INFORME TÉCNICO

REVISION ANUAL DEL DESEMPEÑO DE LAS INSTALACIONES DE RELAVES 2022 (AFPR - 2022)

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

Preparado por:

Wood plc
Environment & Infrastructure (E&I)
Av. Presidente Riesco 5335, Piso 8
Las Condes, Santiago, Chile
Tel: 56 2 2957 7700
www.woodplc.com

30 de marzo de 2022

Compañía Minera TECK- Carmen de Andacollo

INGENIERO DE REGISTRO Y CQA CONSTRUCCIÓN DEPÓSITO DE RELAVES

PROYECTO Nº E40221

INFORME TÉCNICO

Nº TECK:

N° WOOD: E40221-6000-DT00-RPT-0003

PARA

REVISION ANUAL DEL DESEMPEÑO DE LAS INSTALACIONES DE RELAVES (AFPR - 2022) – DEPÓSITO DE RELAVES

Preparado por:

WOOD, Environment & Infrastructure Solutions (E&IS)

Aprobado por:

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

Rev.	Autor	Emitido para	Fecha	Rev. por	Fecha Aprob.
A	LA	Revisión Interna	17/03/2022	MB/JP	21/03/2022
B	LA	Para Revisión del Cliente	24/03/2022	MB	29/03/2022
0	LA	Apto para Uso	30/03/2022	MB/JCG	30/03/2022

Contenido

0.0 RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY ... 12
1.0 INTRODUCCIÓN ... 21
1.1. Propósito, alcance del trabajo y metodología ... 21
1.2. Abreviaturas ... 22
1.3. Regulaciones aplicables al depósito de relaves ... 23
1.4. Permisos ... 25
1.5. Descripción de las Instalaciones ... 26
2.0 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN 2021 ... 29
2.1. Depositación de Relaves ... 29
2.2. Capacidad de Almacenamiento Remanente ... 32
2.3. Construcción y Operación Durante el Período ... 35
2.3.1. Operación de Agua y Relaves ... 35
2.3.2. Construcción de Muros ... 36
2.4. Planta y Secciones Transversales Actualizadas ... 39
2.5. Revisión de Datos y Registros ... 52
2.5.1. Inspecciones diarias ... 52
2.5.2. Inspecciones semanales ... 53
2.5.3. Inspecciones mensuales ... 54
2.5.4. Inspecciones trimestrales ... 54
2.5.5. Inspecciones anuales ... 54
2.5.6. Inspecciones quinquenales ... 55
2.5.7. En tiempo real ... 55
2.5.8. Post Evento ... 55
3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2020 . 58
3.1. Resumen anual de datos climáticos y tendencia ... 58
3.2. Almacenamiento de la CMP ... 62
3.3. Volumen de agua descargada (superficial y subterránea) ... 67
4.0 RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2021 ... 78
4.1. Lecturas Piezométrica 2021 ... 78
4.1.1. Lecturas Piezómetros MN ... 78
4.1.2. Lecturas Piezómetros MNO ... 80
4.1.3. Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica ... 86
4.1.4. Lecturas Piezómetros Casagrande ... 89
4.1.5. Lecturas Piezómetros MO ... 92
4.1.6. Lecturas Piezómetros MO(S) ... 95
4.1.7. Lecturas Piezómetros MP ... 97
4.1.8. Conclusión Piezometría ... 100
4.2. Deformaciones ... 100
4.2.1. Monolitos para control de Asentamientos, Etapas 1 y 2. ... 100
4.2.2. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3. ... 102
4.2.3. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 4 ... 107
4.2.4. Comparación de Asentamientos Totales ... 110
4.2.5. Comparación de Asentamientos Sísmicos ... 118
4.2.6. Prismas para control de Asentamientos ... 120

