de la E3, así como el tamaño máximo es

consistentemente menor, comparado con las mismas etapas anteriores, sin embargo, el material cumple con la especificación de construcción vigente.

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 geotécnicas del material disponible.

Tal como se señala en el punto 8.3.1 precedente, durante la presente inspección se volvieron a apreciar agrietamientos en el relleno de transición, los que 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). Se debe estudiar si estas nuevos agrietamientos alcanzan a atravesar el espesor completo del relleno de transición y que se haya perdido continuidad de la capa.

No obstante lo anterior no se detectan riesgos 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 visual y topográfico periódico para controlar y analizar el movimiento tanto del muro, como de la capa de transición, durante la operación del depósito, para lo cual las estaciones totales robotizadas y la disponibilidad en tiempo real de los datos de deformaciones medidos, cobran gran relevancia, del mismo modo que el monitoreo InSAR permanente, retomado durante el periodo anterior.

## **8.4.2. Hidráulico**

### **8.4.2.1. Muro MN**

Se mantiene durante el periodo la presencia de un flujo de agua en el aforador del MN (denominado AFR - MN) y en un punto a una distancia de 80 m hacia aguas abajo del pie 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 desde 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.

Se debe destacar que durante el periodo, el caudal recolectado por el sistema de drenaje del muro MN, presenta caudales similares respecto del comportamiento histórico, pero del mismo modo, se debe tener en cuenta que entre agosto y octubre de 2022, se retomó la práctica histórica de disponer en el depósito el agua que inunda el rajo luego de eventos de precipitaciones extremos, y que durante el periodo se verificó un tormenta entre el 09 de julio y el 16 de julio la que acumuló 174 mm de lluvia. Se deja establecido que, al momento de escribir el presente documento, el comportamiento de los drenajes y afloramientos aguas abajo del muro MN, son consistentes con el desempeño esperado.

Cabe destacar que 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, lo cual es esperable, dado que el caudal drenado continúa siendo muy bajo.

Se deja establecido que el dren central (ver Anexo B, Figura B-4 y Figura B-5: Sección Tipo 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, por lo tanto, es opinión de WSP E&I (ex Wood) que el flujo de agua asociado al punto de control AFR - MN, es conducido por la roca de fundación, debajo del muro MN, y está siendo captado por el dren central en algún sector hacia el término de su recorrido de 342 m aproximadamente, ya que una campaña de calicatas en el sector del AFL - MN realizada el año 2018, detectó la presencia de agua somera durante los eventos de afloramiento, a un par de metros de profundidad bajo el nivel de terreno natural, la que escurre hacia el rajo de la mina tal como está previsto en el diseño. WSP encargados de estudio hidrogeológico integral de la faena, ha incorporado este sector al alcance de su estudio y a la fecha de escribir el presente informe, se considera que esta condición no reviste un peligro para la seguridad de las instalaciones.

Por último, tal como se dijo anteriormente dado el comportamiento que estos flujos presentaron durante los periodos de actividad anteriores, desde fines del año 2019 a la fecha, se espera que los caudales no desaparezcan, dado que en el caso de agua colectada en el Aforador del MN, estos han alcanzado un estado estable de flujo bajo – bajo, creciente en el tiempo a partir de cada nueva operación de los spigots D2 / D3 y/o descarga de agua de dewatering desde el rajo inundado.

La actividad de los afloramientos, drenajes, descargas de relaves y descarga de agua históricos hacia aguas abajo del muro MN, se puede apreciar en la Figura 8-5.

#### 8.4.2.2. Muro MNO

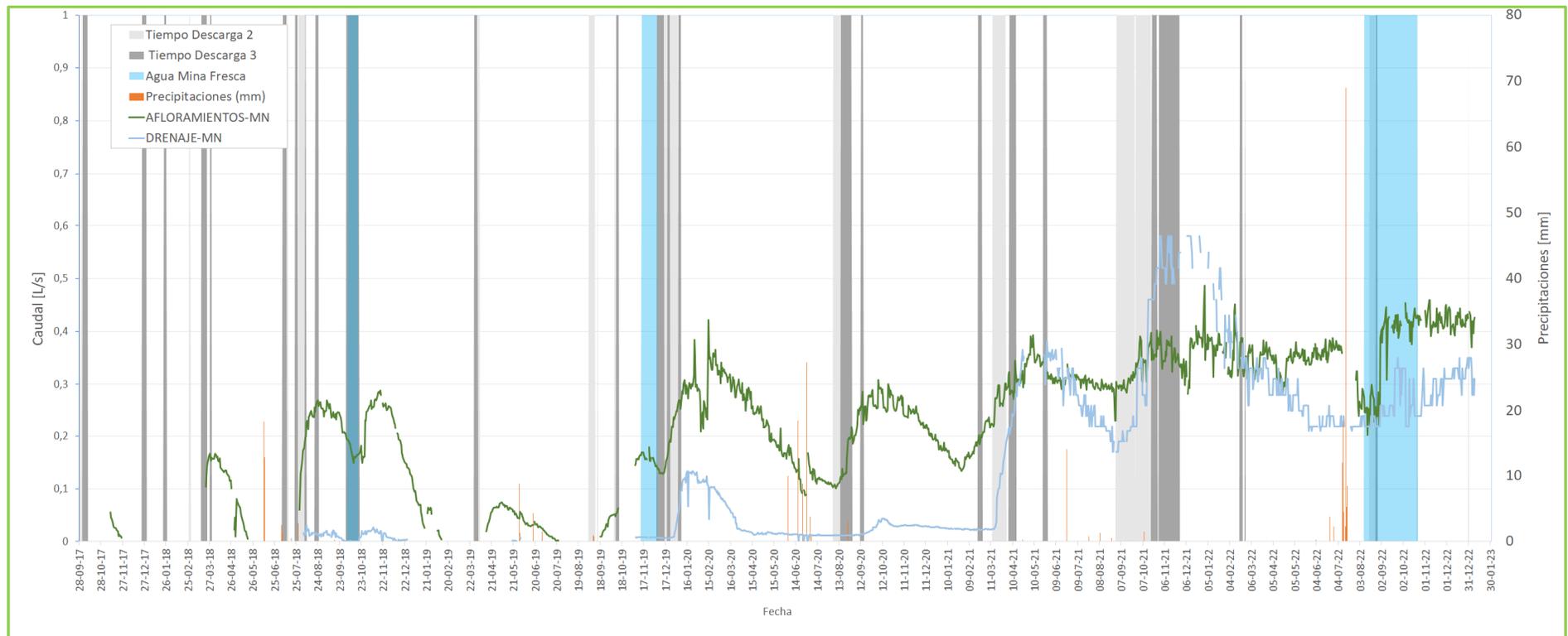
En la actualidad se han mantenido los flujos en el sistema colector de filtraciones del MNO, los que luego de las mejoras desarrolladas a inicios 2018, presentan una mayor confiabilidad respecto de su captación, recolección y aforo. Se estima que el rango de error actualmente por aforador es de  $\pm 0,4$  L/s, lo que comparados con los  $\pm 1,5$  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. En el corto plazo (año 2023) se considera reemplazar los sensores de nivel automáticos actualmente montados en los tres (3) aforados del sector, dañados posterior a la inundación del sector post tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022).

#### 8.4.2.3. Muro MO

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 presentaba un flujo de agua despreciable.

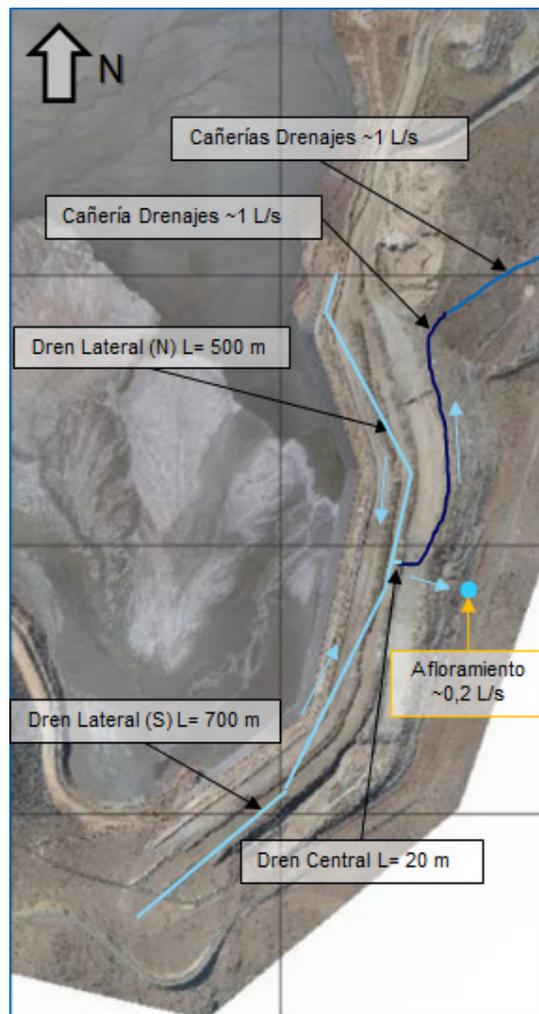
Figura 8-5: MN, Caudal de Afloramientos Histórico, al 31 de diciembre de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, WSP E&I)



8.4.2.4. MO(S)

Respecto del flujo de agua captado por el sistema de drenaje del muro MO(S), detectado el día 19 de septiembre de 2022, (ver capítulo 8.5.2.1, AFPR.2022) este se mantuvo activo permanentemente en torno a 1 L/s durante el periodo. Tal como se indicó anteriormente los piezómetros presentaron un comportamiento inusual desde el término del Q1 del año 2022, hasta que el 13 de junio, se detectó un afloramiento de agua, hacia aguas abajo del muro. A diferencia del muro MN, el dren central del muro MO(S) es corto en su desarrollo, de aproximadamente 20 m de largo hacia aguas abajo del muro, y se estima que un obstrucción de la cañería de descarga del dren haya producido la evacuación por rebose del dren central en el sector del empalme con la cañería, ya que como se indicó anteriormente para el caso del MN, esta sección del sistema de drenaje es impermeable en todo su contorno salvo en su parte superior. Del gráfico mostrado en la Figura 8-7, se puede desprender que existe un relación clara respecto del caudal captado y la operación de los Spigots D7, D6 y D6B / D6C habilitados durante el Q4 del año 2022. Se deberá continuar de cerca, con el monitoreo del comportamiento durante las próximas puestas en servicio de dichas descargas, así como del afloramiento antes mencionado.

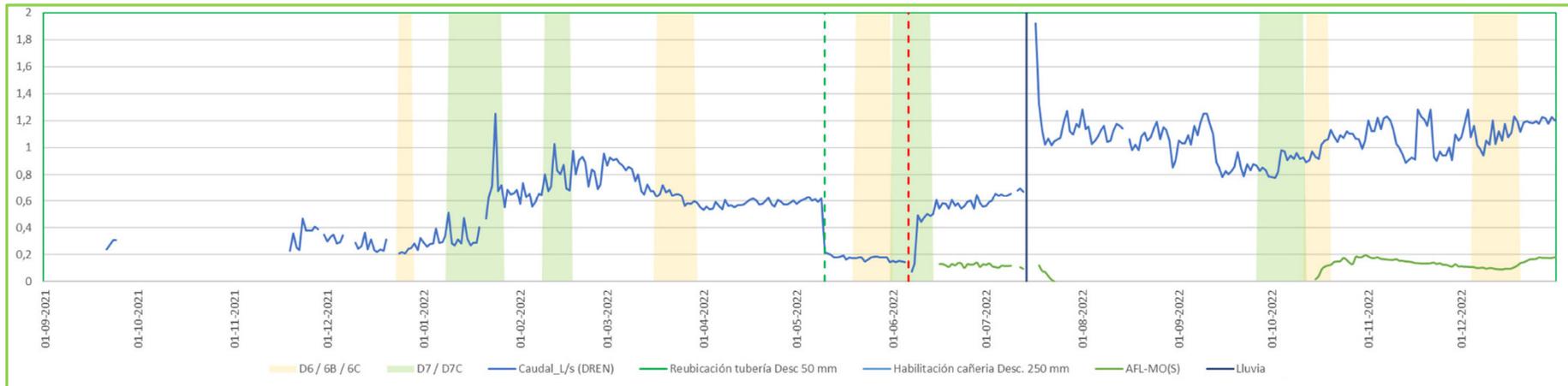
Figura 8-6: MO(S), Sistema de drenaje y Conducción de Drenajes (ref. WSP E&I).



No obstante lo anterior, es importante señalar que durante la construcción de la Etapa 3 de crecimiento diferido (etapa para la partida para los muros MO(S) y MS), se debió agotar permanentemente agua surgente desde el terreno natural, la que por la configuración topográfica del sector y por diferencia de cotas, resultaba imposible que proviniera desde la laguna de aguas claras y/o producto de la operación de las descargas de relaves en el sector, por lo que necesariamente ingresaba desde el exterior de la TMF hacia la cubeta. Esta condición de agua aflorante se mantuvo durante toda la operación de la Etapa 3, en la forma de escurrimiento de agua con alto contenido de minerales, y que afloraba desde los bordes de las zanja de anclaje laterales norte y sur, al nivel de la playa de relaves. Es claro que existe una alta mineralización del suelo de fundación en el sector, lo que queda en evidencia por lo presencia de abundantes piques mineros tanto bajo de la traza del muro, como hacia aguas abajo y hacia el norte de este.

Considerando todo lo anterior, en opinión de WSP E&I, no se debe descartar que parte del agua (sino toda) que está siendo colectada por el sistema de drenaje del muro MO(S), provenga desde el exterior de la TMF, y que dada la elevación de la playa de relaves en el sector, esta se ve impedida de ingresar al depósito. Sin embargo, la correlación entre la operación de las descargas en el sector con la variación del flujo de drenajes medido, hacen evidente que parte del agua captada por el sistema de drenaje proviene de la operación de la TMF.

Figura 8-7: MO(S), Drenajes Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. WSP E&I).



#### 8.4.2.5. Conclusión Comportamiento Hidráulico

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 para el caso de MNO en las Figuras 3-9, 3-10, 3-11 y 3-12, para el muro MN en la Figura 8-5, para el muro MO(S) en la Figura 8-7. Todos los flujos presentan agua limpia, sin turbiedad, pero en algunos caso con bajo pH. Además, la laguna de aguas claras estuvo durante todo el período, posicionada adecuadamente a la cola del depósito en el área de instalación del sistema de bombeo de agua recuperada y alejada de los muros por extensas playas de relaves, mayores a 400 m de longitud respecto de los muros sin impermeabilizar del sector norte y centro del depósito.

### 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 el sitio y del manual OMS.

#### 8.5.2. Incidentes y confiabilidad

##### 8.5.2.1. MO(S): Afloramiento.

Hacia aguas abajo del muro oriente sur, el 13 de junio de 2022 se detecta un afloramiento de agua clara (~ 0,2 L/s) sin turbiedad, y sin evidencia de arrastre de finos, el que pese a desaparecer el 23 de julio de 2022 posterior a la tormenta de julio (09 @ 16 de julio, 2022), reaparece el 15 de octubre de 2022 para mantenerse permanente hasta el 31 de diciembre de 2022. Es importante destacar que el mismo día de su aparición, el afloramiento logró ser contenido y controlado dentro de la propiedad minera, y ha sido conducido, manejado, monitoreado y vigilado diariamente. Durante todo el año, la cañería de conducción de drenajes del muro oriente sur presenta flujo permanente (~ 1 L/s), el que se ha podido relacionar con los ciclos de operación de las descargas de relaves en el sector (el afloramiento replica el mismo comportamiento), el agua continúa siendo conducida mediante cañería destinada hasta el sistema de recolección de las pilas ROM, distante a unos 300 m del sector de conexión, aguas abajo del muro. Por otro lado, el agua del afloramiento se extrae mediante bins de 1 m<sup>3</sup> de capacidad y se descarga dentro de la cubeta, en las cercanías de la descarga D6.

Figura 8-8: MO(S), Ubicación Afloramiento (ref. E40221-5000-DT00-MEM-0010, WSP E&I).



### 8.5.2.2. PL. Tk-042: Rotura de Fitting en Cañería de Distribución de Relaves.

El 21 de febrero a las 21:30 h, falla un fitting en la descarga de la bomba de distribución de relaves sobre la losa de la estación de distribución ubicada adyacente y sobre la plataforma del Tk-042, lo que genera un derrame de relaves hacia aguas arriba de la instalación, el que queda totalmente contenido en la cubeta del depósito. El derrame requiere de trabajos de limpieza tanto sobre la plataforma PI. Tk-042, como en el estribo norte del muro Oriente, los que finalizan el Q2 del año 2022. Se deja establecido que todos los relaves y agua derramados fueron 100% contenidos dentro del depósito de relaves Teck CdA.

### 8.5.2.3. Tormenta: desde el 09 de julio hasta el 16 de julio de 2022.

Durante el año 2022 se registró una precipitación acumulada de 182,9 mm, lo que representa un 30 % por sobre la media histórica en el sitio. La máxima precipitación diaria se verificó el 14 de julio y fue de 91,3 mm, la segunda máxima precipitación diaria registró 21,9 mm el 10 de julio, ambos eventos dentro de una tormenta de lluvia y nieve que duró desde el 09 hasta el 16 de julio, la que acumuló 174 mm, representando un 95% de la precipitación anual acumulada. Respecto a las longitudes de playa mínimas alcanzadas posterior a la tormenta, el control batimétrico y de levantamiento de playas realizado el día 20 de julio, midió una playa de 400 m mínimos hacia los muros del sector norte del depósito, y una playa de 547 m mínimos hacia los muros del sector centro, por lo que en todo momento se verificaron longitudes de playa mayores a 100 m frente a muros sin impermeabilizar, por lo que se cumplió en todo momento con este criterio de diseño clave para la instalación.

### 8.5.3. Mantenimiento

Las actividades de mantención son realizadas directamente por Teck CdA, y pueden separarse principalmente en: (1) Mantenimiento Preventivo y Predictivo, (2) Mantenimiento Post Evento y (3) Mantenimiento Electromecánico Específico. Las tareas de mantención derivadas de cualquier deficiencia detectada en el AFPR, pueden corresponder a cualquiera de las tres (3) categorías antes mencionadas.

#### 8.5.3.1. Mantenimiento Preventivo y Predictivo

Este mantenimiento periódico, también denominado como de Rutina, incluye pero no se limita a las siguientes estructuras y sistemas:

- Muros;
- Trincheras: Zanja de aproximación, taludes y plataforma para el manifold de impulsión;
- Instrumentación Geotécnica y para Monitoreo de Agua: durante el período, se retoman las mantenciones periódicas de la instrumentación geotécnica por parte de GeoMediciones: las que consisten principalmente en una revisión de todos los sistemas de respaldo, es decir: baterías, paneles solares, memoria de almacenamiento, etc.;
- Elementos asociados a monitoreo de agua, aforadores, obras de captación de drenajes y filtraciones, sistemas colectores de drenajes y filtraciones, incluyendo cañerías de admisión y conducción;
- Bombas de impulsión / distribución y cañerías de relaves, y su instrumentación asociada;
- Bombas de impulsión de Agua junto con sus cañerías, e instrumentación asociada;
- Equipos y conducciones eléctricas, y su instrumentación asociada; y
- Equipos de Construcción.

Dentro del mantenimiento predictivo, se enmarcan las actividades de preparación ante el pronóstico de próximos eventos meteorológicos, principalmente precipitaciones.

#### 8.5.3.2. Mantenimiento Post Evento

El Mantenimiento Post Evento, incluye pero no se limita a los siguientes eventos:

- Rotura o Fuga de Cañerías;
- Sismo Intenso; y
- Tormenta.

### 8.5.3.3. Mantenimiento Específico

La mantención específica de los elementos asociados a las instalaciones de relaves, se realiza periódicamente por parte del personal de mantención planta, y contempla, pero no se limita, a lo que se indica a continuación:

- Válvulas;
- Balsas, Escaleras, Puente, Grating, Barandas y Pasamanos; y
- Piscinas.

### 8.5.3.4. Stock mínimo de Materiales para Mantención

Se debe disponer en el sitio de un stock mínimo de materiales, requeridos para labores de mantención y/o reparación de los distintos elementos que constituyen las instalaciones de relaves, dentro de los cuales se debe considerar como mínimo, pero no limitarse a:

- Arena Fina o Media;
- Geomembrana;
- Geotextil; y
- Cañerías de Acero Carbono, HDPE y PVC.

## 8.6. Revisión del Manual de Operaciones

Se encuentra emitida la revisión 5 del manual OMS, cuya principal actualización se refiere al detallamiento de la operación de la TMF dentro de los límites definidos por la Etapa 4 de crecimiento diferido, además de una revisión general del documento.

La emisión de la próxima revisión (\_R6), se reprogramó para el Q1 del año 2023.

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

Durante le Q3 del año 2021 se emiten por primera vez de manera separada, los planes de preparación y respuesta ante emergencia (EPP y ERP, por sus siglas en inglés). La emisión de la próxima revisión, se reprogramó para el Q1 del año 2023.

## 8.8. Revisión de Seguridad (DSR)

Se deja establecido que la primera inspección DSR para la TMF en estudio, se realizó durante el Q3 del año 2018 y estuvo a cargo de Arcadis Chile (ACL en adelante). En su declaración (statement) indica (en *cursiva* cita textual):

*“El depósito de relaves (TMF) CdA Andacollo y todos los muros perimetrales de contención incluyendo entre ellos el Botadero Sur, ha sido diseñado, construido y es*

*operado en la actualidad de forma segura, de acuerdo con la evaluación de ACL (Arcadis Chile) cuya revisión de seguridad (DSR) del TMF no revelo deficiencias o no conformidades que resulten en riesgos mayores para la comunidad circundante, para las personas e instalaciones de Teck / CdA o para el medio ambiente.”*

Del total de trece (13) hallazgos y mejoras detectadas por el DSR 2018, y que se presentan en las Tabla 8-5, Tabla 8-6 y Tabla 8-7, se deja establecido que Teck CdA ha finalizado ocho (8) equivalente a un 62% y se encuentra avanzando de manera sistemática en los cinco (5) ítems restantes para que ellas sean cerradas lo más pronto posible.

Se deja establecido que el próximo DSR se realizara el año 2023, al quinto (5°) año de la anterior, de acuerdo a lo programado.