4.2.7. Monitoreo InSAR ... 125
5.0 ESTABILIDAD ... 130
6.0 CALIDAD DE AGUA DESCARGADA ... 131
7.0 OBSERVACIONES DEL SITIO ... 132
7.1. Participantes ... 132
7.2. Programación ... 132
7.3. Inspección ... 134
7.3.1. Extensión de Playas ... 134
7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición ... 135
7.3.3. Filtraciones ... 136
7.3.4. Muro Norte (MN) – Aguas Arriba ... 137
7.3.5. Muro Norte (MN) - Aguas Abajo ... 138
7.3.6. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba ... 138
7.3.7. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo ... 139
7.3.8. Botadero Sur (BS) ... 139
7.3.9. Muro MO – Aguas Arriba. ... 141
7.3.10. Muro MO – Aguas Abajo. ... 141
7.3.11. Muro MO(S) – Aguas Arriba ... 142
7.3.12. Muro MO(S) – Aguas Abajo ... 142
7.3.13. Muro MS – Aguas Arriba. ... 142
7.3.14. Muro MS – Aguas Abajo ... 143
7.3.15. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras ... 143
7.3.16. Muro Poniente – Aguas Arriba. ... 143
7.3.17. Instrumentación y Monitoreo ... 144
7.3.18. Niveles de agua ... 144
8.0 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACION DE RELAVES ... 146
8.1. Criterios de Diseño Clave ... 146
8.2. Modos de Falla ... 147
8.3. Peligros – Medidas de Diseño / Control ... 153
8.3.1. Estabilidad física ... 153
8.3.2. Manejo de Agua Producto de Eventos Extremos ... 159
8.3.3. Manual de Operación ... 161
8.3.4. Revisión de la clasificación de la instalación de relaves (según DGA) 162
8.4. Comportamiento físico ... 162
8.4.1. Geotécnico ... 162
8.4.2. Hidráulico ... 163
8.5. Comportamiento operacional ... 167
8.5.1. Procedimientos operacionales ... 167
8.5.2. Incidentes y confiabilidad ... 167
8.5.3. Mantenimiento ... 170
8.6. Revisión del Manual de Operaciones ... 171
8.7. Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia ... 172
8.8. Revisión de Seguridad (DSR) ... 172
8.9. Actualización de Distancia Peligrosa ... 176
9.0 RESUMEN Y RECOMENDACIONES ... 177
9.1. Resumen de actividades de construcción durante la visita ... 177

9.2. Resumen de desempeño 177
9.3. Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo 178
9.3.1. Diseño muro MP, Etapa 4 178
9.3.2. Segundo Acelerógrafo 178
9.3.3. Trinchera #10 180
9.4. Evaluación de consecuencias según GISTM 182
9.5. Estatus Recomendaciones ATFI 2021 183
9.6. Recomendaciones AFPR 2022 184
9.6.1. Longitud de Playas 184
9.6.2. Agrietamientos en la Zona de Transición 184
9.6.3. Filtraciones 185
9.6.4. MN – Aguas Arriba 185
9.6.5. MN – Aguas Abajo 185
9.6.6. MNO – Aguas Arriba 185
9.6.7. MNO – Aguas Abajo 186
9.6.8. BS – Aguas Arriba 186
9.6.9. BS – Aguas Abajo 186
9.6.10. MO – Aguas Arriba 186
9.6.11. MO – Aguas Abajo 186
9.6.12. MO(S) – Aguas Arriba 186
9.6.13. MO(S) – Aguas Abajo 187
9.6.14. MS – Aguas arriba 187
9.6.15. MS – Aguas Abajo 187
9.6.16. Trincheras 187
9.6.17. MP – Aguas Arriba. 187
9.6.18. Monitoreo y control 187
10.0 AFPR 2023 188
11.0 ANEXOS 189
Anexo A REGISTRO FOTOGRÁFICO 190
Anexo B PIEZÓMETROS INSTALADOS Y PROYECTADOS 213
Anexo B.1. Piezómetros de Cuerda Vibrante 214
Anexo B.1.1. Etapa de construcción (EPCM) y Comisionamiento 214
Anexo B.1.2. Etapa de operación 214
Anexo B.1.3. Ubicación de los piezómetros 215
Anexo B.2. Instrumentación Complementaria : Campañas de Sondajes 216
Anexo B.2.1. Campaña de Sondajes 2018: MNO / BS 216
Anexo B.2.1.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2018 216
Anexo B.2.1.2. Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2018 217
Anexo B.2.1.3. Piezómetros Casagrande 218
Anexo B.2.1.4. Piezómetros de Fibra Óptica 218
Anexo B.2.2. Campaña de Sondajes 2021: MP 219
Anexo B.2.2.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes 2021 219
Anexo B.2.2.2. Instrumentación Asociada a la Campaña de Sondajes 2021 219
Anexo C REGISTROS DE INSPECCIÓN DE TERRENO 235

Tablas

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones AFPR 2022. 19
Chart 0-2: AFPR 2022 Recommendations Summary. 20
Tabla 1-1: Documentos de Referencia. 22
Tabla 1-2: Nomenclatura y Abreviaturas. 22
Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2021 (ref. manual OMS_R5, Wood). ... 26
Tabla 2-1: Depositación Real Versus Programada (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos). 29
Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood) 33
Tabla 2-3: Revancha Hidráulica / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood) 33
Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 4 y 5, año 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood) 37
Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020 (ref. presentación Performance 2021, Wood) 37
Tabla 2-6: Relleno de Transición Construido Durante el Año 2021, Etapa 4, (ref. presentación Performance 2022, Wood) 38
Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del depósito de relaves vs volumen de crecida (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood). 62
Tabla 4-1: Asentamiento Total Porcentual por Etapa 114
Tabla 7-1: Programación AFPR 2022 133
Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave Durante el Periodo (ref. manual OMS_R5 Wood). 146
Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (1 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 149
Tabla 8-3: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (2 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 150
Tabla 8-4: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (3 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 151
Tabla 8-5 Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (4 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 152
Tabla 8-6: Parámetros de los Terremotos MC y Op para el Sitio del Depósito de Relaves Teck CdA (ref. S y S, 2016). 156
Tabla 8-7: Parámetros de los Sismos Relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG). 157
Tabla 8-8: Relación de Aceleraciones Horizontales Máximas en el Sitio para Sismos Relevantes vs Sismos Interplaca de Diseño. 157
Tabla 8-9: DSR; Recomendaciones (1 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Plan de Acción, Teck CdA) 173
Tabla 8-10: DSR, Recomendaciones (2 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Plan de Acción, Teck CdA) 174
Tabla 8-11: DSR, Recomendaciones (3 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Plan de Acción, Teck CdA) 175
Tabla B-1: Piezómetros de Cuerda Vibrante Instalados 215
Tabla B-2: Piezómetros Campaña de Sondajes 2018 MNO / BS 217
Tabla B-3: Piezómetros de Cuerda Vibrante Campaña de Sondajes 2021 MP 220

Figuras

Figura 2-1: Depositación Real Versus Programada, Total por Descarga (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos). 29
Figura 2-2: Depositación Real Versus Programada, Total por Sector (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos). 30
Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 22 de diciembre de 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood)..... 31
Figura 2-4: Pendientes de Depositación de Relaves Típica (ref. Criterio de Diseño Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves 2021, documento N° E40221-2000-DT00-DSC-0001, Wood)..... 35
Figura 2-5: Planta Depósito de Relaves, al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0073, GA 2021.Q4, Wood). 40
Figura 2-6: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood). 41
Figura 2-7: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood) 42
Figura 2-8: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood). 43
Figura 2-9: Sección C - C: Botadero Sur (BS), Detalle, al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood). 44
Figura 2-10: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood) 45
Figura 2-11: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood) 46
Figura 2-12: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood). 47
Figura 2-13: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood) 48
Figura 2-14: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood) 49
Figura 2-15: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2021, Etapa 4 Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, Wood) 50
Figura 2-16: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2021, Etapa 4 Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Perfil Longitudinal y Secciones(ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, Wood)..... 51
Figura 2-17: Ficha de Inspección Post Evento (ref. manual OMS_R5, Wood)..... 57
Figura 3-1: Esquema Principales Flujos (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA)..... 59
Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2021 (Histórico 1 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA). 60
Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2021 (Histórico 2 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA). 61
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^3, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood). 63
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^3, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood). 64

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^3, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood). 65
Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Actualización Plan de Llenado 2022, Wood). 66
Figura 3-8: Almacenamiento de la CMP_{3d}, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3 para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood). 67
Figura 3-9: MNO, Caudal Sistema de Drenajes, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 70
Figura 3-10: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (sur) (ex afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 71
Figura 3-11: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 72
Figura 3-12: MNO, Caudal Total sector El Churque, Drenajes + CHQ Afloramientos (norte y sur), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 73
Figura 3-13: Posición Relativa Descargas MN, respecto del CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación con Depósito (ref. Google Earth, Wood). 74
Figura 3-14: Posición Relativa Descargas MN, CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), situación sin Depósito (ref. Google Earth, Wood). 75
Figura 3-15: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles. 76
Figura 3-16: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación. 77
Figura 4-1: MN; Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 78
Figura 4-2: MN, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 79
Figura 4-3: MN, Grafico Piezométrico PE – 015 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 79
Figura 4-4: MN, Grafico Piezométrico PE – 016 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 80
Figura 4-5: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 81
Figura 4-6: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 82
Figura 4-7: MNO, Grafico Piezométrico PE - 003 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 83
Figura 4-8: MNO, Grafico Piezométrico PE - 004 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 83
Figura 4-9: MNO, Grafico Piezométrico PE - 005 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 84
Figura 4-10: MNO, Grafico Piezométrico PE - 006 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 84
Figura 4-11: MNO, Grafico Piezométrico PE - 019 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 85
Figura 4-12: MNO, Grafico Piezométrico PE - 020 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 85
Figura 4-13: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 87