**Tabla 8-5: DSR; Recomendaciones (1 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).**

#	ÍTEM	DETALLE	COMENTARIO EN DSR	ACCION	ENTREGABLE	ESTADO
<b>HALLAZGOS</b>						
1	Estabilidad y Agrietamientos Muros MN,MNO,BS Y MO	(1a) Mejorar la caracterización geológica, geotécnica, hidrogeológica de la fundación para cada muro y secundariamente para el resto de la cubeta , con énfasis en los sectores que se perciben mas vulnerables.	<i>Los documentos disponibles para la DSR correspondientes a los análisis de estabilidad estática de los muros TMF y proporcionados por CDA fueron: "2007 2077-1IT-1-018 Informe Técnico Análisis Estabilidad Seudo Estática Depósito de Relaves CDA AMEC/Arcadis Geotécnica 2005" estudio realizado durante la fase de factibilidad del proyecto hipógeno "2111-1IT-R-079, Informe Técnico Análisis Estabilidad Estática Depósito de Relaves CDA, AMEC 2007". los dos primeros estudios constituyen aproximaciones a los requerimientos de una buena práctica de geología de ingeniería para sitios de presas, desde estudios regionales de escalas 1:20.000 – 1:1.00.000 en el mejor de los casos.</i>	Para cada muro se deben preparar planos geológicos de la fundación a escalas adecuadas con los detalles particulares, integrando las últimas investigaciones realizadas (MNO y BS). Deberán identificarse los estudios e investigaciones de terreno necesarios que permitan obtener la información requerida.	Caracterización adecuada geológica-geotécnica e hidrogeológica de cada uno de los muros, se debe presentar propuesta de estudios e investigaciones al GRB.2019;	En Desarrollo
		(1b) Seguimiento y desarrollo de estudios de agrietamientos para asegurar que afectan solamente al relleno de transición y que su mecanismo de generación es independiente de las condiciones geológicas/hidrogeológicas de la fundación y de las características de los rellenos masivos.	<i>Dichos taludes de los muros MN, MNO, MO presentan rasgos de agrietamientos tanto en el talud mismo como en la berma de material de transición. En tanto no quede documentado en forma concluyente que el agrietamiento del material de transición no afecta a los rellenos masivos, ACL debe levantarlo como un tema en progreso que tiene el potencial de provocar disrupciones importantes en el proceso del TMF"</i>	Monitoreo de los agrietamientos de los muros, incluyendo monitoreo de la etapa 4 para detectar la aparición de grietas. Estudio de los mecanismos de generación para establecer si no afectan los rellenos masivos y son independientes de las condiciones de fundación. Evaluar alternativas de construcción para el relleno de transición, de manera de minimizar tiempo de exposición.	Plan de monitoreo y estudios, incorporar monitoreo InSAR, que detecte la aparición de los agrietamientos, se debe presentar propuesta de análisis al GRB.2019;	Finalizado
2	Respuesta sísmica MO Y BS	Revisar la coherencia entre los criterios de diseño del TSF , los parámetros recomendados en los estudios de peligro sísmico actualizados para los sismos de diseño y la evaluación (inspección post evento) de la respuesta sísmica de los muros del TSF; en referencia a los criterios de aceptabilidad para las evaluaciones de estabilidad de acuerdo a la normativa vigente.	<i>En opinión de ACL y a partir de una comparación directa entre las magnitudes, distancias al epicentro, y las aceleraciones máximas registradas, las cargas impuestas por el sismo de 2015 habrían sido inferiores a las correspondientes al sismo de operación propuesto por Saragoni (Tabla 4-1). En este contexto cabe señalar que el factor de seguridad obtenido en el análisis MEL del muro (FS=1.06) considerando el agrietamiento producido durante el sismo de 2015, es inferior al requerido para el caso sísmico por los criterios de diseño señalados en los documentos 2077-1CD—6-007—0 y 2077-1IT—1-041 y a los criterios de aceptación de estabilidad contenidos en el DS 248 y D50 DGA. En tanto el sismo real del 2015 aparece como inferior en potencial destructivo al sismo de operación (OBE) y también al sismo máximo creíble (MCE) será aconsejable efectuar una revisión de la estabilidad dinámica de los muros, incluyendo la información disponible más reciente. En todos los casos será conveniente consolidar una referencia actualizada para todos los criterios de diseño con las modificaciones que fueran necesarias corrigiendo las diferencias entre los documentos existentes y su coherencia, tanto con los estándares Teck y la normativa reglamentaria vigente.</i>	Revisar los estudios y criterios de diseño sísmico y establecer los criterios de diseño sísmico coherentes que cumplan las normativas chilenas y las de Teck. Desarrollar el análisis de estabilidad dinámica.	Desarrollo del estudio de estabilidad dinámica (PDN 13, actualización del diseño), se debe presentar avance del 50% al GRB.2019;	En Desarrollo
3	Filtraciones MNO	Mejorar el entendimiento de las condiciones locales geo/hidrogeológicas y verificar el posible control estructural de flujos preferenciales no captados por los drenes y controlados estructuralmente.	<i>En MN y en especial en MNO se observan afloramientos de agua y caudales efluentes de los drenes cuya importancia puede ser creciente en el tiempo y cuya evaluación requiere de un incremento significativo en el entendimiento de las condiciones geológicas e hidrogeológicas de los sitios de fundación de los muros.</i>	Profundizar el estudio de la geología e hidrogeología del MNO y MN para analizar el posible control estructural de los flujos no captados por los drenes y analizar y diseñar medidas de intercepción / captación para los afloramientos (El Churque).	Modelo Hidrogeológico distrital, geofísica dedicada (pilas, deposito de relaves área industrial) con focos adecuados (zoom) aguas abajo del MNO y MN	Finalizado
4	Filtraciones MN	Igual que el anterior , en una etapa mas temprana ( incipiente) de su desarrollo.	Ídem punto 3	Ídem punto 3. Replicar la normalización del afloramiento, de acuerdo al proyecto de normalización desarrollado en el Churque, a comienzos del año 2018.	Ídem punto 3	Finalizado

**Tabla 8-6: DSR, Recomendaciones (2 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).**

HALLAZGOS (2)						
5	Documentos EPP-ERP-TARP	Generar documentos individuales como parte de los documentos clave para la gestión del TMF	<i>La mayor parte de los procedimientos e instancias de inspección y control de la gestión de la seguridad del TMF se encuentra cubierta tanto en el ya referido 00-OMS-R4-Amec FW-2018 Manual OMS como en el Plan de Contingencia SSO y ambientales depósito de Relaves Rev 04-2017. Si bien el contenido de estos documentos abarca en buena medida los EERP y EPP clásicos como también los umbrales de alerta y alarma (TARP), de acuerdo a los estándares de la Canadian Dam Association (CDA) será deseable la generación formal de los mismos y su inclusión entre los documentos que se consideran claves para la gestión integral del TMF.</i>	Independizar documentos, y actualizarlos anualmente	Generar Documentos Independientes, requerimiento de la guía Teck.	Finalizado
6	Balance de Aguas TDF	Efectuar un upgrade para conformar un modelo estocástico específico del TMF, y que forme parte integrante del balance corporativo de largo plazo (sitewide), basado en el Plan LOM.	<i>Ambos documentos ("Informe Técnico Balance de Aguas. N° 2111-IIT-R-073. CDA, Proyecto N° 2111" y "Balance de Aguas Operacional Histórico Embalse de Relaves, Período 2010-2017; Amec Foster Wheeler, 2018") deberán complementarse e integrarse en un balance estocástico específico del TMF, dinámico y de utilidad operacional. Dicho balance operacional debe formar parte integrante del balance corporativo de largo plazo (sitewide), basado en el Plan LOM y que abarca además los balances específicos de todas las operaciones de CDA.</i>	Efectuar una actualización para conformar un modelo estocástico específico del TMF y que forme parte integrante del balance corporativo de largo plazo. Basado en el plan LOM. Utilización de la herramienta Goldsim para la modelación del balance.	Balance de Agua Operacional el Embalse, se debe presentar la modelación terminada al GRB.2019 (1) y modelo de balance de agua distrital (2)	Finalizado
7	Caracterización de sitios de Muros y cubeta	Integrar, completar e interpretar la información geológica, hidrogeológica y geotécnica a escalas adecuadas.	También es parte de acción contemplado en el punto 1a, pero extensible a toda la cuenca del TMF y el externo sur (MS y MSO) por la importancia ambiental.	Preparar planos geológicos de la cubeta y fundación de los muros a escalas adecuadas con los detalles particulares, integrando las investigaciones de terreno que se realicen. Identificar estudios e investigaciones de terreno necesarios para obtener la información requerida.	Caracterización adecuada geológica - geotécnica e hidrogeológica de los muros y de la cubeta. Presentar propuesta de estudios e investigaciones al GRB,2019.	En Desarrollo
8	Hidrología y manejo de crecidas	Revisar, completar e integrar la información hidrológica del TMF en un documento dedicado parte de los documentos claves para la gestión del TMF	<i>Se pueden identificar algunas diferencias de procedimientos y bases de cálculo entre las distintas evaluaciones realizadas durante las etapas del desarrollo del TMF y que conducen a resultados poco comparables entre sí. Será recomendable por tanto, consolidar los estudios hasta ahora realizados en un informe base, que ACL considera debe formar parte del conjunto de documentos clave para la gestión segura del depósito.</i>	Actualizar criterio de Diseño Hidrológico	Finalizar estudios de Inundación y Crecida Máxima Probable, se deben presentar los resultados el GRB.2019, tomado recomendaciones GRB.2017 y GRB.2018	Finalizado

**Tabla 8-7: DSR, Recomendaciones (3 de 3), al 31 de diciembre de 2022 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).**

MEJORAS						
1	Monitoreo : Acelerógrafos	Mejorar instalación acelerógrafo al pie del MNO. Coordinar en tiempo real con otros acelerógrafos fuera TMF y en coronamiento muro(s).		Mover acelerógrafo al pie del C° Arenas, estribo poniente del MNO, aguas abajo.	Contemplar para la reubicación, la interacción con el segundo acelerógrafo a instalar sobre la Pl. TK-042, se debe presentar proyecto al GRB.2019;	Finalizado
2	Monitoreo : Aforos	Mejorar tubos de llegada a vertederos, automatizar.		Que la descarga del tubo no se ahogue al entrar al aforador. Implementar sistema de lectura de flujo remota.	Automatización se debe incorporar al plan de monitoreo remoto del Embalse. Respecto de la mejora de la cañerías de llegada, se toma la recomendación para aquellos aforados por construir;	En Desarrollo
3	Biblioteca documentos claves operación	Crear un archivo de documentos clave de gestión TMF		Requerimiento de la guía Teck. Carpeta Corporativa Share Point	Crear base de datos con información relevante, requerimiento de la guía Teck.	Finalizado
4	Potencial ARD en rellenos y relaves.	Implementar un programa de caracterización de relaves y estériles mina mediante ensayos.		Generar programa de caracterización, además de la reconstitución desde el inicio de la construcción, de los materiales que conforman los muros.	Mina Teck CdA deberá preparar e implementar el programa de caracterización.	En Desarrollo

## 8.9. Actualización de Distancia Peligrosa

La normativa chilena en el artículo 14 del DS 248 exige la determinación de la denominada distancia peligrosa definida como (sic): “*la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave en el caso de colapso del depósito*”. Dado que durante todo el periodo la TMF operó dentro de los límites definidos por la Etapa 4 de crecimiento diferido, la actualización de dicha estimación hasta la E4, se detalla en el plano E40165-840-R-PL-004.001: “Simulación de Vaciado de Muros, Embalse de Relaves – Etapa 4 de Crecimiento”.

Es importante destacar que dicho análisis se realiza debido a un requerimiento normativo, ya que tanto WSP E&I (ex Wood), como Teck no consideran que haya un modo de falla catastrófico creíble para la Etapa 4 de crecimiento diferido.

Dado que no hay modos de falla catastróficos creíbles que contemplen la liberación descontrolada de fluidos hacia aguas abajo de la TMF para la Etapa 4 de crecimiento diferido, y de acuerdo con el GISTM, entonces no se requiere un estudio de inundación, ni tampoco un análisis de brecha. No obstante lo anterior, tal como se indicó, y de acuerdo con la normativa chilena, se ha desarrollado el estudio de distancia peligrosa, el que se encuentra en el documento # E40165-840-R-TR-001: “Determinación de la Distancia Peligrosa de los Muros del Depósito de Relaves”, en dicho documento se presenta gráficamente la superficie cubierta por un derrame de los relaves almacenados ante una hipotética ruptura de los muros del Depósito de Relaves, según la distancia peligrosa determinada para la condición actual de operación de la TMF (E4).

## **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: En construcción el relleno masivo de la Etapa 5 en el muro MS;
- Corte y Retiro del relleno masivo si compactar desde la cara aguas arriba de los muros, Etapa 5: finalizado en el MO(S) y pleno desarrollo en el MN durante la visita;
- Rellenos de transición y/o rectificación: sin actividad de construcción 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 de construcción al momento de la visita;
- Excavación y relleno de zanjas corta fugas, de anclaje superior, inferior y laterales: sin actividad de construcción al momento de la visita;
- Construcción de sistema colector y de control de filtraciones: sin actividad de construcción al momento de la visita;
- Instalación de instrumentación geotécnica: sin actividad de construcción al momento de la visita; y
- Montaje de cañerías para impulsión / distribución de relaves y cañerías de agua: sin actividad de construcción al momento de la visita.

### **9.2. Resumen de desempeño**

El comportamiento observado del depósito está de acuerdo con lo esperado en el diseño y la operación de la TMF y se han desarrollado durante el año siguiendo las recomendaciones del manual OMS. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales.

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. Trinchera #10A.**

Las cuatro (4) bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y la retornan al proceso de la planta concentradora, operaron hasta noviembre

en la posición denominada trinchera # 8A, y una vez peraltado el manifold de descarga, a una elevación superior, desde el 08 de diciembre operan en la posición denominada trinchera # 8B. Esta modificación de la ubicación del manifold, permite prolongar la vida útil de la Trinchera #8, ya que al momento de escribir el presente documento se está construyendo la trinchera #10A, que corresponde a la trinchera #10 de diseño modificando la cota del fondo de la excavación, con lo cual se evitó construir la Trinchera # 9.

#### 9.4. Evaluación de consecuencias según GISTM

En el contexto del nuevo Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera, todos los muros se evalúan como estructuras de extrema consecuencia, y deben ser diseñados para la Crecida Máxima Probable (PMF, por sus siglas en inglés) y el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés), se deja establecido que el diseño de los muros del depósito de relaves Teck CdA contempla actualmente dichas cargas extremas.

## 9.5. Estatus Recomendaciones AFPR 2022

ITEM	AREA	SUB ITEM	ESTRUCTURA	DETALLE	RESPONSABLE	FECHA	ESTADO
1	Construcción	1.1	MN	Cerrar con barreras duras el acceso al botadero de Relaves U-V	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado
		1.2	MN	Ejecutar obra de conducción de los afloramiento	Teck CdA - Wood	2022.Q4	Finalizado
		1.3	MNO / BS	Finalizar el relleno de transición correspondiente a la Etapa 4	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		1.4	MNO	Reubicar la cañería de distribución de relaves, hacia el hombro de la plataforma operacional a la Etapa 4	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado
		1.5	MNO	Reubicar la descarga auxiliar D4A, hacia el sur de su posición actual	Teck CdA - Wood	2022.Q2	Finalizado
		1.6	MNO	Desmantelar las zanjas para la prueba Watershed	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		1.7	BS	Implementar una solución de ingeniería que permita la conducción controlada de posibles derrames de relave en la plataforma Pl. TK-042	Teck CdA - Wood	2022.Q4	En proceso
		1.8	BS	Revestir la sentina que recolecta los derrames de la operación normal del sistema de distribución de relaves en la Pl. TK-042	Teck CdA - Wood	2022.Q4	En Proceso
		1.9	BS	Reponer el babero bajo la cañería de descarga del rebose sur (Geomembrana de HDPE)	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado
		1.10	MO(S) / MS	Cortar la Geomembrana de HDPE en aquellos sectores que sobresale de la zanja de anclaje superior	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		1.11	MO(S) / MS	Construir Rip Rap que proteja de la escorrentía superficial, ambas zanjas de anclaje laterales	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		1.12	TRCH	Construir la Trinchera #10 para la recuperación del agua desde la laguna	Teck CdA - Wood	2022.Q4	En Proceso
		1.13	MP	Finalizar la construcción correspondiente a la Etapa 4 de crecimiento diferido	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
2	Mantención	2.1	MN	Restituir la condición de los monolitos para control de asentamientos dañados	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		2.2	MN	Regularizar la condición de la bomba flotante de la piscina colectora de drenajes y filtraciones	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		2.3	MNO	Retirar la vegetación que se aprecia en el lecho rocoso de los afloramientos sur en el sector El Churque	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado
		2.4	MO(S)	Limpieza de la plataforma operacional a la elevación de la Etapa 4 de crecimiento diferido, del derrame con relleno masivo existente	Teck CdA	2022.Q1	Finalizado
		2.5	MO(S) / MS	Reparar previo al periodo de precipitaciones (abril – octubre), el agrietamiento superficial detectado Posterior al periodo estival, sacar el aire atrapado debajo de la Geomembrana de HDPE, mediante la	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado en el MO(S)
		2.6	MS	habilitación de venteos	Teck CdA	2022.Q3	Reprogramado 2023
3	Operación	3.1	TMF	Operar en el corto plazo las descargas del sector centro / norte de la TMF	Teck CdA	2022.Q2	Finalizado
4	Monitoreo, Control y Vigilancia	3.1	TMF	Instalar piezómetros adicionales ubicados aguas arriba en la playa de relave y cercanos a los muros MN y MNO	Teck CdA - Wood	2022.Q4	Reprogramado 2023
		3.2	BS	Reubicar los prismas montados en la Pl. TK-042, para que puedan ser leído por la estación total robotizada	Teck CdA - Wood	2022.Q1	Finalizado
		3.3	TMF	Habilitar el tercer acelerógrafo, esta vez instalado en roca	Teck CdA - Wood	2022.Q4	Reprogramado 2023
5	Estudios y Diseño	4.1	MO	Se recomienda que el terreno natural sea mapeado antes de colocar el relleno nuevo en el estribo sur	Wood	2022.Q4	En Proceso
		4.2	MO(S)	Estudiar en detalle las implicancias que tengan sobre la integridad de las estructura contenedora y el control de filtraciones, los piques detectados hacia aguas abajo del muro	Wood	2022.Q4	En Proceso
		4.3	MO(S)	Diseñar solución definitiva para el sistema de conducción de drenajes	Wood	2022.Q4	En Proceso
		4.4	MS	Revisar la condición de la quebrada hacia aguas abajo del muro MS, en el sector del pozo de monitoreo PZ-1	Wood	2022.Q1	Finalizado

Nota: El plan de acción AFPR 2022, presenta un 89% de cumplimiento (estatus Finalizado / En Proceso), lo que se considera satisfactorio.

## 9.6. Recomendaciones AFPR 2022

### 9.6.1. Longitud de Playas

Es importante mantener una longitud de playa adecuada para controlar las filtraciones por los muros y la saturación de la zona de transición. El ancho de la zona de transición fue diseñado originalmente en 3,0 m y fue construido a partir de la E2 de forma más conservadora en un ancho de 4,0 m, por lo tanto no es de esperar que haya material de transición que fluya hacia el enrocado con una carga hidráulica baja.

Con una zona de transición debilitada, los relaves y el agua podrían fluir hacia el cuerpo del muro y verse hacia aguas abajo de la TMF, en caso de que hubiese agua acumulada con alta carga hidráulica, sin embargo, recientes estudios desarrollados por WSP E&I (ex Wood), han demostrado que esto no es una falla creíble.

El criterio de diseño de los muros se basa en tener al menos 100 m de playa en el frente a la cara del talud interno. El agua estancada en el talud aguas arriba del muro no es una condición aceptable y podría ocasionar una tubificación de material de transición y formar un hundimiento (sinkhole), tal como ocurrió en el año 2019, asociado a la estructura denominada acopio de Relaves U-V la que se encuentra apoyada sobre el estribo poniente del MN, sin formar parte de la estructura contenedora.

En el corto plazo, se recomienda priorizar la descarga de relaves desde el sector sur de la TMF, de manera de disponer eliminar el leve crecimiento hacia el sur que presentaba la laguna al momento de la inspección, para posteriormente descargar en los sectores norte de la instalación, en frente de aquellos muros sin impermeabilizar, como medida de control adicional ante la proximidad del periodo de precipitaciones (abril – octubre), tal como se ha hecho en los años anteriores.

Se tiene programada para fines de del año 2023 la emisión de la actualización del plan de depositación de la TMF, emitido el Q4 de 2021.

### 9.6.2. Agrietamientos en la Zona de Transición

Durante la presente visita se constató la presencia de grietas en los muros MNO, Pl. Tk-042(ex BS), MO, MO(S) y MS de la TMF.

Aun cuando la causa específica de la formación de las grietas requiere de mayor investigación, el control de calidad del material del relleno de transición y su construcción son importantes. En general, las grietas que aparezcan en el talud aguas arriba deben ser rellenadas con un material para sello para grietas (crack stopper) como lo son las arenas de tamaño fino o medio, y las grietas en las plataformas deberán ser monitoreadas regularmente y reparadas

reconstruyendo el material de transición en la zona agrietada, antes que sea cubierto con relave y/o por la escorrentía superficial durante el periodo de lluvias.

### **9.6.3. Filtraciones**

Se debe monitorear correctamente las tasas de filtraciones y tomar registro respecto de la duración y ubicación de la descarga operando, lluvias recientes, cota de relaves, cota de la laguna y calidad (principalmente cantidad de sedimento, turbiedad) del agua de la filtración. Se recomienda instalar piezómetros adicionales ubicados aguas arriba en la playa de relave y cercanos a los muros, los que ayudarán a entender el efecto de la ubicación de la descarga en filtraciones específicas, así como también la reducción de la elevación del nivel freático, a través de los muros y el proceso de humectación / secado de las playas.

Se recomienda realizar un estudio completo que identifique la causa raíz de las filtraciones del MO(S), el que deberá considerar todos los aspectos que pudiesen influir sobre estos flujos (operacionales, geológicos, geotécnicos, otros). Actualmente existe un estudio que analiza los flujos a través de la piezometría, la operación de las descargas y los niveles de relave y laguna, se recomienda que este análisis se complemente en forma más global considerando las condiciones geológicas particulares de la zona, incluyendo los cerros naturales hacia ambos estribos del muro MO(S).

Para los estudios de filtraciones de los muros, se recomienda estudiar la posibilidad de flujos de agua pasantes a través del terreno natural que pudiese existir entre muro y muro. Además, se recomienda analizar los piques abandonados en el área del muro MO(S) y evaluar su posible relleno con hormigón para prevenir flujos por debajo del muro.

### **9.6.4. MN – Aguas Arriba**

Se recomienda reponer el monitoreo de deformaciones del muro lo más pronto posible, luego de terminados los trabajos de corte y retiro.

Se recomienda confirmar que se ha mapeado (registro geológico) y documentado el sello de fundación del estribo.

Se requiere un detalle de ingeniería respecto del empalme del muro con el terreno en los estribos.

Se debe preparar, escarpar y mapear, la zona del cerro entre el estribo oriente del MN y el estribo poniente del MNO previo a la colocación del relleno de transición en dicha zona.

Se deben retirar las cañerías de agua provenientes del sistema de dewatering de la mina y que cruzan rellenos no estructurales hacia el sector del estribo oriente del MN, previo a la construcción de los rellenos masivo / transición en dicho sector.

#### **9.6.5. MN – Aguas Abajo**

Se recomienda en coordinación con el área de geotécnica evaluar la plataforma del by pass de la cañería de agua fresca, dado que ha sido sobre excavada y no se observa estable.

El caudal de filtración aguas abajo se mide con tarro de 1 litro, se recomienda usar un balde de mayor volumen y / o evaluar la posibilidad de instalar un medidor de flujo.

#### **9.6.6. MNO – Aguas Arriba**

Se recomienda estudiar con calicatas la continuidad y profundidad de las grietas en el relleno de transición y su posterior reparación.

Se recomienda revisar el apoyo del muro en el estribo poniente, sobre el Co. Arenas y dar una solución de ingeniería al empalme del muro contra el cerro.

Se debe preparar, escarpar y mapear, el estribo antes de colocar el relleno de transición.

#### **9.6.7. MNO – Aguas Abajo**

Se recomienda reponer y reubicar el acelerógrafo montado en terreno natural en el sector del Churque en un lugar más protegido de la escorrentía superficial e inundaciones.

#### **9.6.8. PL. Tk-042 (ex BS) – Aguas Arriba**

Se deben monitorear, investigar y reparar los agrietamientos observados en el talud norte de la plataforma Tk-42 y en la plataforma operacional E4 El.1.162,5 msnm.

Se recomienda colocar babero de HDPE en el rebose sur.

Se debe mantener registro de cómo se construyó el relleno de la cárcava, producto de la fuga de relaves desde la estación de distribución de relaves de febrero 2022, y como se realizó el empalme e integración al MO.

En la estación de distribución de relaves, se debe realizar un monitoreo de los asentamientos de las fundaciones de bombas, y de los soportes de cañerías, de tal manera de anticipar incidentes en el sector.

## 9.6.9. BS – Aguas Abajo

Sin observaciones.

## 9.6.10. MO – Aguas Arriba

Se deben limpiar los derrames de relleno masivo, existentes sobre la plataforma operacional de la E4 a la cota 1.162,5 msnm.

Se recomienda revisar las grietas en el relleno de transición y evaluar la necesidad de realizar una campaña de calicatas y repararlas.

Se debe dar una solución de ingeniería al apoyo del muro con el terreno natural en el estribo sur. Al momento de la visita, aún no se construye el relleno.

## 9.6.11. MO – Aguas Abajo

Sin observaciones.

## 9.6.12. MO(S) – Aguas Arriba

Se deben retirar los escombros presentes en la plataforma operacional a la E4 de crecimiento diferido (El. 1.162,5 msnm).

Se debe reparar los agrietamientos que se observan en la misma plataforma.

Se debe remover el suelo o roca natural, existente en el estribo norte del muro, para facilitar la construcción del relleno de transición.

Se deben retirar las dos (2) cañerías de HDPE de diámetro menor en el talud aguas arriba del muro, previo a la colocación del relleno de transición.

Se debe reparar el liner expuesto en la zanja de anclaje superior, en la plataforma operacional de la E4 (El. 1.162,5 msnm).

Se recomienda habilitar al hombro de la geomembrana, venteos para prevenir el atrapamiento de aire debajo del liner.

Se debe definir mediante un detalle de ingeniería el diseño del apoyo del muro con el terreno natural en ambos estribos.

## 9.6.13. MO(S) – Aguas Abajo

Se requiere contar con una obra permanente para el manejo del afloramiento y drenaje del muro.

Se debe evaluar la posibilidad de rellenar con hormigón los pique mineros.

Se recomienda reponer los candados rotos de los cercos que protegen el ingreso a los piques.

#### **9.6.14. MS – Aguas arriba**

Revisar el cumplimiento fiel de las especificaciones técnicas para la preparación del sello de fundación, y que se realice de acuerdo con las especificaciones técnicas de esta obra.

Se deben retirar los sobretamaños detectados en el relleno masivo.

Se recomienda revisar las grietas existentes hacia el estribo oriente del muro y evaluar la necesidad de una campaña de calicatas y / u obras de reparación.

Se recomienda habilitar al hombro de la geomembrana, venteos para prevenir el atrapamiento de aire debajo del liner.

#### **9.6.15. MS – Aguas Abajo**

Sin observaciones.

#### **9.6.16. MP – Aguas Arriba.**

Se debe proteger con enrocado, el relleno de las zanjas de anclaje laterales en ambos estribos del muro (norte y sur), replicando lo ejecutado en los muros MO(S) y MS, para la E4 de crecimiento diferido.

Se recomienda colocar señalética que permita identificar en terreno los piezómetros habilitados y sus cajas.

Se recomienda habilitar al hombro de la geomembrana, venteos para prevenir el atrapamiento de aire debajo del liner.

#### **9.6.17. Trincheras.**

Se deberá diseñar un plan de remediación y protección, que incluya evaluar la necesidad de algún tipo de sostenimiento o malla de contención en el largo plazo, para el bloque de roca fracturada en el talud de la excavación de la trinchera #10 A.

#### **9.6.18. Monitoreo y control.**

Se recomienda reponer el control de deformaciones de todos los muros lo más pronto posible, una vez finalizados los trabajos de Corte y Retiro, lo que incluye la reposición de monolitos y prismas en la berma inferior (E4), y la colocación de nuevos instrumentos en el coronamiento del muro (E5).

Se debe monitorear de cerca el comportamiento del piezómetro Casagrande MP-01 hacia el estribo norte del muro, y que implicancias tiene respecto del

nivel freático debajo la fundación del muro, ya que tiene implicancias directas sobre el diseño.

Se recomienda un monitoreo permanente de los agrietamientos, y realizar una investigación sobre continuidad de estos en profundidad mediante calicatas, de manera de evaluar la necesidad de reparación mediante la construcción de relleno de transición y/o rellenarla con arena fina media.

Se debe asegurar que en los estribos de los muros se realice un escarpe adecuado y que se garantice que la fundación del muro quede apoyada en suelo o roca competente.

Se recomienda realizar un mapeo o registro geológico y documentar la recepción del sello de fundación de los estribos.

Se debe asegurar un adecuado escarpe en el cerro antes de la colocación del material de transición. Se requiere un detalle de ingeniería de ambos casos.

Se deben construir los monolitos para control de asentamientos de los muros MNO y MP, sobre la plataforma operacional de la E4 de crecimiento diferido, en el relleno de transición.

Se recomienda estudiar la factibilidad de construir monolitos para control de asentamientos en el coronamiento de los muros, a la El. 1.177,5 msnm, en el relleno masivo.

## 10.0 AFPR 2024

La próxima Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (AFPR), se programa para los días 4 y 5 de diciembre, del año 2023.

## 11.0 ANEXOS

- Anexo A Registro Fotográfico
- Anexo B Piezómetros Instalados y Proyectados
- Anexo C Análisis De Asentamientos Muros Depósito De Relaves
- Anexo D Registros de Inspección de Terreno
- Anexo D1 : Muro MN
- Anexo D2 : Muro MNO
- Anexo D3 : Pl. Tk-042 (ex BS)
- Anexo D4 : Muro MO
- Anexo D5 : Muro MO(S)
- Anexo D6 : Muro MS
- Anexo D7 : Muro MP

**Anexo A**

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



Fotografía 1: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba, Corte y Retiro E5, Estribo Poniente, vista hacia el Oriente.



Fotografía 2: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba, Relleno Masivo, Coronamiento Etapa 5, El. 1.176 msnm, vista hacia el Poniente.

	PROJECT: TECK CdA TMF				
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 1	REV.: 0



Fotografía 3: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba. Corte y Retiro E5, Relleno Masivo.



Fotografía 4: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba, Estribo Oriente, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm, vista hacia el Oriente.

	PROJECT: TECK Cda TMF				
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 2	REV.: 0



Fotografía 5: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba. Sand Boils en Playa de Relaves.



Fotografía 6: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba. Muro Norte (MN) - Aguas Arriba. Botadero Relaves UV, Vista hacia el Sur.



PROJECT: TECK CdA TMF

CLIENT:  
TECK

DATE:  
January 2023

JOB No.:  
E40221

PAGE:  
3

REV.:  
0



Fotografía 7: Muro Norte (MN) — Aguas Abajo. Piscina Colectora de Drenajes, Aforador.



Fotografía 8: Muro Norte (MN) — Aguas Abajo. Colección de Afloramientos.



PROJECT: TECK CdA TMF

CLIENT:  
TECK

DATE:  
January 2023

JOB No.:  
E40221

PAGE:  
4

REV.:  
0



Fotografía 9: Muro Norte (MN) — Aguas Abajo. Piscina Colectora de Drenajes.



Fotografía 10: Muro Norte (MN) — Aguas Abajo. By Pass Cañería de Agua Fresca.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 5 0



Fotografía 11: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba. Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm, vista hacia el Oriente.



Fotografía 12: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba. Agrietamiento Plataforma E4, El. 1.162,5 msnm, vista hacia el Oriente.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 6 0



Fotografía 13: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba. Agrietamiento, Plataforma E4, EL. 1.162,5 msnm, Vista hacia el Poniente.



Fotografía 14: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba. Descarga 4A, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 7 0



Fotografía 15: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba. Relleno Masivo E5, Coronamiento El. 1.176,0 msnm.



Fotografía 16: Muro Nororientado (MNO) — Aguas Arriba, Estribo Poniente, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 8



Fotografía 17: Muro Norte (MN) — Aguas Arriba. Estribo Oriente, vista hacia el Oriente.



Fotografía 18: Muro Nororiente (MNO) — Aguas Abajo. Piscina Colectora de Drenajes.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 9 REV.: 0



Fotografía 19: Pl. Tk-042 — Estribo Norte MO, vista hacia el nor oriente.



Fotografía 20: Pl. Tk-042 — TK-042 y Estribo Norte muro MO, Vista desde el sur.



PROJECT: TECK CdA TMF

CLIENT:  
TECK

DATE:  
January 2023

JOB No.:  
E40221

PAGE:  
10

REV.:  
0



Fotografía 21: Pl. Tk-042 — Plataforma E4, El. 1.162,5 msnm, vista hacia el oriente.



Fotografía 22: Pl. Tk-042 — Plataforma E4, El. 1.162,5 msnm, vista hacia el sur.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 11 0
	PROJECT: TECK CdA TMF			



Fotografía 23: Pl. Tk-042 — Rebose.



Fotografía 24: Pl. Tk-042 — Fisura en contacto hormigón con suelo.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 12 0



Fotografía 25: 535. Pl. Tk-042 — Acelerógrafo.



Fotografía 26: Botadero Sur (BS) — Fisura en contacto fundación y radier.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 13 0



Fotografía 27: Muro MO — Aguas Arriba.



Fotografía 28: Muro MO — Aguas Arriba. Agrietamientos Plataforma E4, El.1.162,5 msnm.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 14 0



Fotografía 29: Muro MO — Aguas Arriba. Descarga 5. Derrame.



Fotografía 30: Muro MO — Aguas Abajo. PZ -3 nuevo. Gaviones de protección.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 15 0



Fotografía 31: Muro MO — Aguas Abajo. Nuevo Aforador.



Fotografía 32: Muro MO(S) — Aguas Arriba, Plataforma E4, EL. 1.162,5 msnm, vista hacia el norte.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 16 0



Fotografía 33: Muro MO(S) — Aguas Arriba. Estribo Norte, vista hacia el sur Oriente.



Fotografía 34: Muro MO(S) — Aguas Arriba. Geomembrana expuesta.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 17 0



Fotografía 35: Muro MO(S) — Aguas Arriba. Talud Impermeabilizado, estribo sur, vista hacia el norte.



Fotografía 36: Muro MO(S) — Aguas Abajo. Afloramiento, vista hacia el norte.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 18 0



Fotografía 37: Muro MO(S) — Aguas Abajo. Aforador sistema de Drenaje.



Fotografía 38: Muro MO(S) — Aguas Abajo. Pique.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 19 0



Fotografía 39: Muro MO(S) — Aguas Abajo. Cerco pique minero, sin candando.



Fotografía 40: Muro MS — Aguas Arriba. Relleno Masivo E5, vista hacia el Oriente.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 20 REV.: 0



Fotografía 41: Muro MS — Panorámica desde estribo Oriente, vista hacia el poniente.



Fotografía 42: Muro MS — Aguas Arriba. Sobre tamaño en Talud.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 21 REV.: 0



Fotografía 43: Muro MS — Aguas Arriba. Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm, vista hacia el norte.



Fotografía 44: Muro MS — Aguas Arriba. Agrietamientos, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm, vista hacia el poniente.



PROJECT: TECK CdA TMF

CLIENT:  
TECK

DATE:  
January 2023

JOB No.:  
E40221

PAGE:  
22

REV.:  
0



Fotografía 45: Muro MS — Aguas Arriba. Agrietamientos, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm.



Fotografía 46: Muro MS — Aguas Arriba. Agrietamientos, Plataforma E4 El. 1.162,5 msnm

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 23 0



Fotografía 47: Muro MS — Aguas Arriba. Talud Impermeabilizado, estribo poniente, vista hacia el oriente.



Fotografía 48: Trincheras — Trincher # 8B, Operando, vista hacia el nor poniente.



Fotografía 49: Trincheras — Trincheras # 8B, Operando, vista hacia el oriente.



Fotografía 50: Trincheras — Trincheras # 10A. Excavación en roca y retiro de Marina.



PROJECT: TECK CdA TMF

CLIENT:  
TECK

DATE:  
January 2023

JOB No.:  
E40221

PAGE:  
25

REV.:  
0



Fotografía 51: Trincheras — Sistema de recuperación de Aguas Claras. Inestabilidad roca excavación Trinchera # 10A.



Fotografía 52: Trincheras — Sistema de recuperación de Aguas Claras. Agrietamientos talud excavación Trinchera # 10 A.

	PROJECT: TECK CdA TMF			
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: REV.: 26 0



Fotografía 53: Muro Poniente — Aguas Arriba. PLATAFORMA E4 El. 1.162,5 msnm y talud impermeabilizado, vista hacia el norte.



Fotografía 54: Muro Poniente — Eje del muro. Sondajes para Piezómetros de Cuerda Vibrante, vista hacia el sur.

	PROJECT: TECK CdA TMF				
	CLIENT: TECK	DATE: January 2023	JOB No.: E40221	PAGE: 27	REV.: 0

## Anexo B PIEZÓMETROS INSTALADOS Y PROYECTADOS

## **Anexo B.1. Piezómetros de Cuerda Vibrante**

Los muros auscultados corresponden al MN, MNO, BS, MO, MO(S) y MP, cuya instrumentación se instaló como parte de las obras tempranas de la construcción de los distintos muros de la TMF. Los instrumentos son piezómetros de cuerda vibrante tipo RST VW2100 con termistor integrado, piezómetros de fibra óptica y/o Casagrande según se indique.

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

### **Anexo B.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.

### **Anexo B.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 Segunda Fase 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 sondeos de la campaña 2018 respectiva (ver capítulo Anexo B.2.1).

A fines del año 2021, se instalaron y habilitaron en el MP piezómetros de Cuerda Vibrante y Casagrande, en los sondeos de la campaña respectiva (ver capítulo Anexo B.2.2).

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

### Anexo B.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 2-5 (Planta) y las secciones se muestran en las Figuras 2-6 a 2-14. La ubicación de los piezómetros, los muros en los que se instalaron y sus coordenadas y elevaciones de instalación, se resumen en la Tabla B-1, en donde L0 es la lectura 0, bruta en unidades B.

**Tabla B-1: Piezómetros de Cuerda Vibrante Instalados**

INSTRUMENTO		LECTURA L0	CT	LOCALIZACIÓN		
TAG	SERIAL					
PE-003	VW6867	9154,7	1054,532	N 6.650.542,280	E 298.198,469	DREN LATERAL AAB MNO E1
PE-004	VW6866	7777,1	1058,543	N 6.650.498,306	E 298.142,786	RM MNO AAR DREN E1
PE-005	VW6865	8076,9	1058,167	N 6.650.479,435	E 298.235,431	DREN LATERAL AAR MNO E1
PE-006	VW6864	8829,9	1062,162	N 6.650.444,191	E 298.185,643	RM MNO AAR DREN E1
PE-019	VW8334	8997,6	1048,620	N 6.650.622,353	E 298.276,232	DREN CENTRAL MNO AAR E1
PE-020	VW8333	9073,7	1047,335	N 6.650.660,807	E 298.310,157	DREN CENTRAL MNO AAB E1
PE-010	VW8331	9065,1	1103,219	N 6.649.748,810	E 298.241,998	DREN CENTRAL MO E1
PE-009	VW8332	9006,4	1110,050	N 6.649.710,899	E 298.236,185	DREN LATERAL MO E1
PE-009A	VW16738	8711,8	1120,95	N 6.649.647.807	E 298.253.031	DREN LATERAL MO E2
PE-013	100C15107	4108,1	1.146,06	N 6.648.405,231	E 298.204,126	DREN LATERAL 3 (S) MO(S) E3
PE-014	100C15108	4110	1.145,14	N 6.648.488,935	E 298.226,954	DREN LATERAL 3 (N) MO(S) E3
PE-015	VW12772	9061,8	1129,804	N 6.651,011,805	E 297,591,350	DREN LATERAL (O) MN E2
PE-016	VW12773	8923,0	1127,300	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 INCOPEA 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, siendo reubicado a las coordenadas Datum PSAD 56 huso 19 N: 6.649.748,663; E: 298.242,317, y cota de instalación CT de 1.103,739 msnm, por la empresa GeoMediciones, el 25 de octubre de 2010.

La ubicación final de los instrumentos instalados, como también el trazado de los bancoductos se detallan en los planos As Built presentados en las Figuras B-4 a B-10.

En el Caso del MP, el detalle de la instrumentación considerada se presenta en las figuras B-2 y B-3, y en la Tabla B-3.

La ubicación de los instrumentos proyectados y que aún no se instalan al momento de escribir el presente informe, se detallan en los planos de diseño que se muestran en las Figuras B-11 y B-12 para el muro MS y en la Figura B-13 para el muro MP, en donde se incluyen además los trazados proyectados de los bancoductos y los sistemas de drenaje lateral y central.

## **Anexo B.2. Instrumentación Complementaria : Campañas de Sondajes**

### **Anexo B.2.1. Campaña de Sondajes 2018: MNO / BS**

#### **Anexo B.2.1.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2018**

Como parte del control del comportamiento del depósito y verificación del diseño, se identificó la necesidad de efectuar exploraciones adicionales en el Muro Nororiente (MNO) y Botadero Sur (BS) en base a la perforación de sondajes, con el objetivo de mejorar el conocimiento y obtener información complementaria de geotecnia, hidrogeología y geoquímica de las obras señaladas.

La campaña de exploraciones, desarrollada el primer semestre de 2018, fue un trabajo interdisciplinario en la que participaron varias empresas, de acuerdo a sus especialidades: Superex en la perforación de los pozos; WSP en los trabajos de geoquímica e hidrogeología, incluyendo piezómetros de Casagrande; GeoMediciones en la instalación y puesta en marcha de los sensores de fibra óptica; Aguaex en las investigaciones sísmicas (ensayos down hole y geofísica superficial de refracción) y WSP E&I (ex Wood) en el rol de Supervisión Técnica y Coordinación General de los trabajos e Investigaciones Geotécnicas.

En total se perforaron 8 sondajes sumando 733,55 metros lineales útiles de exploración, lo que se hizo mediante dos sondas sónicas y una perforadora diamantina: 83% de las perforaciones fueron hechas utilizando el método sónico, en tanto que el 17% fueron hechas utilizando el método diamantino, todas ellas con recuperación de testigos.

Todos los testigos fueron logueados y fotografiados; de los 733,55 metros perforados, 592,00 metros (81%) correspondieron a suelos (rellenos) y 141,55 metros (19%) correspondieron a roca.

Las estadísticas señalan la siguiente distribución general en los rellenos: 85% de gravas; 9% de arenas, y 6% de arcillas y limos, cada uno de ellos con sus diferentes subclases. Los sondajes DH-2, DH-3, DH-4, DH-6, DH-7 y DH-8 penetraron la roca fundamental. La litología de la roca corresponde a una andesita, de textura micro porfídica a ocasionalmente porfídica, de color comúnmente gris marrón, también blanquecino o rojizo.

En todos los sondajes se ejecutaron pruebas de penetración estándar (SPT) en los rellenos, hasta una profundidad máxima de 60 metros. En total se practicaron 29 ensayos, de los cuales en 12 se obtuvo un Valor-N, y en 17 se aplicaron criterios de rechazo.

Respecto de las exploraciones geofísicas, en total se realizaron 4 ensayos Down-Hole al interior de los sondajes (DH-1, DH-4, DH-6 y DH-7), y, en superficie, tres (3) perfiles

de tomografía sísmica de refracción-Vp y 2 perfiles AMOS-Vs, sumando 213 m lineales de ensayos Down-Hole, 611 m de Refracción-Vp y 368 m de AMOS-Vs.

Durante el proceso de perforación de cada sondaje, a pie de pozo se efectuaron dos tipos de muestreos, de humedad en suelos e hidroquímica del agua de perforación. Adicionalmente, mediante un instrumento multiparámetro se tomaron diversos parámetros hidroquímicos del agua, tales como temperatura, pH, conductividad, TDS y ORP. En la testigoteca de Teck CdA se efectuaron muestreos para ensayos geoquímicos y para ensayos geotécnicos.

El pozo DH-5 se perforó con mucha dificultad hasta los 35,7 metros, para finalmente derrumbarse. Se perforó un pozo gemelo denominado DH-5A aledaño al pozo DH-5, también abandonándose a los 96,8 metros por sucesivos cortes de barras y atrapes de herramienta. Por lo tanto, finalmente, los pozos DH-1, DH-2, DH-3 y DH-7 fueron implementados con piezómetros del tipo Casagrande mientras que los pozos DH-4, DH-6 y DH-8 fueron habilitados con piezómetros de fibra óptica (FOP). Todos ellos quedaron operativos. Para mayor detalle ver Documento N° E40165-840-TR-019: “Informe Constructivo Sondajes Sónicos Muro Nororiente y Botadero Sur”.

### Anexo B.2.1.2. Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2018

Una vez finalizada la perforación de los sondajes, se habilitaron los pozos con piezómetros Casagrande o Fibra Óptica, según sea el caso. La habilitación con piezómetros Casagrande fue realizada por WSP y los trabajos de habilitación con Fibra Óptica fueron ejecutados por GeoMediciones, siempre bajo la supervisión y coordinación de WSP E&I (ex Wood).

En ambos casos, hubo un diseño preliminar propuesto (WSP / GeoMediciones), con recomendaciones de profundidades de sensores propuestas por WSP E&I (ex Wood), los que fueron consecuentemente ajustados a las características reales de terreno encontradas durante la perforación, como por ejemplo: el tipo de material, derrumbes u obturaciones de las paredes del pozo, admisiones de agua o mezclas, etc.

La Tabla B-2 presenta los tipos de piezómetros construidos en cada sondaje con el estatus al día 31 de diciembre de 2021, la ubicación en planta se puede apreciar en la Figura B-14.

**Tabla B-2: Piezómetros Campaña de Sondajes 2018 MNO / BS**

Ítem	Estructura	Sondaje	Tipo Piezómetro	Cantidad	Estatus
1	MNO	DH-1	Casagrande	1	Fuera de Servicio (Obstruido / Sellado durante 2022)
2	MNO	DH-2	Casagrande	1	Operativo
3	MNO	DH-3	Casagrande	1	Operativo
4	MNO	DH-4	Fibra Óptica	2	Fuera de Servicio Ambos Instrumentos
5	MNO	DH-5A	-	-	Sin Instrumentación
6	BS	DH-6	Fibra Óptica	2	Fuera de Servicio Ambos Instrumentos
7	BS	DH-7	Casagrande	1	Operativo
8	BS	DH-8	Fibra Óptica	2	Fuera de Servicio Ambos Instrumentos

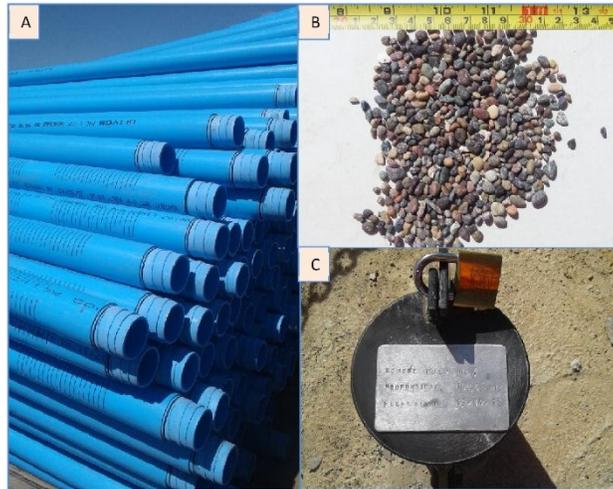
### Anexo B.2.1.3. Piezómetros Casagrande

De acuerdo con lo mostrado en la Tabla B-2, los pozos DH-1, DH-2, DH-3 y DH-7 han sido implementados con piezómetros del tipo Casagrande.

En la construcción de los piezómetros Casagrande se utilizaron elementos típicos tales como tubos de 3 metros de PVC liso y ranurado de 2" (excepto de 1"1/2 en el pozo DH-1), bentonita en pellets 3/8", terminaciones de punta de lápiz y grava seleccionada. En la construcción del sello sanitario se utilizó una mezcla de arena, bentonita y agua. En la Figura B-1 se muestran algunos de los elementos utilizados en la construcción de los piezómetros Casagrande.

A modo informativo, en la Figura B-15 se muestran los diseños constructivos finales de la instalación de los piezómetros Casagrande.

**Figura B-1: A) PVC lisos y ranurados; B) Grava; C) Terminación del Pozo**



### Anexo B.2.1.4. Piezómetros de Fibra Óptica

Como se muestra en la Tabla B-2, los pozos DH-4, DH-6 y DH-8 fueron implementados con piezómetros de fibra óptica (FOP en adelante), manufacturados por Roctest (Canadá), y corresponden al modelo FOP-F con cables de 7 mm.

En general, la instalación consistió en colocar dos (2) sensores por pozo, a distintas profundidades, adosados a tuberías Tremie. Posteriormente los pozos se rellenaron con lechada, en la parte inferior del pozo, y completados con grava fina hasta la superficie. A modo ilustrativo, en la Figura B-16 se incluyen los diseños constructivos finales de la instalación de los piezómetros FOP.