Figura 4-14: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, sin Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 87
Figura 4-15: MNO, Grafico Piezométrico DH4 (4100) y DH4 (4200) Histórico – al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)..... 88
Figura 4-16: BS, Grafico Piezométrico DH6 (6100) y DH6 (6200) Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 88
Figura 4-17: BS, Grafico Piezométrico DH8 (8100) y DH8 (8200) Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 89
Figura 4-18: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, al 14 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP). 90
Figura 4-19: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, Detalle, al 14 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP). 90
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 2021 (ref. Monitoreo manual, Wood)..... 91
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 2021 (ref. Monitoreo manual, Wood). 92
Figura 4-22: MO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 93
Figura 4-23: MO, Gráfico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 93
Figura 4-24: MO, Grafico Piezométrico PE - 009 Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 94
Figura 4-25: MO, Grafico Piezométrico PE – 009A Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 94
Figura 4-26: MO, Grafico Piezométrico PE – 010 Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 95
Figura 4-27: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 96
Figura 4-28: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 96
Figura 4-29: MP, Grafico Piezométrico Sondajes MP1 y MP2 (Casagrande), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 98
Figura 4-30: MP, Grafico Piezométrico Sondaje MP2 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 98
Figura 4-31: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP3 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 99
Figura 4-32: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP4 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 99
Figura 4-33: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. Wood) 101
Figura 4-34: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 3, plano As Built, al 31 de diciembre de 2016 (ref. Wood)..... 103
Figura 4-35: TMF, Perfil Etapa 3 MN, MNO, BS y MO (ref. Wood). 104
Figura 4-36: MO(S), Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. Wood). 105
Figura 4-37: MS, Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. Wood)..... 106
Figura 4-38: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 4 (ref. Wood) 108
Figura 4-39: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MN (14 mo) y MNO (9 mo), (ref. Wood) 109
Figura 4-40: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MO(S) (12 mo) (ref. Wood)..... 109

Figura 4-41: Esquemas de Tipo de Asentamientos Estáticos. 111
Figura 4-42: Asentamientos Totales (menores a 2,5%)..... 112
Figura 4-43: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%) 113
Figura 4-44: Asentamientos Capa Actual en Comparación con Asentamientos Propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales). 117
Figura 4-45: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos..... 118
Figura 4-46: TMF, Prismas para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. Wood) 119
Figura 4-47: MN, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA). 122
Figura 4-48: MNO, Asentamiento Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA). 123
Figura 4-49: BS Pl. TK-042, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA)123
Figura 4-50: MO, Asentamientos Prismas Etapa 4 (10 mo) (ref. DTMS, Teck CdA). 124
Figura 4-51: MO(S), Asentamientos Prismas, Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA). 124
Figura 4-52: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2021.08.22 @ 2021.09.27 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). 125
Figura 4-53: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2021.11.26 @ 2022.01.01 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). 126
Figura 4-54: TMF, InSAR Deformación Horizontal Periodo 2021.08.22 @ 2021.09.27 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). 127
Figura 4-55: TMF, InSAR Deformación Horizontal Periodo 2021.11.26 @ 2022.01.01 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA). 128
Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2021.12.22 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA). 135
Figura 7-2: TMF, Elevación de la Laguna de Aguas Claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)..... 145
Figura 8-1: Registro Sismo 16S.2015 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) 157
Figura 8-2: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) 158
Figura 8-3: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones) 158
Figura 8-4: Desarrollo de la Laguna de Aguas Claras durante el Año 2021 (ref. presentación Desempeño 2022, Wood). 161
Figura 8-5: MN, Caudal de Afloramientos Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)..... 165
Figura 8-6: MO(S), Acumulación de Agua, Descarga de Drenajes, 2021.09.19 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood). 167
Figura 8-7: MO(S), Agua en Cañería de Descarga de Drenajes, 2021.09.20 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood). 168
Figura 8-8: MO(S), Conexión en Cañería de Drenajes, 2021.09.24 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)..... 168
Figura 8-9: MO(S), Conexión en Cañería de Drenajes, 2021.09.26 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)..... 169
Figura 8-10: MO(S), Descarga Cañería de Drenajes, 2021.12.27 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)..... 169
Figura 8-11: MO(S), Drenajes Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. Wood). 170
Figura 9-1: MP, Diseño Etapa 4 (ref. Presentación muro Poniente 2021, Wood) 178
Figura 9-2: BS, Pl.TK-042, Acelerógrafo, al 2022.03.17 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood) 179
Figura 9-3: MNO, Acelerógrafo El Churque, al 2022.01.14 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood) 180
Figura 9-4: Alternativas 1 y 2 Diseño de Trincheras #9 y #10 (ref. presentación Revisión Diseño Trincheras 2022, Wood)..... 181
Figura 9-5: Trinchera #10 modificada (ref. presentación Revisión Diseño Trincheras 2022, Wood) 182