Finalmente se realizaron lecturas funcionales de los sensores para verificar que ellos están operativos, quedando conectado el jumper (conector óptico) para futuras lecturas.

La actividad de adquisición, habilitación y puesta en marcha de la piezometría por fibra óptica estuvo a cargo de la empresa GeoMediciones.

## **Anexo B.2.2. Campaña de Sondajes 2021: MP**

### **Anexo B.2.2.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2021**

Durante le Q4 del año 2021 se desarrolló la campaña de perforaciones a través de cinco (5) sondajes diamantinos, todos sobre la proyección del eje longitudinal del coronamiento de la etapa 6 de crecimiento diferido, perforándose un total de 353 m, de los cuales 144 m fueron inclinados (2 sondajes a 65°). Del total perforado prácticamente el 100% fue ejecutado en roca, ya que el poco suelo que apareció fue removido al momento de construir las plataformas para posicionamiento de la máquina de sondajes. El foco de la investigación fue recopilar información que permitiera mejorar el entendimiento de las condiciones hidrogeológicas del sitio bajo el nivel de la fundación del muro poniente, y que implicancias tendría sobre el diseño del sistema de impermeabilización del muro, dado que el drenaje natural de la estructura avanza aguas abajo, hacia la comunidad El Toro, previo a descargar finalmente en el rajo de la mina. La campaña se prolonga por 64 días, entre el 19 de octubre y el 21 de diciembre de 2021, ejecutándose dentro del plazo estimado y por un monto total 34% menor al contemplado inicialmente, lo que se considera muy satisfactorio.

### **Anexo B.2.2.2. Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2021**

Una vez finalizada la perforación dos (2) sondajes se habilitaron como piezómetros Casagrande, y los tres (3) restantes se habilitaron los pozos con piezómetros de Cuerda Vibrante. La habilitación con piezómetros de cuerda vibrante fue ejecutada por GeoMediciones, y los Casagrande fueron habilitados por Griffith Drilling, quienes además tuvieron a su cargo las perforaciones. En ambos casos los trabajos se realizaron bajo la supervisión y coordinación de WSP E&I (ex Wood).

La Tabla B-3 presenta los piezómetros de cuerda vibrante instalados en cada sondaje, la ubicación en planta y elevación se puede apreciar en la Figura B-2 y B-3, las que incluyen además los piezómetros Casagrande.

**Tabla B-3: Piezómetros de Cuerda Vibrante Campaña de Sondajes 2021 MP**

TAG	Lectura Cero (L0)	Fecha L0	Temp. L0 (°C)	Cota L0 (msnm)	Localización (DATUM PSAD 56 Huso 19S)		
					Norte (m N)	Este (m E)	Ubicación
MP2-S1	3.936,7	07/12/2021	32,7	1.116,45	6.650.371,76	296.531,05	Sondaje MP-02, Profundo
MP2-S2	3.931,9	07/12/2021	31,8	1.156,39	6.650.371,76	296.531,05	Sondaje MP-02, Somero
MP3-S1	3.914,3	25/11/2021	27,1	1.091,39	6.650.366,30	296.522,74	Sondaje MP-03, Profundo
MP3-S2	3.763,8	25/11/2021	27,0	1.141,34	6.650.366,30	296.522,74	Sondaje MP-03, Somero
MP4-S1	3.935,9	14/12/2021	25,5	1.133,54	6.650.358,09	296.510,24	Sondaje MP-04

L0: Lectura Cero

**Figura B-2: MP – Planta Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27)**

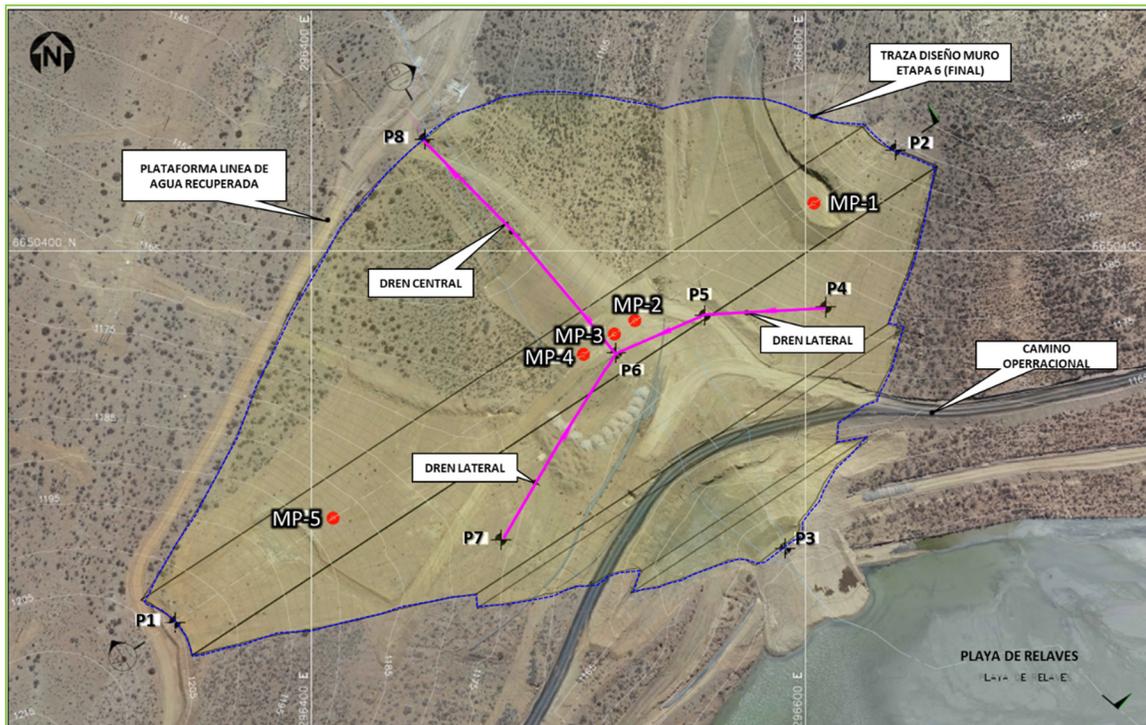


Figura B-3: MP – Perfil Longitudinal Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27)

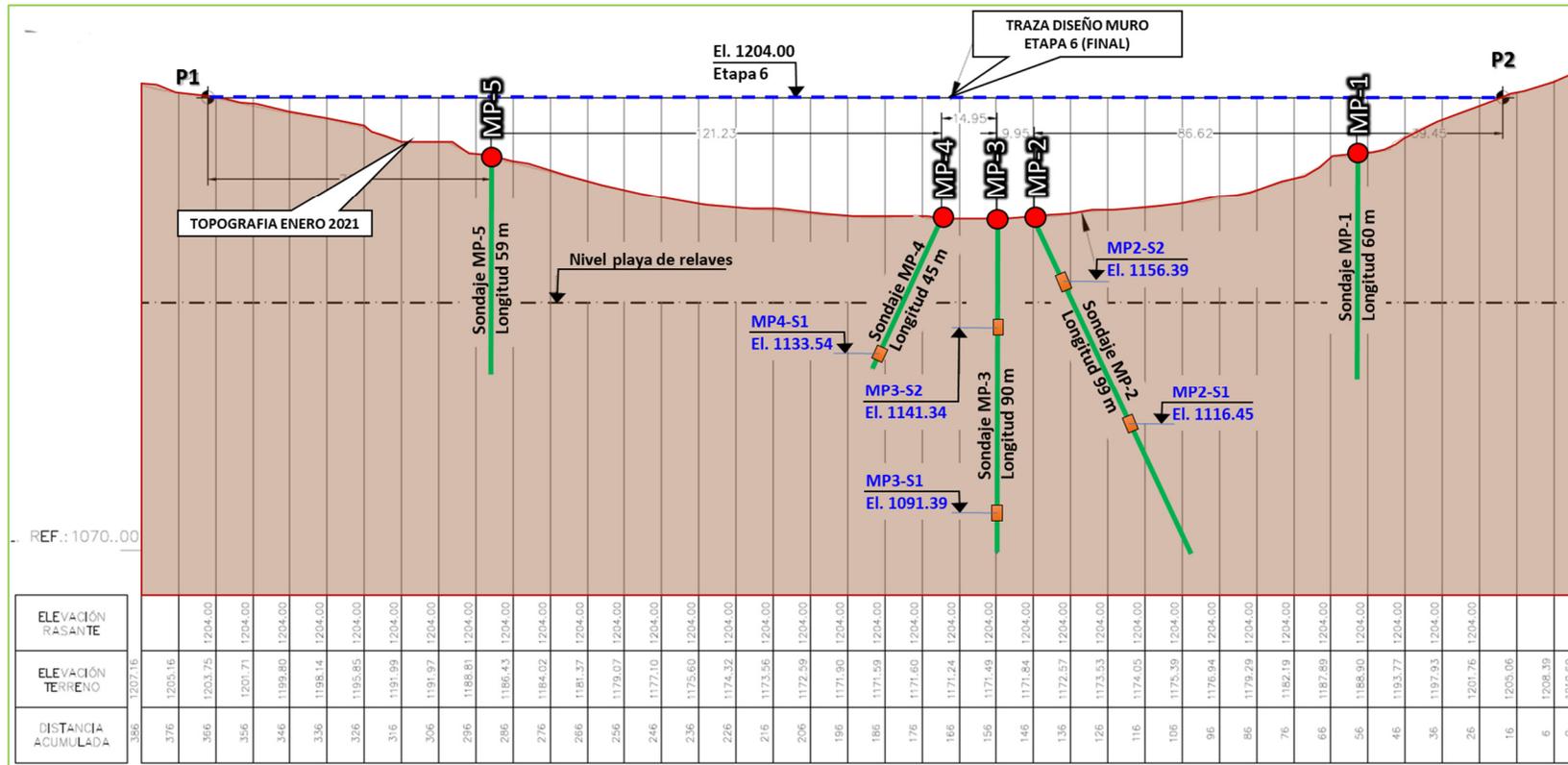


Figura B-4: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0024.000 WSP E&I (ex Wood)).

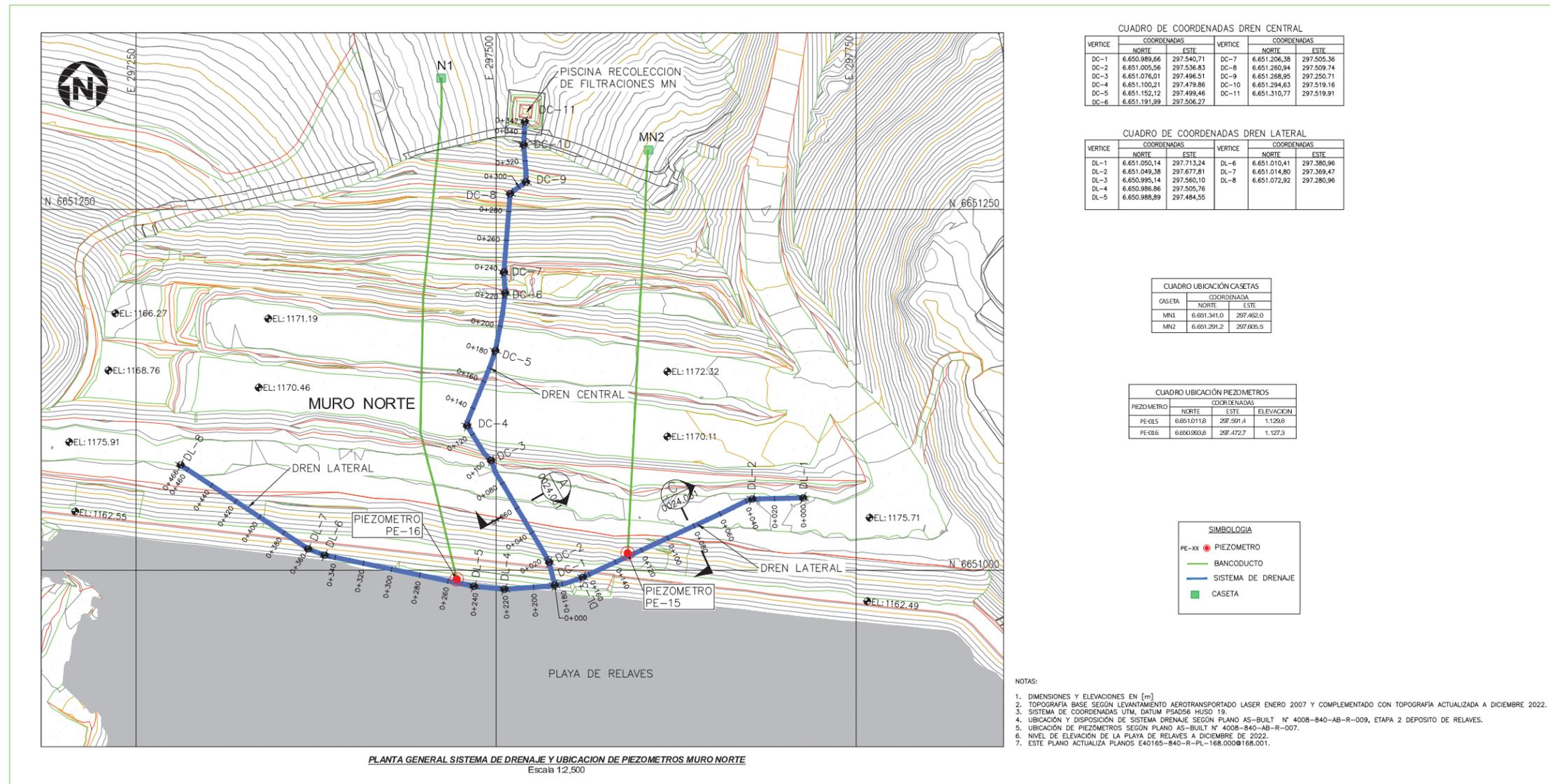


Figura B-5: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0024.001 WSP E&I (ex Wood)).

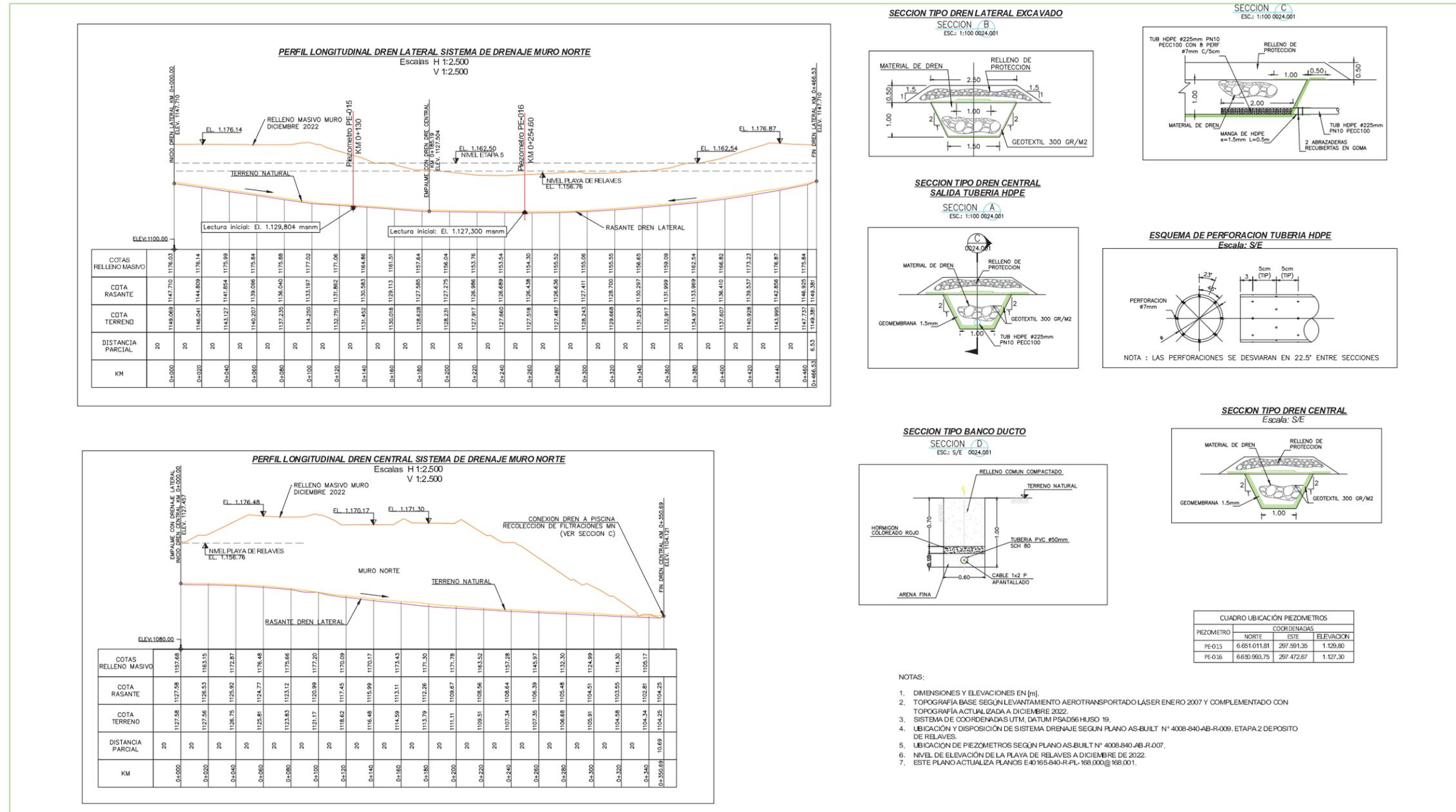


Figura B-6: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0020.000 WSP E&I (ex Wood)).

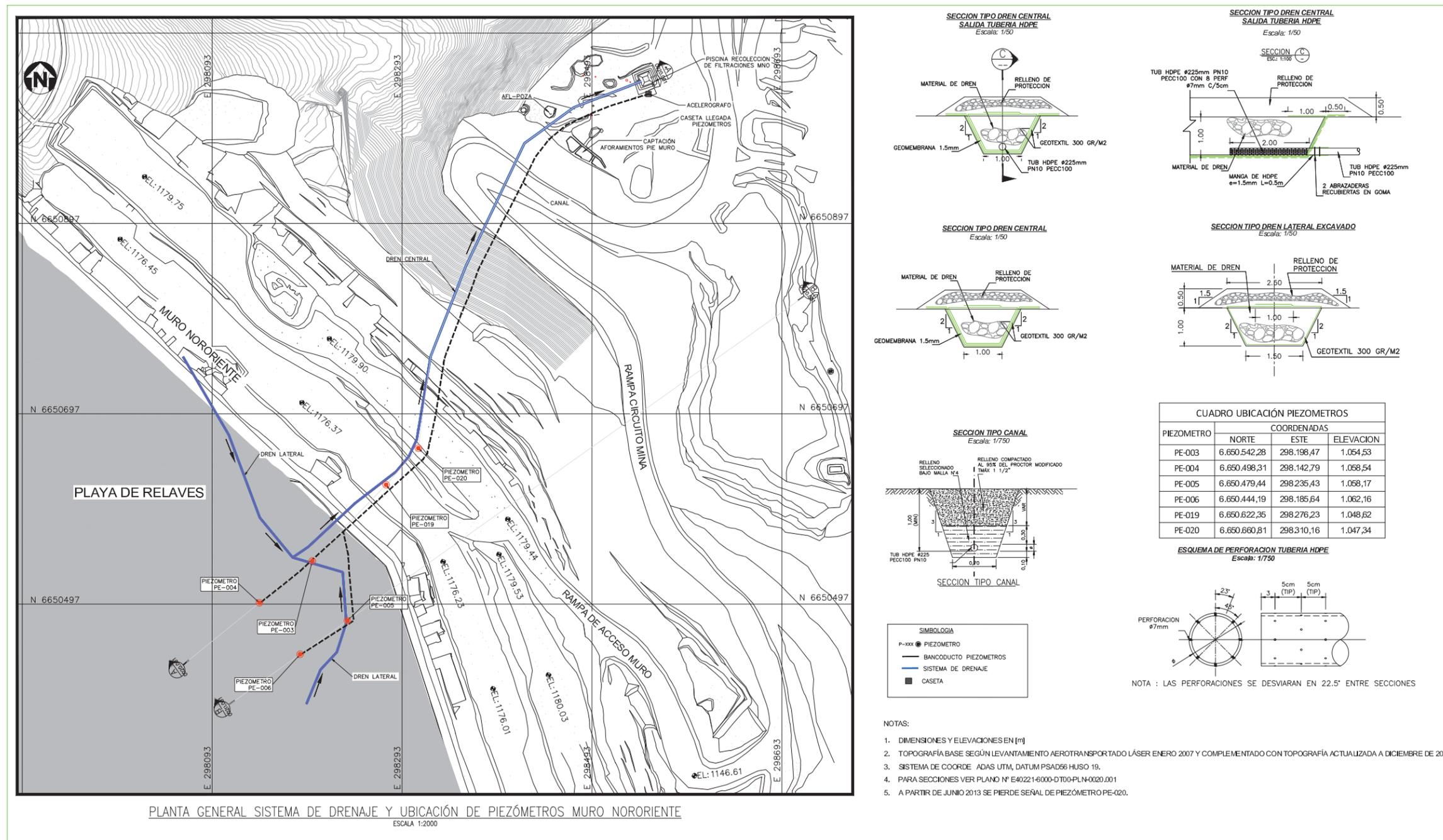


Figura B-7: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0020.001 WSP E&I (ex Wood)).

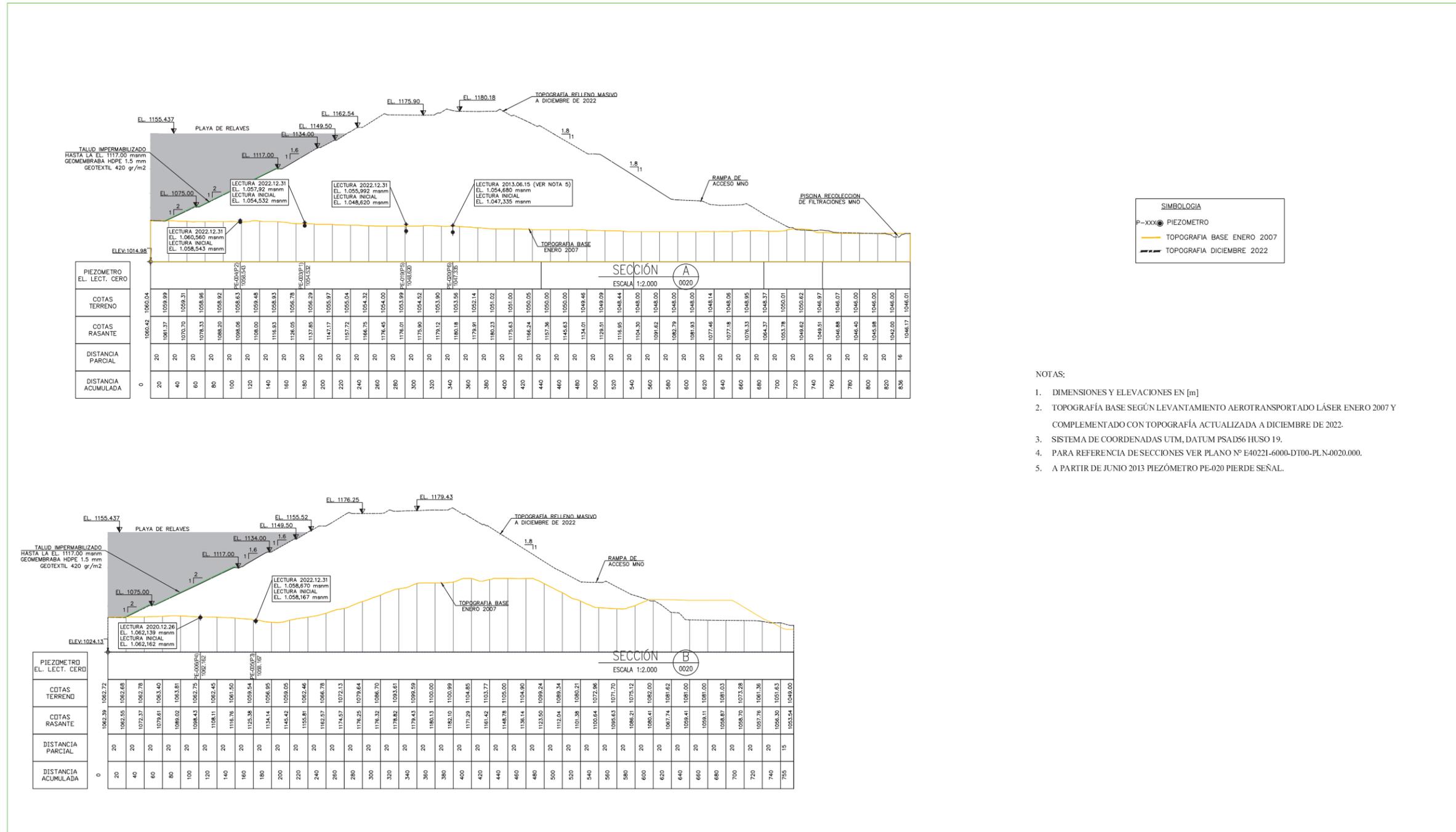


Figura B-8: MO; Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0021.000 WSP E&I (ex Wood)).