Figura B-1: A) PVC lisos y ranurados; B) Grava; C) Terminación del Pozo 218
Figura B-2: MP – Planta Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27) 220
Figura B-3: MP – Perfil Longitudinal Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27) 221
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, Wood). 222
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, Wood). 223
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, Wood). 224
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, Wood). 225
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, Wood). 226
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, Wood). 227
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, Wood) 228
Figura B-11: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, Wood). 229
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, Wood). 230
Figura B-13: MP, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0002, Wood). 231
Figura B-14: Plano E40165-840-R-PL-056_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31. 232
Figura B-15: Detalle Habilitación Piezómetros Casagrande (por WSP, elevaciones de Plataforma según Figura B-14). 233
Figura B-16: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por Wood, elevaciones de Plataforma según Figura B-14). 234

0.0 RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY

En el presente reporte se describen las observaciones y resultados de la Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (AFPR[1] 2022) del depósito de relaves Teck CdA realizada por Wood el día 06 de diciembre de 2021, en la que participaron los Sres.: Marco Barrientos Reyes, Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood; Chile; Luis Alvarez Lepeley, Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile y John Pottie, Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile.

This report describes the observations and results of the Annual Facility Performance Review (AFPR[2] 2022) of Teck CdA TMF[3] conducted by Wood on December 06, 2021. The review was conducted by Mr. Marco Barrientos Reyes, Tailings Engineer, Teck CdA EoR Project Manager, Wood, Chile; Mr. Luis Alvarez Lepeley, Civil Engineer, Teck CdA EoR Project Site Manager, Wood, Chile and Mr. John Pottie, Geotechnical Engineering Manager, Teck Resources, Santiago, Chile

El periodo de tiempo analizado corresponde al comprendido entre los días 01 de enero y 31 de diciembre de 2021, ambos días inclusive (365 días corridos).

The period analyzed corresponds to January 1 to December 31, 2021, both days included (365 calendar days).

Se debe indicar que el plan de contingencia implementado en faena durante gran parte del 2020 con motivo de la pandemia COVID 19, tiende a normalizarse durante el año 2021, finalizando el periodo con mínimas restricciones respecto de la dotación de personas en faena. Dado lo anterior, la construcción de las obras diferidas del Depósito de Relaves, se desarrollaron en completa normalidad durante el 2021.

The contingency plan implemented at the site during most of 2020 due to the COVID 19 pandemic tended to normalize during 2021, ending the period with minimal restrictions in terms of the number of people at the site. In view of the above, the construction of the staged works at the TMF were developed in normal conditions during 2021.

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 2021, por parte de personal del turno Teck CdA, con apoyo permanente de personal de terreno de Wood.

Similarly, the operation, monitoring and surveillance activities of the tailings deposit were carried out normally throughout 2021 by Teck CdA shift personnel, permanently supported by Wood field staff.

[1] Conocida anteriormente como Inspección Anual de Instalaciones de Relaves (ATFI, por sus siglas en inglés para Annual Tailings Facility Inspection).
[2] Formerly known as Annual Tailings Facility Inspection (ATFI).
[3] TMF: Tailings Management Facilities.

El propósito de la Revisión fue revisar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento y funcionamiento de la TMF[4] en general, con una atención específica sobre la condición física a corto plazo y los resultados de la vigilancia.

The purpose of the Review was to assess and evaluate the overall adequacy of TMF performance and operation, with specific focus on short-term physical condition and surveillance results.

Durante todo el año 2021, la instalación de relaves operó dentro de los límites establecidos por la etapa 4 de crecimiento diferido (de un total de 6 etapas).

During 2021, the tailings facility was operating within the limits established by Stage 4 of the staged growth (of a total of 6 stages).

Al término del año 2021, estaba pronta a finalizar la construcción de la Etapa 4 de crecimiento diferido, la que se encontraba pendiente desde el periodo anterior (año 2020). Se incluye la construcción de los rellenos del muro MP, y la campaña de sondajes asociada al mismo muro.

At the end of 2021, the construction of Stage 4 of the staged growth, pending since the previous period (year 2020), was about to be completed. The construction of the MP dam backfills and the drilling campaign associated with the same dam are included.

Durante todo el 2021, el depósito de relaves podría haber almacenado 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 570 m, del talud aguas arriba de los muros, por encima los 100 m mínimos considerados en el criterio de diseño.

Throughout 2021, the tailings impoundment could have safely stored both the flooding resulting from a 24-hour storm for return periods T_{50}, T_{100} and T_{200}, as well as that resulting from a probable maximum precipitation event (PMP) with a duration of 3 days (PMP_{3d} = 809 mm). Throughout the year, the clear water pond was maintained at a distance greater than 570 m from the upstream slope of the dams, above the minimum 100 m considered in the design criteria.

La instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante (18 c/u), Casagrande (6 c/u) y de fibra óptica (1 c/u), presenta lecturas estables, lo que significa que el nivel freático en el interior de los muros está controlado por el sistema de drenaje basal. Comparado con el año 2020, el monitoreo de la TMF mediante piezómetros se incrementó un 33% durante 2021.