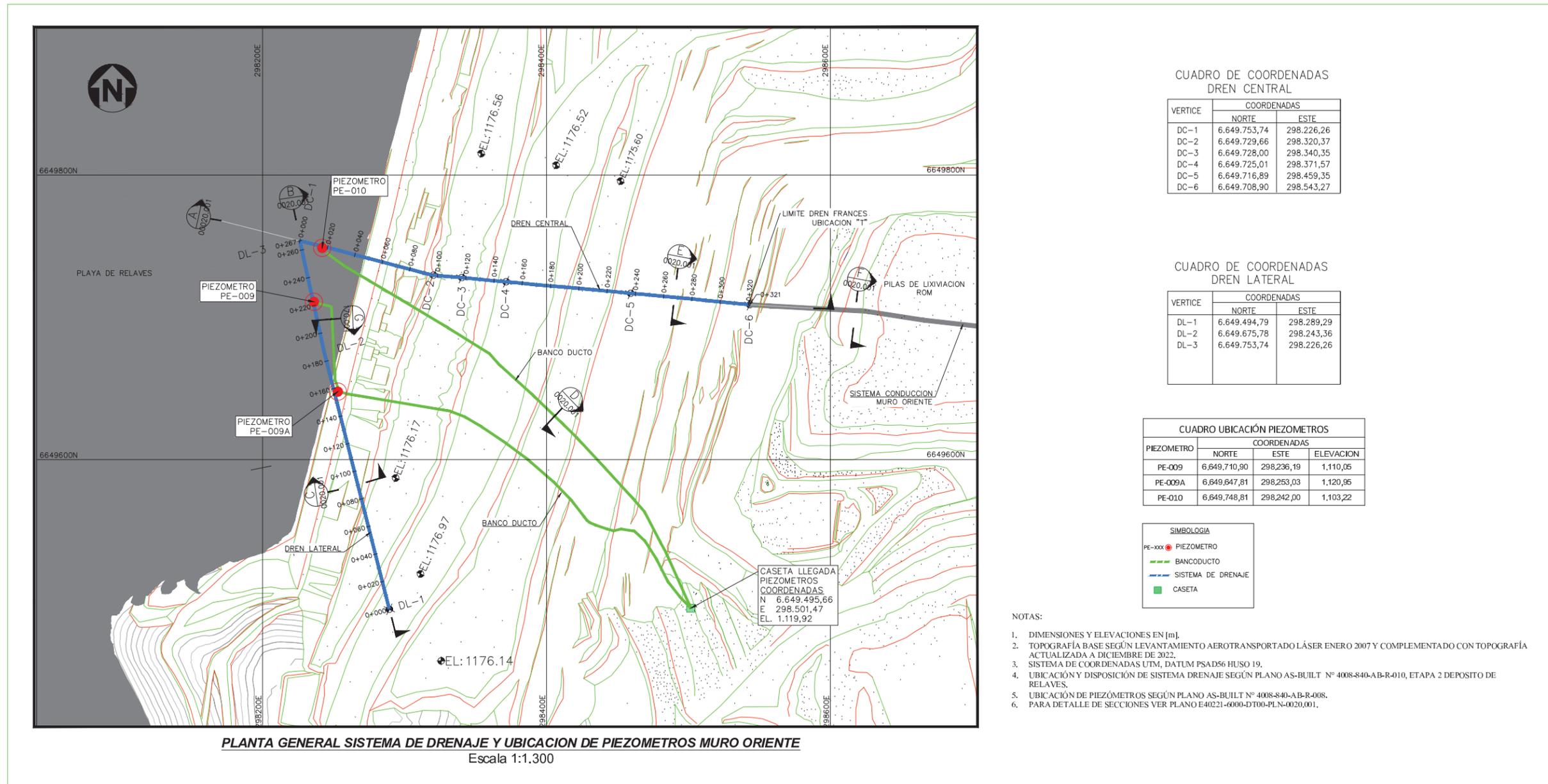




Figura B-10: MO(S), Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y perfiles al 2022.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0022 WSP E&I (ex Wood)).

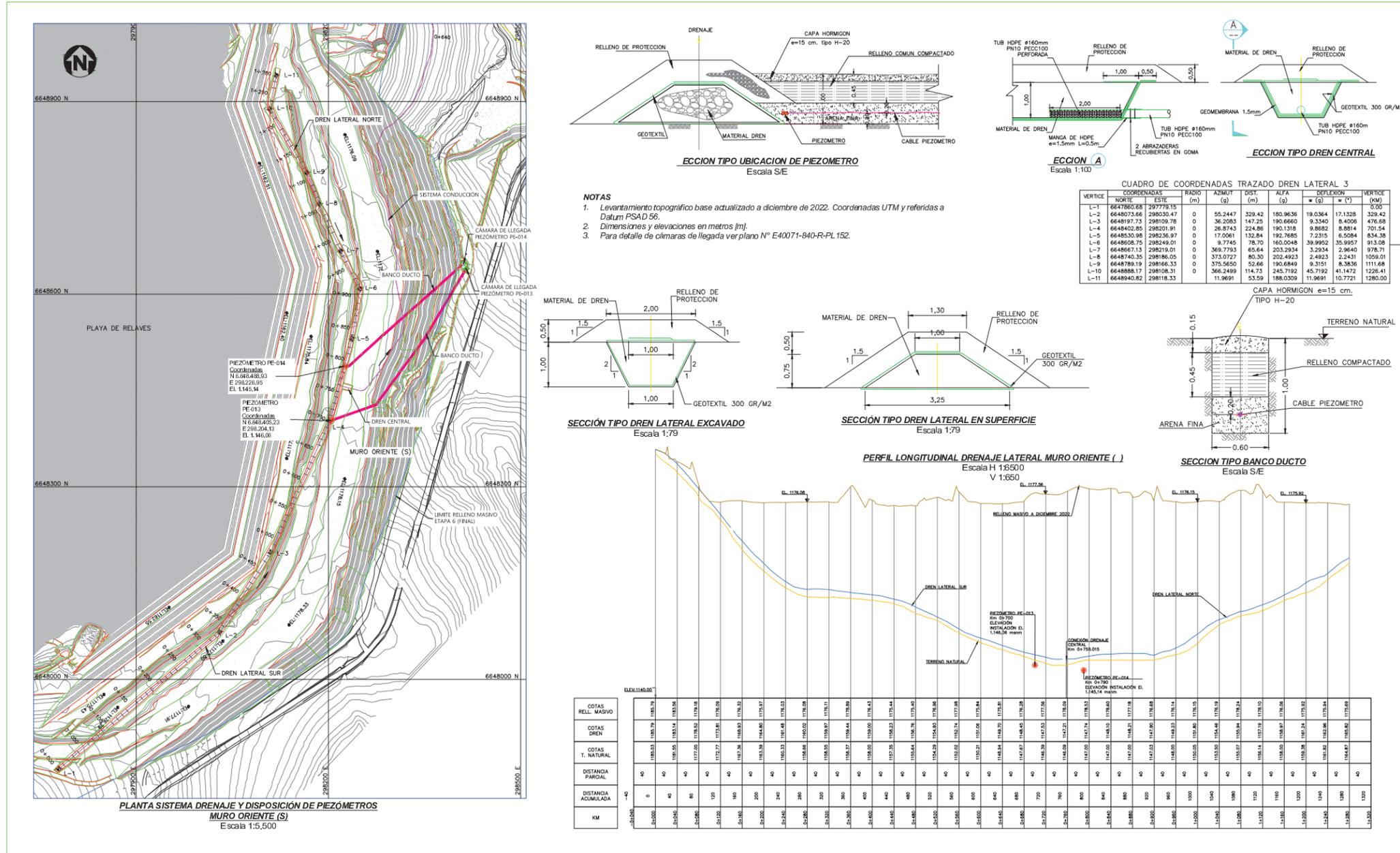


Figura B-11: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectoado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, WSP E&I (ex Wood)).

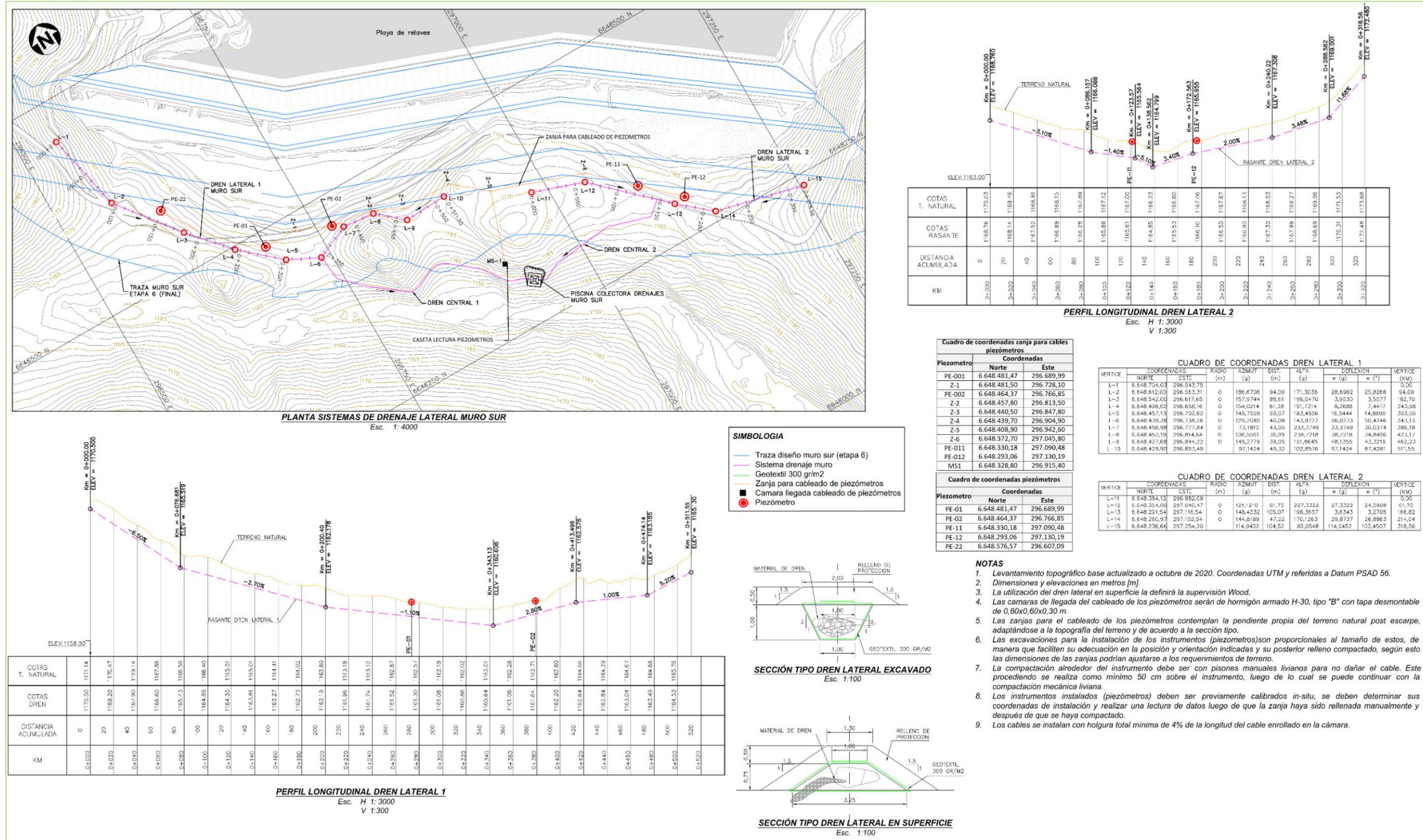


Figura B-12: MS, Sistema de Drenes Centrales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectoado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0004, WSP E&I (ex Wood)).

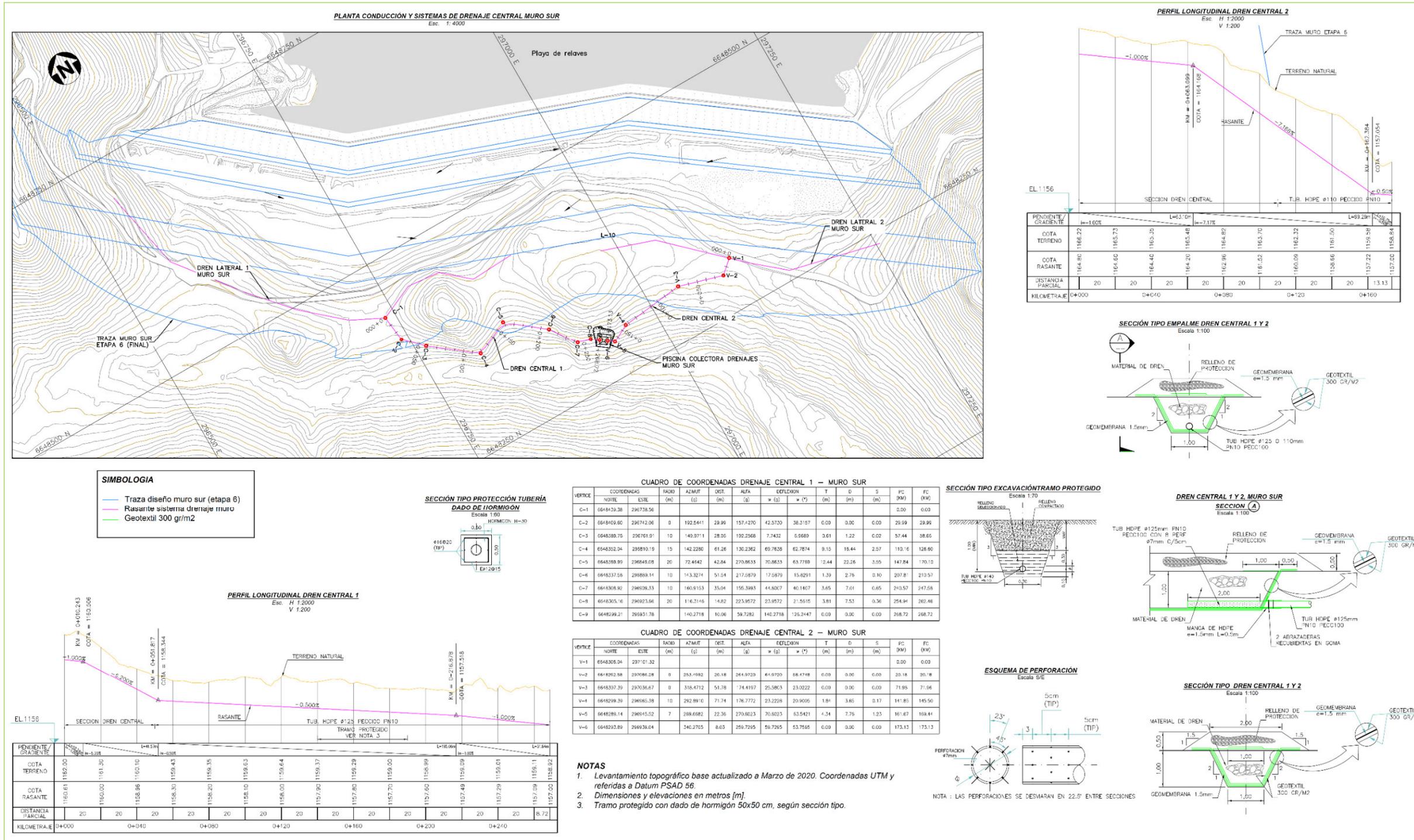


Figura B-13: MP, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectoado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0002, WSP E&I (ex Wood)).

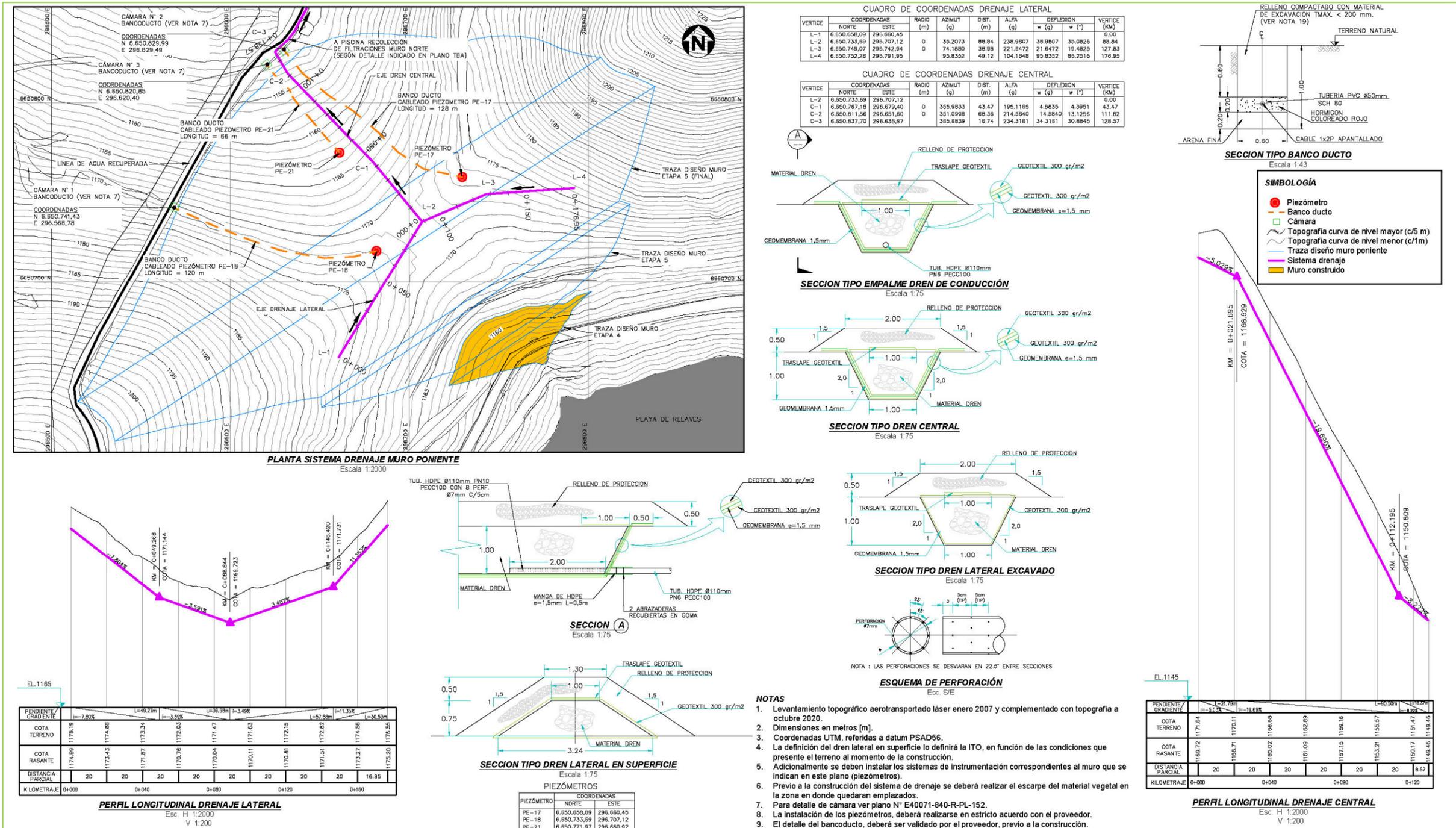


Figura B-14: Plano E40165-840-R-PL-056\_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31.

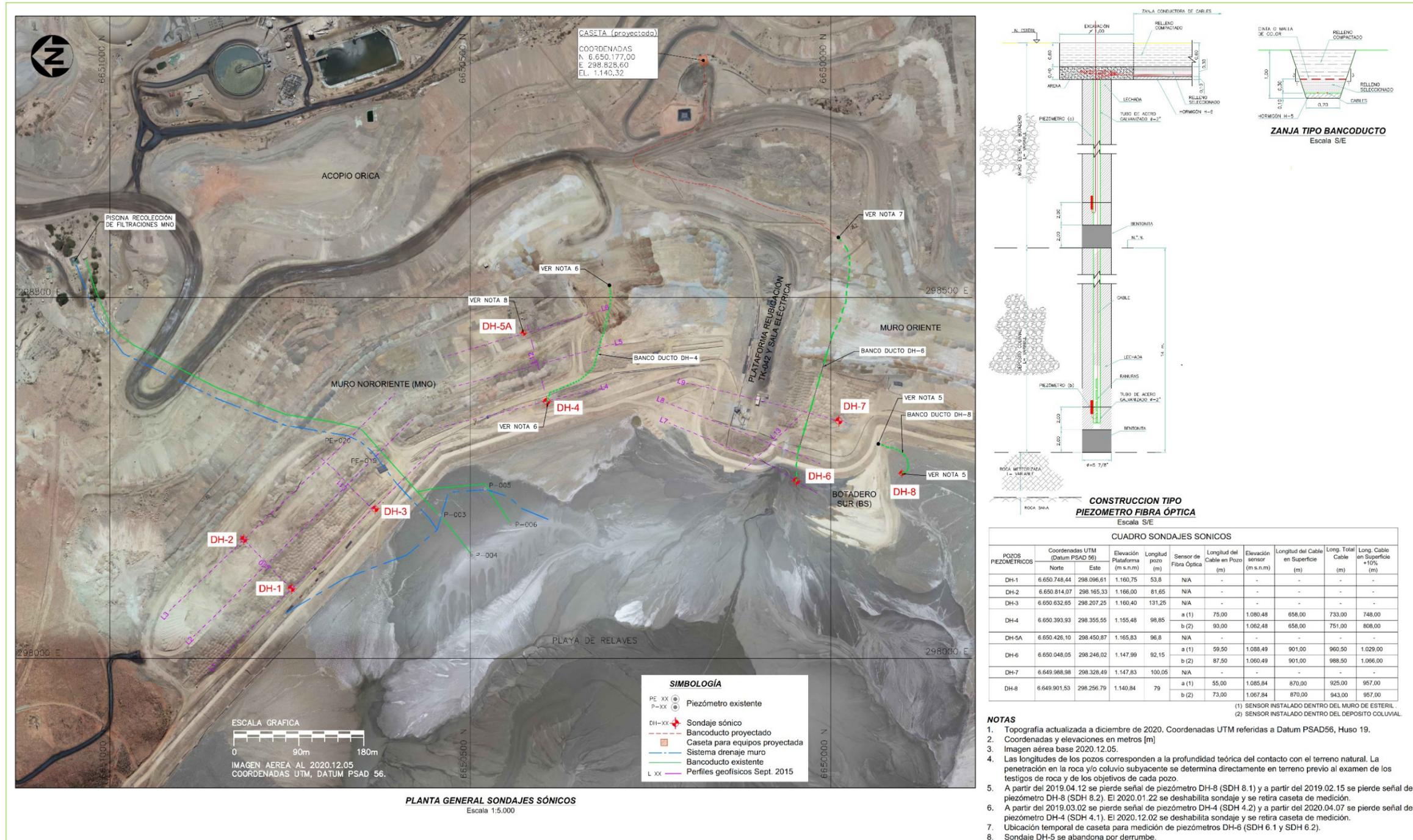


Figura B-15: Detalle Habilitación Piezómetros Casagrande (por WSP, elevaciones de Plataforma según Figura B-14).

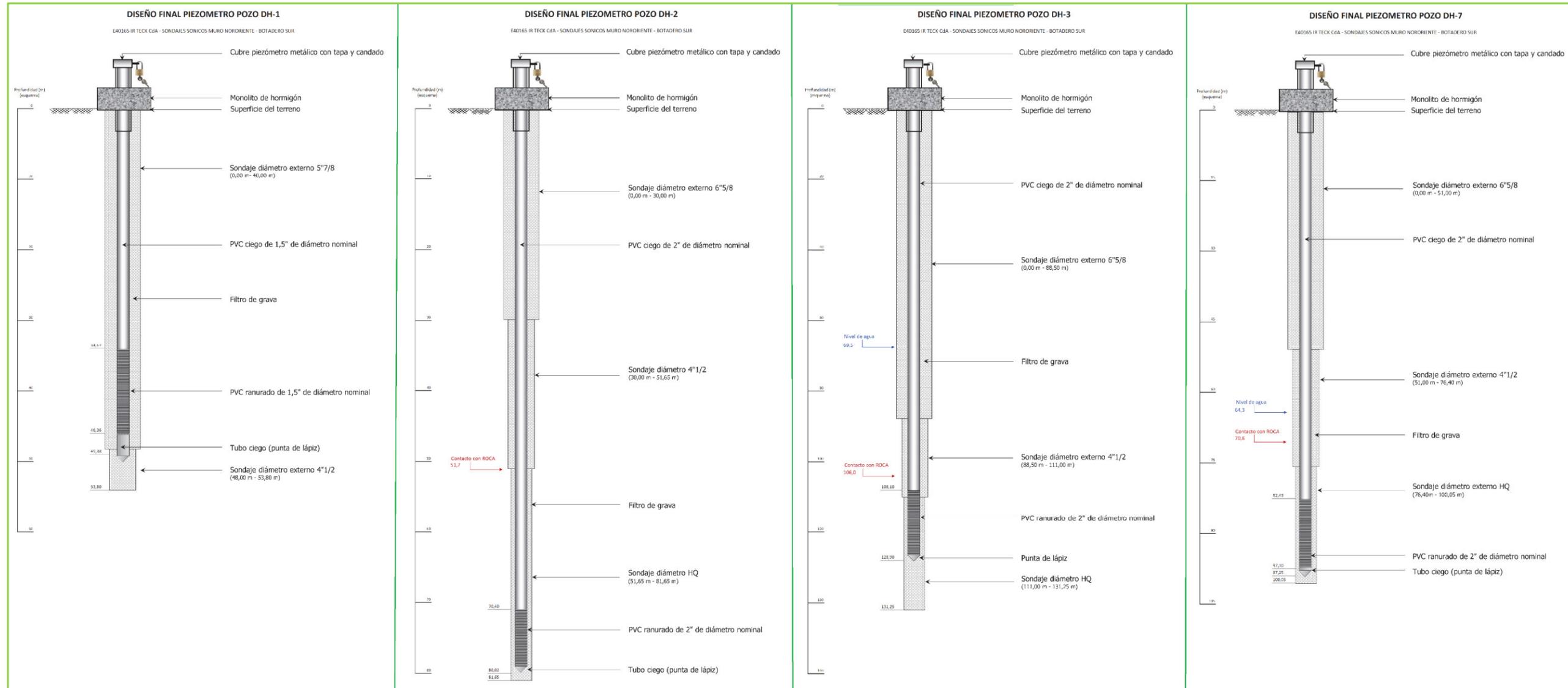
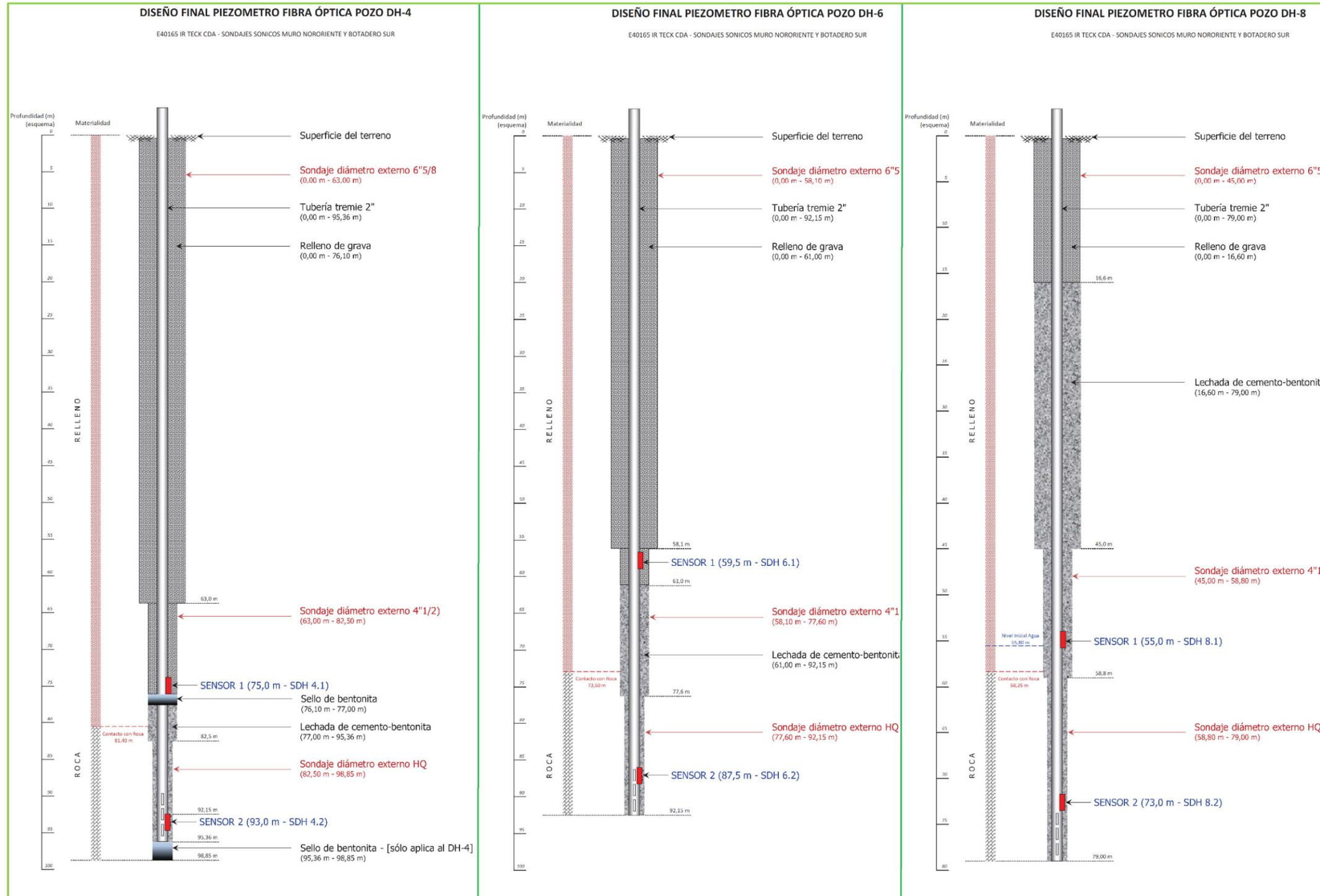


Figura B-16: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por WSP E&I (ex Wood), elevaciones de Plataforma según Figura B-14).



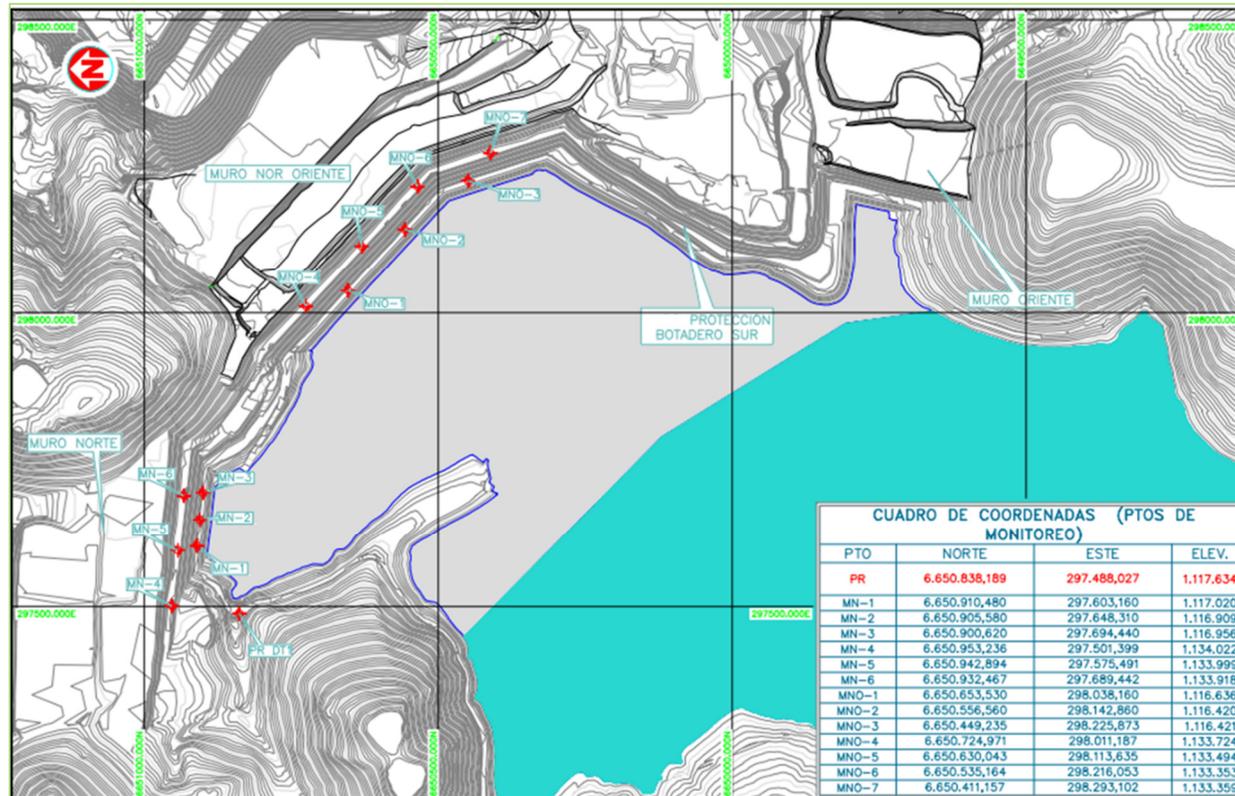


## **Anexo C ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS MUROS DEPÓSITO DE RELAVES**

## **Anexo C.1. Monolitos para control de Asentamientos, Etapas 1 y 2.**

La Figura C.1-1 indica la ubicación de las Placas de Nivelación instaladas durante las Etapas 1 y 2. Para la Etapa 1 se instalaron 3 placas en el MN y 3 placas en el MNO. Para la Etapa 2 se dispusieron 3 placas en el MN y 4 en el MNO.

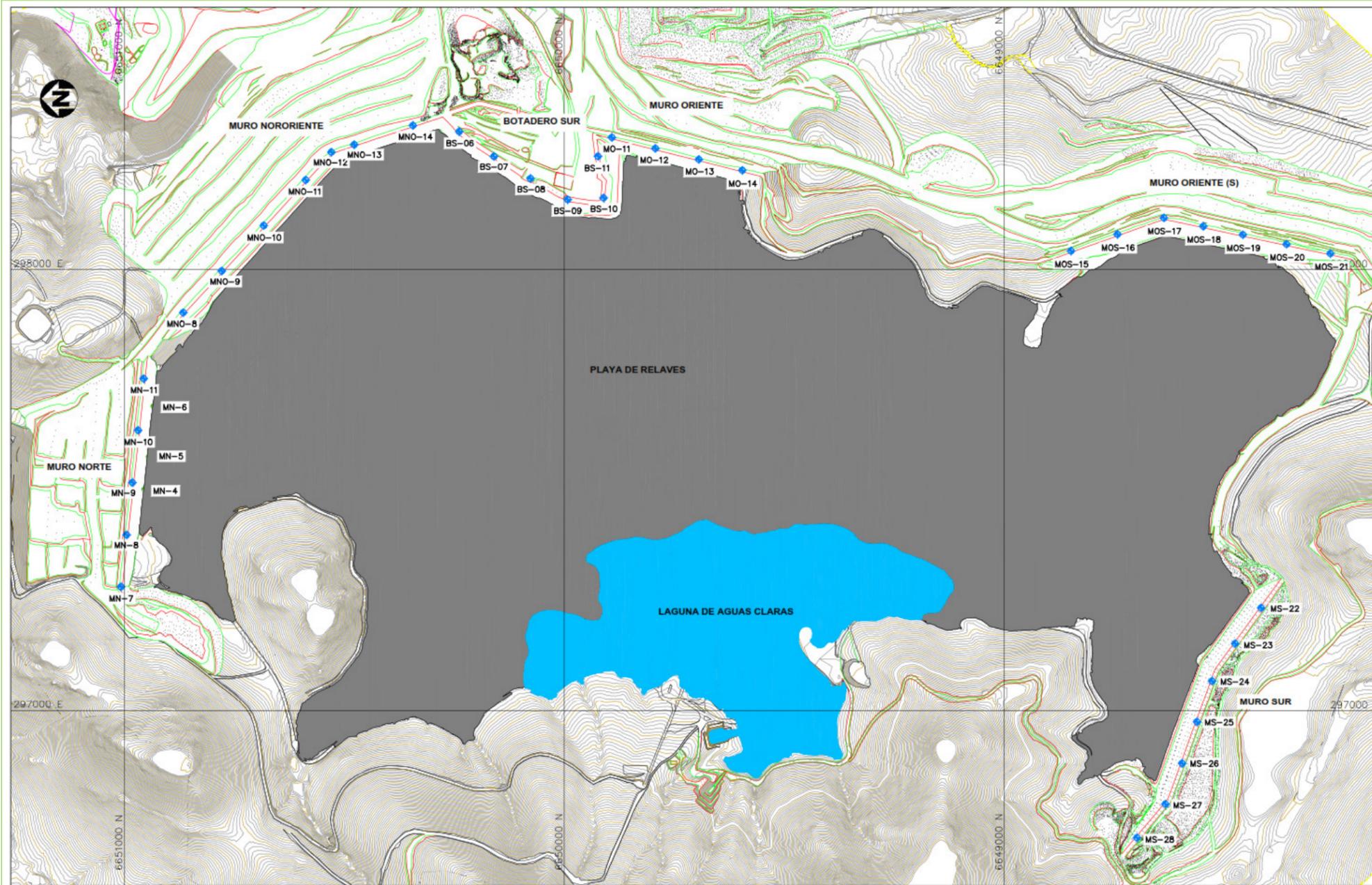
Figura C.1-1: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. WSP E&I (ex Wood))



## Anexo C.2. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3.

En la Figura C.2-1, se presenta la distribución de los monolitos para la E3. Al momento de escribir el presente reporte, dicha Etapa se encuentra completamente cubierta por la playa de relaves, por lo tanto en las Figuras C.2-2 a C.2-4 se presentan los asentamientos acumulados relativos a la E3, monitoreados en la plataforma operacional El. 1.149,5 msnm a través de las nivelaciones cerradas trimestrales de los monolitos, para los distintos muros. En 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 azul presenta la El. teórica de la plataforma operacional a la El. de coronamiento de la Etapa 3, es decir El.= 1.149,5 msnm, y la línea roja corresponde a la superficie asentada (asentamiento acumulado), en el caso de aquellos monolitos que se encontraban operativos al momento del terremoto del día 19E, 2019, la última elevación del monolito, medida y graficada corresponde al control post terremoto.

Figura C.2-1: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 3, plano As Built, al 31 de diciembre de 2016 (ref. WSP E&I (ex Wood))



MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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 NORORIENTADO				
PLACA	COORDENADAS		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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 ORIENTADO				
PLACA	COORDENADAS		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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 ORIENTADO (S)				
PLACA	COORDENADAS		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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 NORORIENTADO				
PLACA	COORDENADAS		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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		ELEVACION	OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE		
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

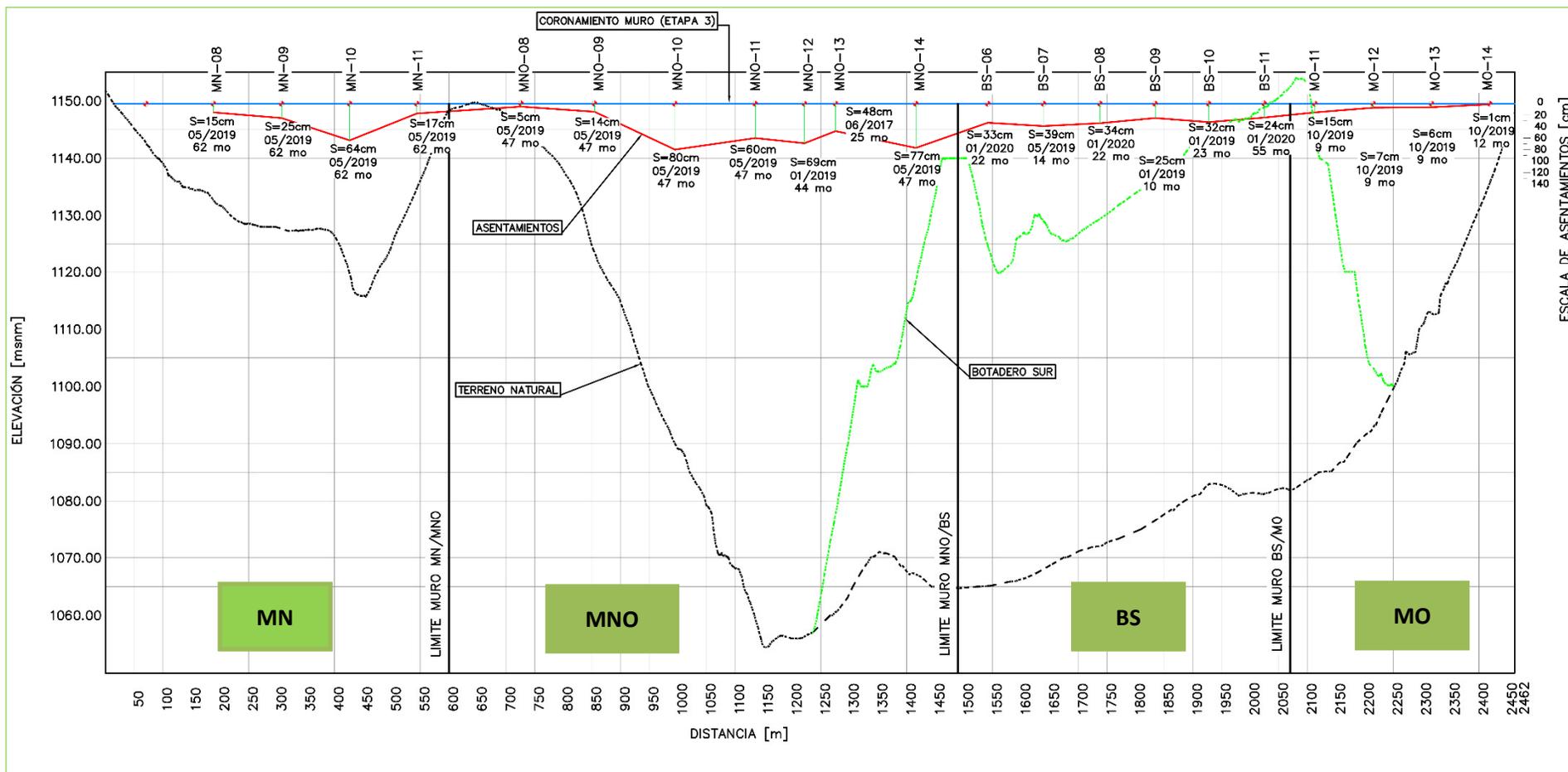
**NOTAS**

- 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

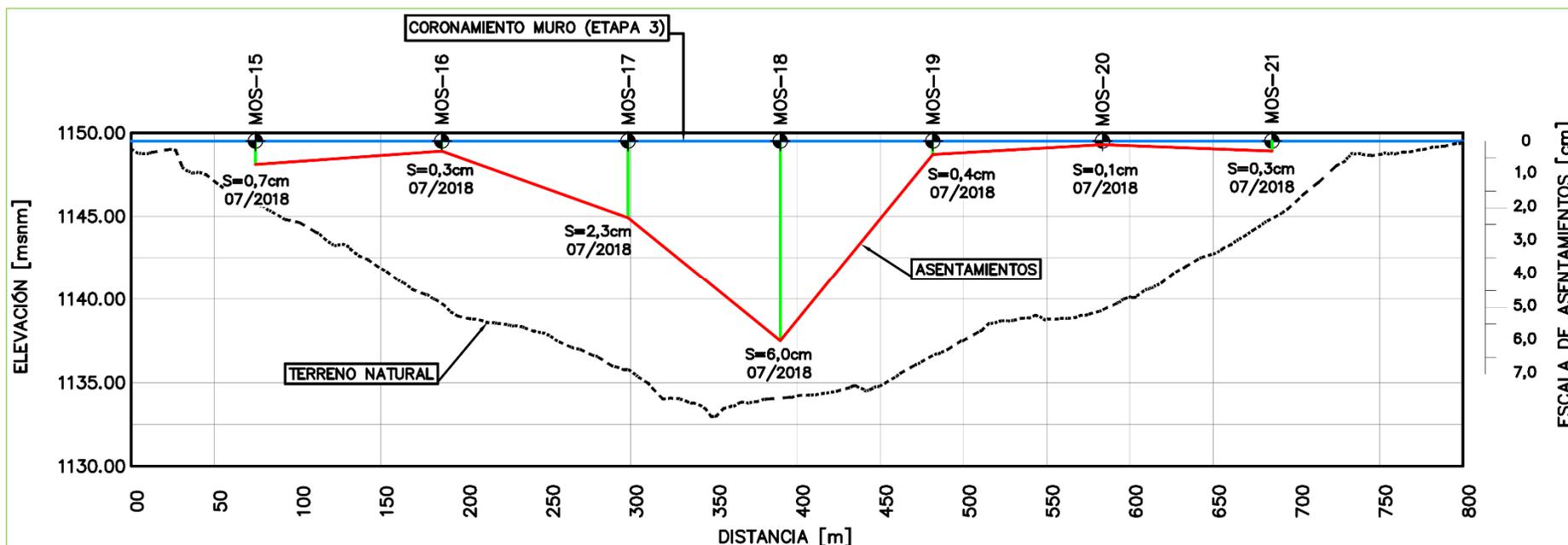
Figura C.2-2: TMF, Perfil Etapa 3 MN, MNO, BS y MO (ref. WSP E&I (ex Wood)).



**Nota:** La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de diseño de la E3 (1.149,5 msnm); La línea roja representa la El. real de la plataforma (in situ), es decir, el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

La escala vertical está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda, en el eje de la derecha se muestra la escala del asentamiento registrado.

Figura C.2-3: MO(S), Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. WSP E&I (ex Wood)).