Instrumentation using vibrating wire (18 each), Casagrande (6 each) and fiber optic (1 each) piezometers, showed stable readings, which means that the water table inside the dams was controlled by the basal drainage system. Compared to 2020, the number of piezometers within the TMF increased by 33% during 2021.

El día 21 de junio a las 23:47 h la TMF soportó sin daños un sismo interplaca

On June 21 at 23:47 h the TMF endured without damage an interplate subductive

[4] Siglas en inglés para Instalaciones para el Manejo de Relaves

subductivo de baja intensidad, magnitud 4,3 (Mw), cuyo epicentro se ubicó en la Región de Coquimbo, a 16 km al oriente de Andacollo, con coordenadas 71,440°W y 30,241°S, y una profundidad focal de 53,9 km (según USGC), respecto de la TMF el epicentro se ubicó a una distancia de 13,5 km aproximadamente hacia el oriente.

El día 04 de noviembre a las 01:18 h la TMF soportó sin daños un sismo interplaca subductivo de baja intensidad, magnitud 4,8 (Mw), cuyo epicentro se ubicó en la Región de Coquimbo, a 15 km al sur oriente de Andacollo, con coordenadas 71,269°W y 30,346°S, y una profundidad focal de 49,7 km (según USGC), respecto de la TMF el epicentro se ubicó a una distancia de 11,7 km aproximadamente hacia el sur oriente.

Para ambos sismos, las inspecciones detalladas post evento, no detectaron desviaciones en la instalación de relaves, ni tampoco en sus instalaciones auxiliares.

La precipitación total anual acumulada para todo el año 2021 fue de 18,7 mm, equivalente a un 13% de la precipitación promedio en el sitio contemplada en el diseño, siendo la evaporación para el mismo periodo de 1.970 mm (balance negativo).

Los asentamientos de los muros registrados durante el 2021 están 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 excelente estado.

Del mismo modo que el año anterior (2020), no se observaron agrietamientos en la zona de transición en los muros MN, BS, MNO

earthquake of low intensity, magnitude 4.3 (Mw). The epicenter was located in the Coquimbo Region, 16 km east of Andacollo, with coordinates 71.440°W and 30.241°S, and a focal depth of 53.9 km (according to USGC), with respect to the TMF the epicenter was located at a distance of approximately 13.5 km to the east.

On November 04 at 01:18 h the TMF endured without damage an interplate subductive earthquake of low intensity, magnitude 4.8 (Mw). The epicenter was located in the Coquimbo Region, 15 km southeast of Andacollo, with coordinates 71.269°W and 30.346°S, and a focal depth of 49.7 km (according to USGC), with respect to the TMF the epicenter was located at a distance of approximately 11.7 km to the southeast.

Post event detailed inspections for both earthquakes revealed no deviations in the tailings facility, nor in the auxiliary facilities.

The total annual accumulated precipitation for the entire year 2021 was 18.7 mm, equivalent to 13% of the average precipitation at the site contemplated in the design, with evaporation for the same period of 1,970 mm (negative balance).

Dams settlements recorded during 2021 were within ranges expected by the design.

During the field review conducted for this report, no instabilities were observed that might suggest problems with the integrity of the different dams of the TMF, and all containment structures are in excellent condition.

Similarly, to the previous year (2020), no cracking was observed in the transition zone in MN, BS, MNO and MO dams. Daily

y MO. Se debe continuar con la vigilancia diaria. Respecto del resto de las estructuras, durante la visita se constatan agrietamientos en dos (2) sectores muy específicos y acotados uno (1) en el muro MO(S) y otro (2) en el muro MS, los que son muy menores y superficiales, por lo que no revisten ningún riesgo para la integridad de ambos muros.

monitoring should continue. Regarding the remaining structures, during the visit, cracking was observed in two (2) very specific and limited sectors, one (1) in MO(S) dam and the other (2) in MS dam, although they were very minor and superficial, posing no risk to the integrity of both dams.

Se mantienen las filtraciones permanentes observadas al pie aguas abajo del muro MNO del orden de los 13,3 L/s y al pie aguas abajo del muro MN las filtraciones continúan siendo menores alcanzando un peak de 1 L/s durante el periodo, siempre relacionadas directamente con los ciclos de operación de las descargas asociadas al muro MN (D2 y D3). Del mismo modo, durante el año 2021 se detecta flujo en la cañería de descarga del dren del muro MO(S), con un caudal en torno a los 0,3 L/s. 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, habiéndose verificado a lo largo de la operación pequeños cambios en la tasa de filtración y drenajes.