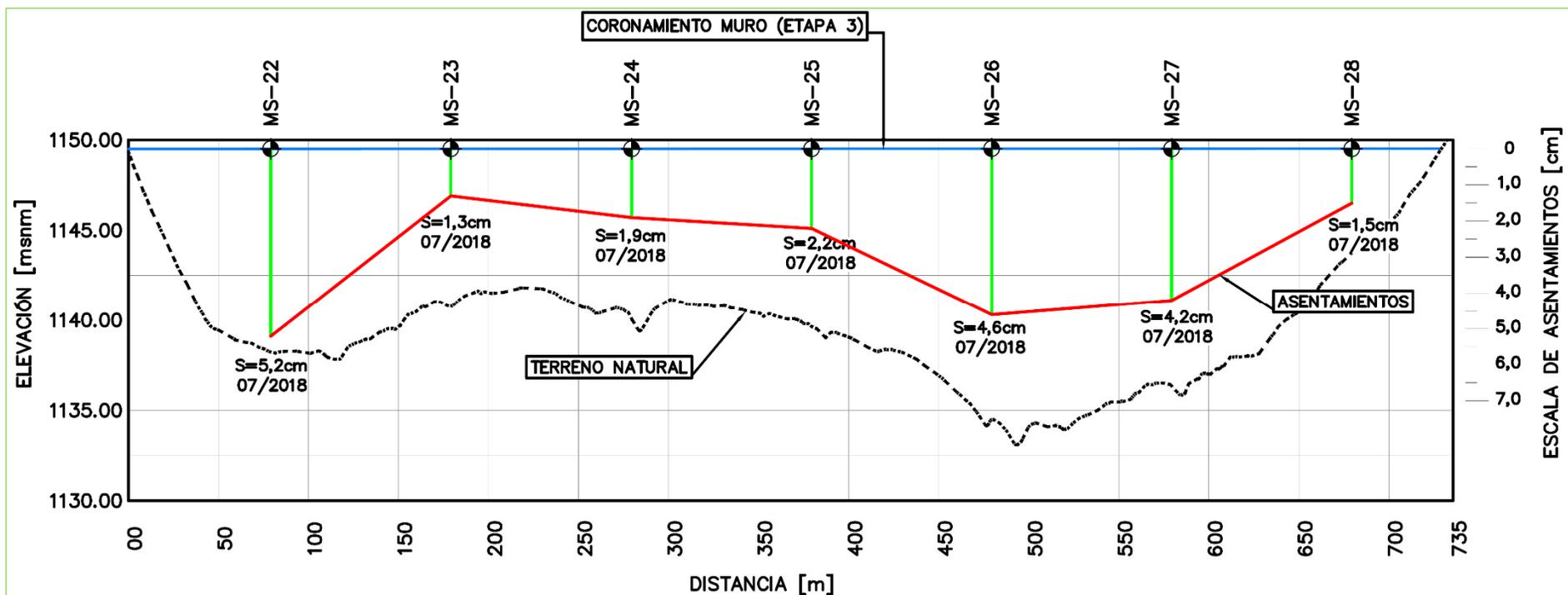
**Nota:** La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de diseño de la E3 (El.= 1.149,5 msnm);

La línea roja representa la El. real de la plataforma (in situ), el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

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.

Figura C.2-4: MS, Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. WSP E&I (ex Wood)).



**Nota:** La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operativa a la El. de la E3 (El.= 1.149,5 msnm);

La línea roja representa la El. real de la plataforma, el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

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.

### Anexo C.3. Comparación de Asentamientos Totales

Durante el año 2020 se actualizó el estudio de asentamientos, de acuerdo con lo indicado en el documento # E40221-3000-DT00-RPT-0001: “Análisis de Asentamientos Muros Depósito de Relaves”, WSP E&I (ex Wood). De manera general, cuando en el presente capítulo se hable de la Etapa actual, está se refiere a la Etapa 3 de crecimiento diferido, debido a la reducida base de datos de asentamientos que se dispone aún para la Etapa 4 de crecimiento diferido.

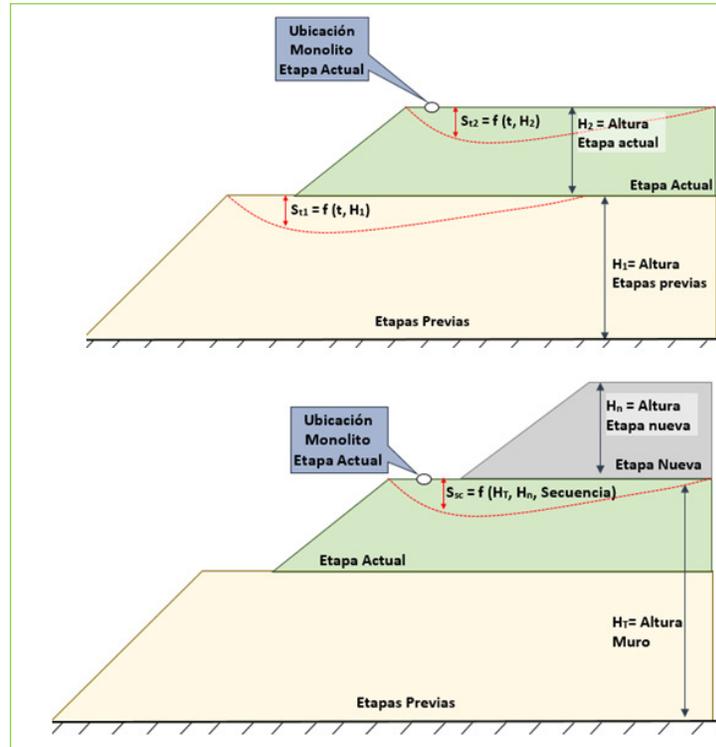
Con el fin de comparar los asentamientos registrados en los Muros del Depósito de Relaves Teck Carmen de Andacollo, y los reportados por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales), es necesario separar el asentamiento total registrado en los asentamientos estáticos indicados a continuación:

- Asentamiento post construcción etapas previas ( $S_{t1}$ ). Corresponde al asentamiento experimentado por la sección de muro asociada a la etapa previa a donde se ubica el monolito;
- Asentamientos post construcción de etapa actual ( $S_{t2}$ ). Corresponde al asentamiento por peso propio que experimenta la sección de muro en la cual está instalado el monolito; y
- Asentamientos de etapas previas y actual por compresión debido a sobrecarga ( $S_{sc}$ ). Corresponde al asentamiento que experimenta la sección del muro donde está el monolito producto de la sobre carga de la etapa que crece por sobre su elevación.

El asentamiento total que presentaría cada placa sería la suma de cada uno de los asentamientos.

La Figura C.3-1 presenta un esquema ejemplificador de los tres tipos de asentamiento, los cuales dependen del tiempo (t), de la altura etapa actual ( $H_2$ ), la altura de etapa previas ( $H_1$ ), la altura total del Muro ( $H_T$ ) y la altura de etapa nueva ( $H_n$ ).

Figura C.3-1: Esquemas de Tipo de Asentamientos Estáticos.



El asentamiento total porcentual se define como el asentamiento total en función de la altura total del muro ( $H_T$ ):

$$\%S_T = S_T / H_T = (S_{t1} + S_{t2} + S_{sc}) / H_T$$

Este valor,  $S_T$ , corresponde al valor directamente tomado de las placas en cada uno de los muros.

Las Figuras C,3-2 y C,3-3 presentan los asentamientos totales de cada placa. Los tres mayores valores se presentan en placas centrales del MN, para las tres etapas de construcción. Las placas de los muros MO(S) y MS presentan asentamientos porcentuales menores al 0,6%. Las placas ubicadas en el centro de los muros presentan un mayor nivel de asentamientos.

Finalmente, las curvas de asentamiento para el MO(S) y el MS se evidencia un asentamiento alto los primeros tres (3) meses posteriores a la instalación de las placas.

Figura C.3-2: Asentamientos Totales (menores a 2,5%)

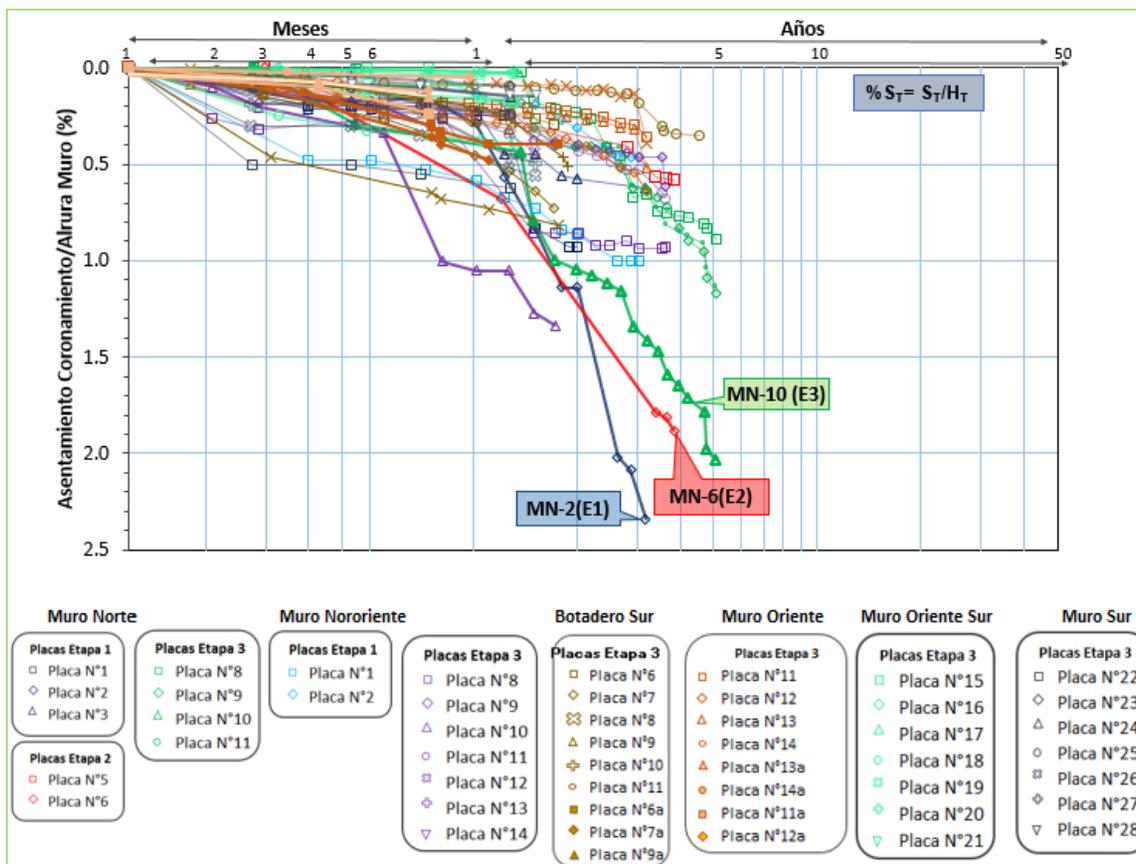
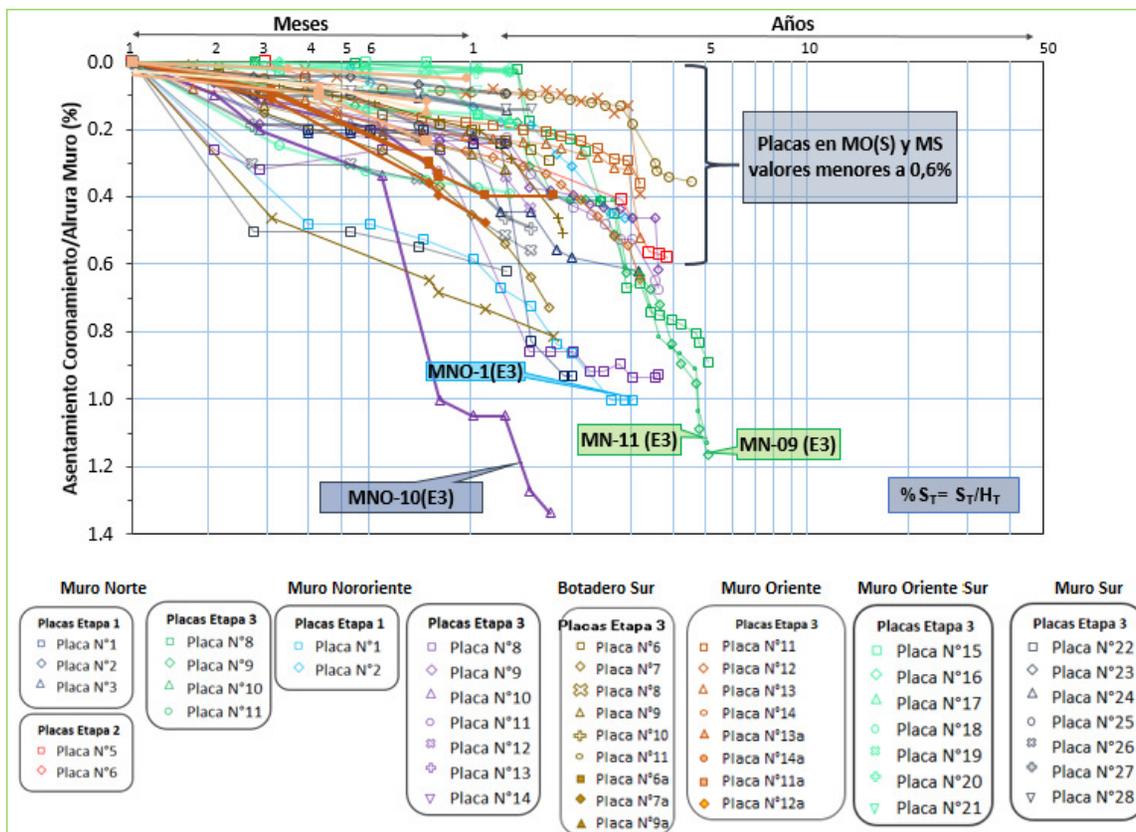


Figura C.3-3: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%)



Con el fin de presentar un resumen de las figuras anteriores, la Tabla C.3-1C.3-1 muestra los asentamientos porcentuales registrados respecto a la altura del muro en la ubicación de la placa.

**Tabla C.3-1: Asentamiento Total Porcentual por Etapa**

Muro	Placa	Asentamiento /altura de muro en placa (%)						
		Etapa 1	Altura (m)	Etapa 2	Altura (m)	Etapa 3	Altura (m)	
MN	Placa 1	0,93%	7,0					
	Placa 2	2,34%	15,0					
	Placa 3	0,62%	9,0					
	Placa 5			0,58%	11,7			
	Placa 6			1,88%	19,7			
	Placa 8			0,89%	16,6			
	Placa 9					1,17%	21,8	
	Placa 10					2,04%	31,2	
	Placa 11					1,13%	15,5	
	MNO	Placa 1	1,00%	38,4				
		Placa 2	0,46%	54,0				
Placa 8						0,93%	5,0	
Placa 9						0,61%	26,3	
Placa 10						1,34%	59,6	
Placa 11						0,67%	89,9	
Placa 12						0,74%	93,2	
Placa 13						0,54%	88,9	
Placa 14						0,93%	82,5	
BS		Placa 6					0,29%	84,1
	Placa 7					0,73%	81,5	
	Placa 8					0,44%	77,7	
	Placa 9					0,32%	72,2	
	Placa 10					0,51%	63,2	
	Placa 11					0,35%	68,0	
	Placa 6a					0,40%	84,1	
	Placa 7a					0,47%	81,5	
	Placa 9a					0,34%	72,2	
MO	Placa 11					0,36%	64,9	
	Placa 12					0,64%	56,6	
	Placa 13					0,52%	37,8	
	Placa 14					0,39%	13,9	

Muro	Placa	Asentamiento /altura de muro en placa (%)					
		Etapa 1	Altura (m)	Etapa 2	Altura (m)	Etapa 3	Altura (m)
	Placa 11a					0,24%	64,9
	Placa 12a					0,12%	56,6
	Placa 13a					0,15%	37,8
	Placa 14a					0,05%	13,9
	Placa 15					0,18%	3,8
	Placa 16					0,03%	9,8
	Placa 17					0,17%	13,6
MO(S)	Placa 18					0,39%	15,4
	Placa 19					0,03%	12,8
	Placa 20					0,02%	10,0
	Placa 21					0,02%	4,5
	Placa 22					0,62%	8,4
	Placa 23					0,10%	13,7
	Placa 24					0,15%	13,1
MS	Placa 25					0,24%	9,1
	Placa 26					0,57%	8,8
	Placa 27					0,49%	9,1
	Placa 28					0,14%	10,5

Finalmente, dado que los antecedentes reportados en literatura corresponden a presas de agua, las cuales son construidas en única etapa, es necesario realizar la comparación respecto a los asentamientos post construcción de la etapa actual ( $S_{t2}$ ). Dicho asentamiento se define en función de la altura de cada etapa ( $H_2$ ).

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

El cálculo del asentamiento post construcción de la etapa actual ( $S_{t2}$ ) se determina con la diferencia del asentamiento total ( $S_T$ ) respecto a la suma del asentamiento por etapas previas ( $S_{t1}$ ). y por sobrecarga ( $S_{sc}$ ). Estas últimas se calculan por medio de tasas de crecimiento para cada etapa en función del comportamiento de cada una de ellas en el tiempo:

- La tasa de asentamiento en etapas previas ( $S_{t1}$ ). se determinó a partir de las placas instaladas en la Etapa 1, donde se logró aislar el comportamiento puro de asentamiento bajo peso propio, cuando aún no existía crecimiento; y

- La tasa de sobrecarga ( $S_{sc}$ ). se determinó identificando el incremento de asentamiento en aquellas placas donde el asentamiento por peso propio estaba estabilizado en el tiempo, y el incremento se debía principalmente a efectos de carga.

La Figura C.3-4 presenta las curvas de asentamiento para cada muro en sus distintas etapas ( $S_{i2}$ ), comparadas con los rangos de asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales) para presas de enrocado en función del tipo de construcción y la resistencia del material de enrocado.

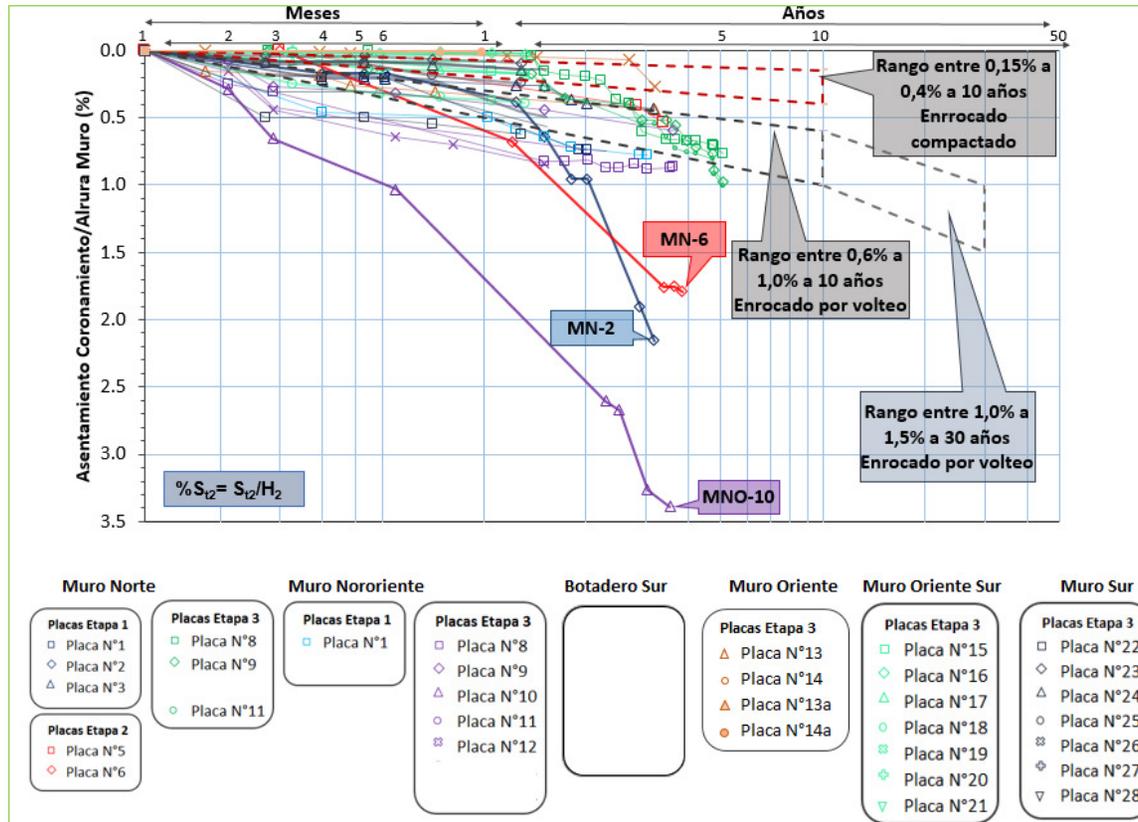
En general los asentamientos registrados son menores a 1,5% y en los muros del depósito presentan una trayectoria intermedia entre los enrocados colocados por volteo y aquellos compactados, lo cual resulta consistente con el método constructivo empleado. Los valores que se alejan en mayor medida de los asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales) son las placas MNO-10, MN-2 y MN-6.

Para el MN se aprecia que las placas ubicadas hacia los estribos presentan asentamientos similares a enrocados compactados de mediana resistencia. Las Placas ubicadas en el centro del muro presentan asentamientos mayores, lo que pudiera estar asociado a la forma del valle, y a una mayor altura compresible en el centro del muro.

Las curvas de asentamiento para el MNO para las placas de la Etapa 1 siguen la tendencia de los enrocados colocados por volteo, mientras que para la Etapa 3, los asentamientos se reducen, y presentan un comportamiento intermedio entre enrocados colocados por volteo y compactados. La excepción la presentan en la placa MNO-10, donde se tiene un asentamiento de 52 cm para una altura total de 15,5 m en la etapa 3.

Respecto al MO, las placas ubicadas en sector del muro fundado en cerro Tapadera presentan asentamientos similares a enrocados compactados de mediana resistencia, mientras que las placas ubicadas en el sector fundado en cercanías de Botadero Sur presentan asentamientos mayores, similares a enrocados colocados por volteo.

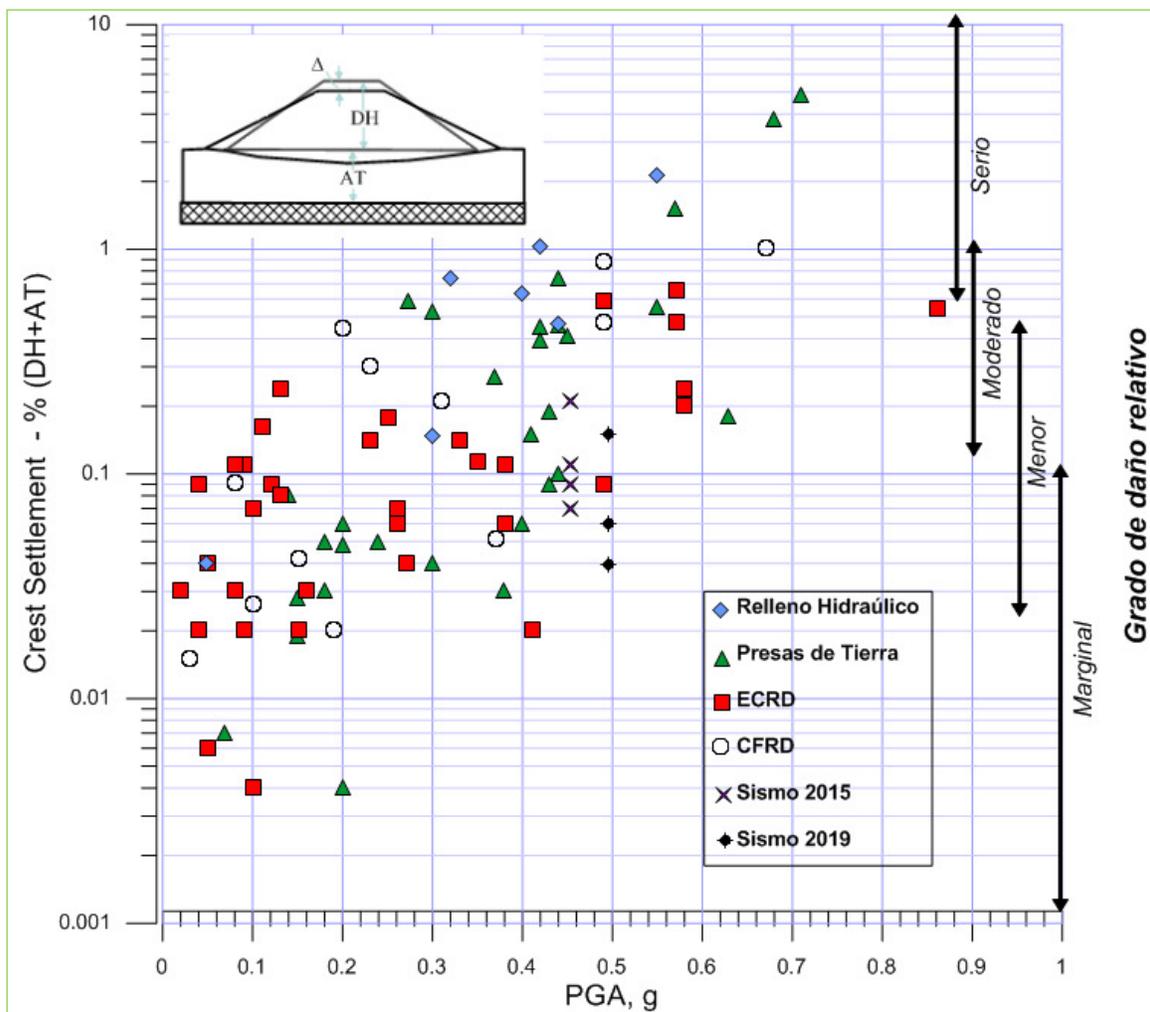
Figura C.3-4: Asentamientos Capa Actual en Comparación con Asentamientos Propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales).