The permanent seepage observed at the downstream toe of the MNO dam was maintained, recording 13.3 L/s. Downstream of the MN dam, seepage continues to be low, reaching a peak of 1 L/s during the period. The above is directly related to the operation cycles of the discharges associated to the MN dam (D2 and D3). Similarly, during 2021, flow was observed in the discharge pipe of the MO(S) dam drain, with a flow rate of around 0.3 L/s. In general, the low infiltration rates are mainly due to the current surface water elevation of the clear water pond. Although these low seepage values also respond for the length of the tailings beaches above the water level in the pond. Potential seepage is restricted by this. Small changes in seepage and drainage rates were verified throughout the operation.

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[5], con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. 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 períodos de los próximos informes AFPR anuales, si se ha logrado mantener el

Wood understands, and fully support, that Teck's long-term goal for all of the tailings facilities is to reach landform status[6], with all potential failure modes that could affect the integrity of the facility ultimately being reduced to be non-credible. Wood considers each dam of Carmen de Andacollo tailings management facility a landform structure, given their geometry and construction procedure. Ongoing work aimed at these long term goals will indicate over subsequent AFPR annual reporting periods if the overall landform status has been achieved along with the continued

[5] Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.
[6] Structure that resembles a natural relief form.

estado general landform, junto con la eliminación de cualquier preocupación de falla creíble que contemple el vertimiento de fluidos aguas abajo de la TMF.

Respecto de la estabilidad física, se 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. 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 Wood, estas características del diseño junto al control de la construcción, el monitoreo 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 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.

elimination of any credible flow failure concerns.

Physical stability is based on the quality (nature) of materials forming dams or supporting structures and their geometry. According to design, all dams should have, in the upstream (internal) face, fine grain size distribution soils, known as transition backfill. The operation pond should be located away from dams under normal operational condition, providing long tailings beaches supported on dams. All dams have drainage and a piezometric monitoring system. This design characteristic and waste rockfill ensure seepage and evacuation control, by avoiding high pore pressures that may reduce the material resistance capacity. Dam construction and associated works have quality control and quality assurance procedures that ensure compliance of drawings and technical specifications. In addition to a procedure to record modifications and adjustments after receiving the Engineer of Record's approval. In Wood's opinion, the design together with the construction control, the performance monitoring and the controlled operation minimize the risk to accepted levels, for potential stability risks. In the opinion of Wood, at the time of writing, the TMF does not present credible failure modes that could cause catastrophic water and or tailings loss downstream of the Teck CdA tailings facility

El comportamiento geotécnico del área del depósito durante el 2021 se considera satisfactorio y de acuerdo con la intención del diseño.

The geotechnical performance of the deposit area during 2021 is considered satisfactory and according to design intent.

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 2021 Teck CdA presenta un progreso efectivo del 62% y se encuentra avanzando de manera sistemática en los restantes. Se deja establecido que el próximo DSR está programado para el año 2022

The first DSR inspection for the TMF under study was carried out during Q3 2018 and was conducted by Arcadis Chile (ACL hereinafter). Based on the findings and improvements observed during the review, by the end of 2021 Teck CdA presented an effective progress of 62% and is systematically advancing in the remaining areas. The next DSR is scheduled for 2022.

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

The deposit performance observed is in accordance with the design and expected TMF operation. Activities were developed according to recommendations detailed in the OMS manual. Dam deformations observed, as the deposit grows, are considered normal. Seepage through the deposit observed is within the design range.

En opinión de Wood, no existen modos de falla catastróficos que puedan impactar la integridad de la instalación de relaves de Teck CdA, ocasionando la pérdida de agua y/o relaves hacia aguas abajo de la TMF.

In Wood's opinion, there are no catastrophic failure modes that could impact the integrity of the Teck CdA tailings facility, causing water and/or tailings loss downstream the TMF.

Durante el Q4 del año 2021, se lleva a cabo la actualización del taller de riesgos vigente desde el año 2017, mediante el desarrollo de un taller FMEA el cual contempló todas las estructuras contenedoras y sus instalaciones auxiliares.

During Q4 of 2021, the risks evaluation completed in workshop in force since 2017 was updated through the implementation of an FMEA workshop, which covered all containment structures and the auxiliary facilities.

En el contexto del nuevo Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM, por sus siglas en inglés), 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). El diseño de los muros del depósito de

In the context of the new Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM), all dams are assessed as extreme consequence structures, and must be designed for Maximum Probable Flood (PMF) and Maximum Credible Earthquake (MCE). The design of the dams of the Teck CdA

relaves Teck CdA considera actualmente estas 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 encuentra Teck CdA respecto del nuevo estándar GISTM.

tailings facilities, currently considers these extreme loads.