### Anexo C.4. Comparación de Asentamientos Sísmicos

En la Figura C.4-1 se comparan los asentamientos registrados en los muros del depósito producto del sismo de septiembre de 2015 y del sismo de enero de 2019, con datos reportados por Swaisgood (2013, Swaisgood, J. Predicting Dam Deformation Caused by Earthquake - An Update) en función de la aceleración máxima de campo libre (PGA). La figura incluye una escala de daños relativos propuesta por Swaisgood en función de los asentamientos en función de la altura de los muros (crest settlement).

Figura C.4-1: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos



En la Figura C.4-1 se presenta 4 muros (MN, MNO, BS y MO), escogidos por ser los únicos muros con registros disponibles para los dos sismos.

De la Figura C.4-1 se infiere que los muros del depósito se encuentran en la cota inferior de asentamientos registrados, para un PGA de 0,52g. A su vez, la escala de daño relativo indica que para los muros del depósito se estiman daños menores a moderados, coincidente con lo reportado en terreno.



## **Anexo D REGISTROS DE INSPECCIÓN DE TERRENO**



## **ANEXO D1: Muro MN**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro MURONORTE - MW Fecha de Inspección 2023.01.16

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 JUAN ABUILETASOTO Otros JOHN POTRIE (TECK)  
 Representante Wood WSPETI LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (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: OPERANDO ETAPA 4

**Información del Muro**  
 El. Laguna 1.152,593 [msnm] Revancha 6,21 [m]  
 El. Coronamiento 1.162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**  
 Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo  \_\_\_\_\_  
 Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
 Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
 Descarga  \_\_\_\_\_  
 Otro  CORTE Y RETIRO ETAPAS

**Razón de la Inspección**  
 Rutinaria  \_\_\_\_\_  
 Condición Especial  INSPECCION DE TERRENO ABRIL 2023

**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	✓	S	TALUD EN EXCELENTES CONDICIONES	2,3
1.2	Erosion Superficial	✓	S	PEQUEÑA EROSION EN ZONA DE SACRIFICIO RELLENO DE TRANSICION	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
1.4	Sinkholes	✓	S	—	
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	SIN GRIETAS	
1.6	Escombros	✓	S	—	
1.7	Vegetación	✓	S	—	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S	—	
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S	SANDBOLS EN PLAYA DE RELAVES.	5

Notas: EN PLENO DESARROLLO LOS TRABAJOS DE CORTE Y RETIRO DEL RELLENO MASIVO SIN COMPACTAR DESDE LA CARA AGUAS ARRIBA ENTRE LAS COTAS EL. 1162.1 msnm (E4) Y EL. 1178 msnm (E5)

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

## 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	—	
Notas: <b>VER FOTO #2</b>  (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)					

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	S	—	
3.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
3.4	Sinkholes	✓	S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	F	SE HA MEJORADO LA CAPTAD DEL FLUJO DE FILTRACIONES.	8
3.7	Vegetación	✓	S	—	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: HABILITADA BOMBA DEFINITIVA PARA RECUPERAR DE DRENAJES. FOTO # 9.                      HABILITADA CÁMERA BYPASS ALIMENTAR PLANTA CONCENTRADORA FOTO # 10.                      (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	ESCARPE FINALIZADO. TESTA CONCLUIR CORTE Y RETIRO	1
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			DURANTE EL AÑO 2022 SE REANUDA LA DESCARGA DE RELAVES U-V HACIA EL SUR DEL ESTRIBO NOROCCIDENTE.	6
<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	✓	S	—	
5.2	Vegetación y Escombros	✓	F	ABUNDANTE VEGETACIÓN # PROCAFRACTURADA Y MATERIAL DE RELLENO	4,17
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	✓	F	SE APRECIAN # CAÑE- RIAS DE AGUA QUE ATRAVIESAN RELLENOS NO ESTRUCTURALES	
<p>Notas:</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	✓	F	PERMANENTES, CONSTANTES Y CONTROLADAS DURANTE 2022.	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales	✓	S	AFORZADOR FUNCIONANDO CON NORMALIDAD	7
<p>Notas:</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	✓	6	LECTURAS ESTABLES NO DETECTAN NIVEL FREÁTICO EN EL MURO	
7.2	Monolitos	✓	N	MONOLITOS FUERA DE SERVICIO. MIENTRAS DURAN LOS TRABAJOS DE CORTE Y RETIRO	1
7.3	Aforadores	✓	S	OPERANDO	
7.4	Otros	✓	N	PRISMAS RETIRADOS MIENTRAS DURAN LOS TRABAJOS DE CORTE Y RETIRO.	1
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					



## **ANEXO D2: Muro MNO**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro MURO NOR ORIENTE Fecha de Inspección 2023.01.16

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 JOAN AGUILERA SOTO Otros JOHAN POTIIE (TECK)  
 Representante Wood WSP/EI LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (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 1,152,593 [msnm] Revancha 5,74 [m]  
 El. Coronamiento 1,162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**  
 Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo	<input type="checkbox"/>	_____
Relleno Transición	<input type="checkbox"/>	_____
Impermeabilización	<input type="checkbox"/>	_____
Descarga	<input type="checkbox"/>	_____
Otro	<input type="checkbox"/>	_____

**Razón de la Inspección**  
 Rutinaria   
 Condición Especial  INSPECCION DE TETURENO AFAR. 2023

**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	✓	S		
1.2	Erosion Superficial	✓	S		
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	<del>S</del> F	AGRIETAMIENTOS EN ALGUNOS SECTORES DEL TALUDA ARRIBA.	
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S		
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S		
<p>Notas: SE OBSERVAN ALGUNOS AGRIETAMIENTOS EN TALUDA ARRIBA, PROLONGACIÓN DE <del>AGRIETAMIENTOS</del> AGRIETAMIENTOS EN PL. EA EL. 1.162, JMSMM.</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	✓	F	SE OBSERVA AERDIETA MIENTOS A LO LARGO DE LA PL. EA. EL. 1.162, 5 MUSM	12, 13.
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	F	VER 2.1 ✓	12.13
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
2.4	Sinkholes	✓	S	—	
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	S	—	
2.6	Protección Superficial	✓	F	—	
2.7	Erosión	✓	S	—	
2.8	Vegetación	✓	S	—	
2.9	Madrigueras de animales	✓	S	—	

Notas: SIN ABRIETAMIENTOS EN EL CORONAMIENTO DEL MURO A LA EL. 1.176 MUSM (E5) FOTO # 15

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

### 3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	S	—	
3.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
3.4	Sinkholes	✓	S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
3.7	Vegetación	✓	S	—	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales	✓	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	✓	F	ABUNDANTE VEGETACIÓN, ZONA FRACTURADA Y MATERIAL DE RELLENO	16,17
4.3	Protección del talud	✓	<del>S</del> S	—	
4.4	Desplazamientos	✓	S	—	
4.5	Erosión	✓	S	—	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
4.7	Otras condiciones inusuales	✓	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	✓	F	SE ACENTUAN AGRIETAMIENTOS, <del>EL</del> FACTOR CONSTRUJIDOS SOBRE ES	14
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	✓	S	—	
<p><b>Notas:</b></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	✓	S	CAUDAL DE FILTRACIONES Y DRENAJE PERMANENTE ENTRE CONSTANTE DURANTE EL AÑO	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales	✓	S	EL AGUA DE LA FICINA SE APRECIABA DE UN COLOR MÁS TURBIO QUE AÑOS ANTERIORES DEBIDO AL FLUJO DE AGUA DESDE LOS POZOS #10, 28, 29 y 30 DEL SISTEMA DE ABATIMIENTO PRESIONÉTICO DEL RAJO.	18
<p>Notas:</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	LECTURAS ESTABLES NIVEL FREÁTICO AL NIVEL DEL SELLO DE FUNDACIÓN, SIN PRESENCIA DE AGUA EN EL CUERPO DEL MURO.	
7.2	Monolitos	✓	N	SIN MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTA- MIENTOS	
7.3	Aforadores	✓	S	3 UNIDADES OPERAN- DO NORMALMENTE	
7.4	Otros	✓	N	SIN PRISMAS PARA EL MONITOREO DE ASENTAMIENTOS ACELERÓMETRO EL CHUZO QUE FUERTE DE SCIO. POST TORMENTA Julio 2022. (09 @ 16, Julio).	
<p>Notas:</p> <p><del>EL ACELERÓMETRO SE ENCUENTRA OPERAN-</del> <del>DO FOTO # 25</del></p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					



## **ANEXO D3: Pl. Tk-042 (ex BS)**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro P.TK.042 (EX.BS) Fecha de Inspección 2023.01.16

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 JUAN AGUILERA SOTO Otros JOHN POTTE (TECK)  
 Representante Wood LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (TECK)  
 WSP WSP

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 1.127,93 [msnm] Revancha 4,05 [m]  
 El. Coronamiento 1.162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**  
 Eje central  Otro OPERANDO REBOSE  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo	<input type="checkbox"/>	_____
Relleno Transición	<input type="checkbox"/>	_____
Impermeabilización	<input type="checkbox"/>	_____
Descarga	<input type="checkbox"/>	_____
Otro	<input type="checkbox"/>	_____

**Razón de la Inspección**  
 Rutinaria   
 Condición Especial  INSPECCION DE TERRENO A FPR. 2023

**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	✓	S	EL TALUD SE APTA EN BUENAS CONDICIONES	19, 20
1.2	Erosion Superficial	✓	S		
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S		
1.4	Sinkholes	✓	S		
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	F	ALGUNOS ABRIETAMIENTOS DE LA PL. #21 EL. 1162, JUSANTE SE PROYECTAN HACIA EL TALUD	21
1.6	Escombros	✓	S		
1.7	Vegetación	✓	S		
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S		

Notas: EN SECTOR DEL REBOSO LA PLATAFORMA SE OBSERVA ABRIETADA FOTO #23.

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

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	F	SE APRECIA UN AGRIETA MIENTOS A LO LARGO DE LA PLATEA, EL 11/6/21	21, 22
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	F	✓	
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	—	

Notas: EN LA PLATAFORMA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS LAJES SE APRECIA FISURAS EN LOS HORMIGONES ENTRE LA FUNDACIÓN DE LAS BOMBAS Y EL TADIER CIRCUNDANTE. FOTOS # 21 Y 22  
 (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)

### 3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	S	—	
3.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
3.4	Sinkholes	✓	S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
3.7	Vegetación	✓	S	—	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales	✓	S	—	
Notas:  (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página )					

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

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial	✓	F	PL. E4 EL 1.1625 MESA ALTA AGRIETADA	21
4.2	Vegetación y Escombros	✓	S	—	
4.3	Protección del talud	✓	F	ALGUNAS GRIZIETAS DE LA PL. E4, SE PROYECTAN HACIA EL TALUD.	21
4.4	Desplazamientos	✓	S	—	
4.5	Erosión	✓	S	—	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
4.7	Otras condiciones inusuales	✓	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	✓	F	PL. EL. EL. 1.162,5 msnm AGRIETADA.	22
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	✓	S		
<p>Notas:</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	✓	S	—	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas:</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	✓	5	DHT presenta lecturas estables detectadas durante 2022	
7.2	Monolitos	✓	<del>5</del>	<del>MONOLITOS OPERATIVOS</del> PL. EL. EL. 1162, J. M. M. M.	
7.3	Aforadores	✓	-	-	
7.4	Otros	✓	-	-	

Notas: EL ACELEROGRAFO SE ENCUENTRA OPERATIVO FOTO # 25

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



## **ANEXO D4: Muro MO**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
Muro MO - MURO ORIENTE Fecha de Inspección 2023.01.16

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 JUAN ABUI LEZASOTO Otros JOHAN POTIIE (TECK)  
Representante Wood WISPEET LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (TECK)

<u>Clima</u>	<u>Actual</u>	<u>3 días atrás</u>	<u>2 semanas atrás</u>
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 1.152,793 [msnm] Revancha 6,33 [m]  
El. Coronamiento 1.162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [m]

Metodo de Constructivo del Muro  
Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
Aguas Abajo

Actividades de Construcción / Operación Local  
Relleno Masivo  \_\_\_\_\_  
Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
Descarga  \_\_\_\_\_  
Otro  CONSTRUCCION NUEVO AFORADOR DRENAJES

Razón de la Inspección  
Rutinaria   
Condición Especial  INSPECCION DE TERRENO AFOR. 2023

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	✓	S	EL TALUD SE ADECUA EN BUENAS CONDICIONES	27
1.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
1.4	Sinkholes	✓	S	—	
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	F	AGRIETAMIENTOS EN ALGUNOS SECTORES DEL TALUD A. ARRIBA.	
1.6	Escombros	✓	F	SE ADECUA DEPENDIENDO DEL DISEÑO MASIVO COLOCADO. ES	
1.7	Vegetación	✓	S		
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S		
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S		
Notas:  (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)					

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	F	SE OBSERVAN AGRIETAS MIENTOS A LO LARGO DE LA PL. ET EL. 1.162 NUSM	28
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	F	IDEM 2.1	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
2.4	Sinkholes	✓	S	—	
2.5	Desplazamientos Laterales	✓	S	—	
2.6	Protección Superficial	✓	F	—	
2.7	Erosión	✓	S	—	
2.8	Vegetación	✓	S	—	
2.9	Madrigueras de animales	✓	S	—	

Notas: SIN AGRIETAMIENTOS EN EL CORONAMIENTO DEL MURO AL EL. 1.176 NUSM (F5)  
 SE ADIERTA PEQUEÑO DERRAME DETRÁS EN SECTOR (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página) DESCARGA DE VER FOTO 29

### 3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	S	—	
3.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
3.4	Sinkholes	✓	S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
3.7	Vegetación	✓	S	—	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales	✓	S	—	
<p>Notas: TRABAJOS DE PROTECCION EN POZO DE MONITOREO P23. NUEVO VER FOTO #30</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	✓	F	SE AGENTAN ABRIETAMIENTOS, SECTOR LOCAL ESTUVO SOBRE EL BS.	28
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	✓	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	✓	S	—	
5.2	Vegetación y Escombros	✓	F	ABUNDANTE VEGETACIÓN Y MATERIAL DE RELLENDO	
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	✓	S	—	
<p>Notas:</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	✓	S	FLUJO DE DRENADAJE MÍNIMO, NO SE PUEDE MEDIR (DESPRECIABLE)	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S		
6.3	Vegetación	✓	S		
6.4	Otras condiciones inusuales	✓	S		
<p>Notas:</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	LECTURAS ESTABLES SIN PRESENCIA DE AGUA EN EL CUERPO DEL MURO.	
7.2	Monolitos	✓	S	MONOLITOS DESCUBIERTOS Y OPERATIVOS	
7.3	Aforadores	✓	S	SE ENCUENTRA EN CONSTRUCCIÓN NUEVO AFORADOR.	3/
7.4	Otros	-	-	-	
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					



## **ANEXO D5: Muro MO(S)**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro ORIENTE(SUR)-MCS Fecha de Inspección 2023.01.16 y 17

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 JOUAN AGUILERA SOTO Otros JOHN POTIE (TECK)  
 Representante Wood WSPET I. GUISGOURALEZ C. JOSELYN IBARRA (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 1.152.593 [msnm] Revancha 645 [m]  
 El. Coronamiento 1.162.5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9.91 [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**

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

**Actividades de Construcción / Operación Local**

Relleno Masivo  \_\_\_\_\_  
 Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
 Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
 Descarga  \_\_\_\_\_  
 Otro  AFORADOR SISTEMA DE DRENAJE

**Razón de la Inspección**

Rutinaria  \_\_\_\_\_  
 Condición Especial  INSPECCION DE TETUENO ABRIL 2023

**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	✓	S	EL TALUD SE ENCUENTRA EN EXCELENTE ESTADO	32, 33
1.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
1.4	Sinkholes	✓	S	—	
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	<del>DESCRIBIR</del> —	
1.6	Escombros	✓	S	—	
1.7	Vegetación	✓	S	—	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S	—	
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S	—	
<p>Notas: SE APPRECIA 2 CAÑERIAS DE HDPE DE PEQUEÑO DIAMETRO EN EL TALUD AGUAS ARRIBA.</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	—	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	S	PEQUEÑAS AGRIETAMIENTOS EN SECCIONES DE LA PL. EA EL. 1.162, 5msm	
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: EN LA ZANJA DE ANCLAJE SUPERIOR, LA LAMINA SOBRESALE DEL TRAZADO FOTO#24 SE APRECIA ESCOMBROS DE CONSTRUCCION EN LA PL. EA, EL. 1.162, 5msm.</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	✓	S	—	
3.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
3.4	Sinkholes	✓	S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos	✓	S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
3.7	Vegetación	✓	S	—	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales	✓	S	—	

Notas:

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

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	✓	S	SE PUEDE APRECIAR SUELO Y/O ROCA NATURAL QUE INTERFIERE O LA CONSTRUCCIÓN DEL FUTURO DISEÑO DE TRANSICIÓN.	
<p>Notas: ZANJA DE ANCLAJE LATERAL PROTEGIDA O RITZAP.</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	✓	S		
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S		
5.7	Otras condiciones inusuales	✓	S	DOCA Y SUELO NATURAL EN EL ESTRIBO SUR DEL MURO	
<p>Notas: LANJA DE ANCLAJE LATERAL PROTEGIDA CON ZIP RAY.</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	✓	F	FILTRACION ARriba DEL MODO <del>DE</del> INTERMITENTE ACTIVA CONTROLADA DENTRO DEL SITIO	36
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales	✓	<del>S</del> F	PIQUES MINEROS ANTIGUOS CERCADOS CAJADOS TOTOS EN ALGUNOS CASOS	30, 37
<p>Notas:</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	PIEZOMETROS 100% OPERATIVOS, SIN PRESENCIA DE AGUA EN EL CEMENTO DEL MURO	
7.2	Monolitos	✓	S	OPERATIVOS	
7.3	Aforadores	✓	S	EN CONSTRUCCION AFORADORES PARA MEDIR DE CAUDAL DE DRENAJES.	37.
7.4	Otros	-	-	-	

Notas:

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



## ANEXO D6: Muro MS

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro ~~FRONTONTE MP~~ Fecha de Inspección 2023.01.16 y 17  
SUR = MS

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 JUAN AGUILERA S. Otros JOHN POTIE (TECK)  
 Representante Wood WSP/ETI LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (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: OPERANDO ETAPA 4  
DESCARGA DE OPERANDO

**Información del Muro**  
 El. Laguna 1.52,593 [msnm] Revancha 6,30 [m]  
 El. Coronamiento 1.162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [m]

**Metodo de Constructivo del Muro**  
 Eje central  Otro \_\_\_\_\_  
 Aguas Abajo

**Actividades de Construcción / Operación Local**  
 Relleno Masivo  EN CONSTRUCCION ES  
 Relleno Transición  \_\_\_\_\_  
 Impermeabilización  \_\_\_\_\_  
 Descarga  \_\_\_\_\_  
 Otro  \_\_\_\_\_

**Razón de la Inspección**  
 Rutinaria  \_\_\_\_\_  
 Condición Especial  INSPECCION DE TERRENO AFPR. 2023

**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	✓	S	EL TALUD AGUAS ARRIBA SE ENCUENTRA EN EXCELENTE ESTADO	4143A
1.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	✓	S	—	
1.4	Sinkholes	✓	S	—	
1.5	Grietas / desplazamientos	✓	F	—	
1.6	Escombros	✓	S	—	
1.7	Vegetación	✓	S	—	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	✓	S	—	
1.9	Otras condiciones inusuales	✓	S	—	
Notas:  (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)					

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S	PEQUEÑOS AGRIETAMIENTOS HACIA EL ESTRIBO DIZIENTE.	44A5/46
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	S	IDEM PUNTO 2.2.	44A5/46
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	—	

Notas: SE APRECIAN SOBRETAMBIEN EN EL RELLENO MASIVO. FOTO#42  
 ABUNDANTES DERRAMES SOBRE PL. E4 ET. 1.162J USMMA  
 PRODUCTO DE LAS LABORES DE CARGUÍO DEL RELLENO MASIVO  
 VER FOTOS# 40Y43

### 3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud				
3.2	Erosion Superficial				
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
3.4	Sinkholes				
3.5	Grietas / desplazamientos				
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
3.7	Vegetación				
3.8	Madrigueras de animales				
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				
Notas: <i>SIN TALUD AGUAS ABAJO PARA LA ET.</i> (Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)					

### 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	✓	S	—	

Notas: ZARZA DE ANCLAJE LATERAL PROTEGIDA CON RIPRAP.

(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	—	—	—	
<p>Notas: ZANJA DE ANCLAJE LATERAL PROTEGIDA CON DTP RAP.</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				
6.2	Signos de Inestabilidad				
6.3	Vegetación				
6.4	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: SE VISITO ZONA DEL PEI LA QUE SE EN CUENTRA SECA,</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	—	—	—	
7.2	Monolitos	✓	5	Monolitos OPERA- TIVOS	
7.3	Aforadores	—	—	—	
7.4	Otros				
<p><b>Notas:</b></p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					



## **ANEXO D7: Muro MP**

Proyecto # E40221 Ubicación Teck - CdA  
 Muro PONIENTE - MP Fecha de Inspección 2023.01.16

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 JUAN AGUILERAS Otros JOHN POTTIE (TECK)  
 Representante <sup>Wood</sup> WSP EST LUIS GONZALEZ C. JOSELYN IBARRA (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: OPERANDO ETAPA 4

**Información del Muro**

El. Laguna 1.152,93 [msnm] Revancha 7,03 [m]  
 El. Coronamiento 1.162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 9,91 [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  INSPECCION DE TERMINO A 7 DZ. 2023

**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	✓	S	EL TALUD AGUAS ARRIBA SE ENCUENTRA EN EXCELENTES CONDICIONES	53
1.2	Erosion Superficial	✓	S	—	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos	/	S	—	
1.4	Sinkholes	/	S	—	
1.5	Grietas / desplazamientos	/	S	—	
1.6	Escombros	/	S	—	
1.7	Vegetación	/	S	—	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto	/	S	—	
1.9	Otras condiciones inusuales	/	S	—	

Notas:

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

## 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>					

## 2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales				
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales				
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
2.4	Sinkholes				
2.5	Desplazamientos Laterales				
2.6	Protección Superficial				
2.7	Erosión				
2.8	Vegetación				
2.9	Madrigueras de animales				
<p>Notas: Si a TALUD AGUAS ABAJO TABLA EA</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: ZANJA DE ANCAJE LATERAL SIN PROTECCION

(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	—	—	—	
<p>Notas: ZANJA DE ANCLAJE LATERAL SIN PROTECCIÓN.</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				
6.2	Signos de Inestabilidad				
6.3	Vegetación				
6.4	Otras condiciones inusuales				
<p>Notas: <b>SIN OBRAS COLECTORAS DE FILTRACIONES EN ESTE.</b></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	PIEZOMETROS OPERATIVOS.	
7.2	Monolitos	✓	N	SIN MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS	
7.3	Aforadores	✓	S	—	
7.4	Otros			—	
<p>Notas:</p> <p>(Si el espacio no es suficiente, continúe en otra página)</p>					