Teck CdA is taking the necessary actions to comply with the GISTM over the established three (3) year period. These actions commenced in June 2021, through the development of a preliminary internal workshop for the identification of gaps. The objective was to determine Teck CdA's level of preparation regarding the new GISTM standard.

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones AFPR 2022.

ITEM	AREA	SUB ITEM	ESTRUCTURA	DETALLE	RESPONSABLE	FECHA
1	Construcción	1.1	MN	Cerrar con barreras duras el acceso al botadero de Relaves U-V	Teck CdA	2022.Q2
		1.2	MN	Ejecutar obra de conducción de los afloramiento	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.3	MNO / BS	Finalizar el relleno de transición correspondiente a la Etapa 4	Teck CdA	2022.Q1
		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
		1.5	MNO	Reubicar la descarga auxiliar D4A, hacia el sur de su posición actual	Teck CdA - Wood	2022.Q2
		1.6	MNO	Desmantelar las zanjas para la prueba Watershed	Teck CdA	2022.Q1
		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
		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
		1.9	BS	Reponer el babero bajo la cañería de descarga del rebose sur (Geomembrana de HDPE)	Teck CdA	2022.Q2
		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
		1.11	MO(S) / MS	Construir Rip Rap que proteja de la escorrentía superficial, ambas zanjas de anclaje laterales	Teck CdA	2022.Q1
		1.12	TRCH	Construir la Trinchera #10 para la recuperación del agua desde la laguna	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.13	MP	Finalizar la construcción correspondiente a la Etapa 4 de crecimiento diferido	Teck CdA	2022.Q1
2	Mantención	2.1	MN	Restituir la condición de los monolitos para control de asentamientos dañados	Teck CdA	2022.Q1
		2.2	MN	Regularizar la condición de la bomba flotante de la piscina colectora de drenajes y filtraciones	Teck CdA	2022.Q1
		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
		2.4	MO(S)	Limpiar la plataforma operacional a la elevación de la Etapa 4 de crecimiento diferido, del derrame con relleno masivo existente	Teck CdA	2022.Q1
		2.5	MO(S) / MS	Reparar previo al periodo de precipitaciones (abril – octubre), el agrietamiento superficial detectado	Teck CdA	2022.Q2
		2.6	MS	Posterior al periodo estival, sacar el aire atrapado debajo de la Geomembrana de HDPE, mediante la habilitación de venteos	Teck CdA	2022.Q3
3	Operación	3.1	TMF	Operar en el corto plazo las descargas del sector centro / norte de la TMF	Teck CdA	2022.Q2
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
		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
		3.3	TMF	Habilitar el tercer acelerógrafo, esta vez instalado en roca	Teck CdA - Wood	2022.Q4
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
		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
		4.3	MO(S)	Diseñar solución definitiva para el sistema de conducción de drenajes	Wood	2022.Q4
		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

Chart 0-2: AFPR 2022 Recommendations Summary.

ITEM	AREA	SUB ITEM	STRUCTURE	DETAIL	RESPONSIBLE	DATE
1	Construction	1.1	MN	Close by means of hard barriers the access to the U-V tailings dump	Teck CdA	2022.Q2
		1.2	MN	Execute seepage conduction works	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.3	MNO / BS	Finalize Stage 4 transition backfill	Teck CdA	2022.Q1
		1.4	MNO	Relocate the tailings distribution pipeline to the Stage 4 berm of the operational platform	Teck CdA	2022.Q2
		1.5	MNO	Relocate auxiliary discharge D4A to the south of the current position	Teck CdA - Wood	2022.Q2
		1.6	MNO	Decommission the Watershed pilot test ditches	Teck CdA	2022.Q1
		1.7	BS	Implement an engineering solution that allows the controlled conveyance of potential tailings spills on platform Pl. TK-042	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.8	BS	Lining the sump that collects spills from the normal operation of the tailings distribution system at Pl. TK-042.	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.9	BS	Replace bib under the south overflow discharge pipe (HDPE Geomembrane)	Teck CdA	2022.Q2
		1.10	MO(S) / MS	Cut the HDPE Geomembrane in areas that protrude from the upper anchor trench	Teck CdA	2022.Q1
		1.11	MO(S) / MS	Construct Rip Rap to protect both side anchor ditches from surface runoff	Teck CdA	2022.Q1
		1.12	TRCH	Construct Trench #10 for water recovery from the pond	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		1.13	MP	Complete Stage 4 deferred growth construction	Teck CdA	2022.Q1
2	Maintenance	2.1	MN	Restore the condition of damaged monoliths for settlement control	Teck CdA	2022.Q1
		2.2	MN	Improve the condition of the floating pump of the drainage and seepage collection pond	Teck CdA	2022.Q1
		2.3	MNO	Remove the vegetation observed on the bedrock of the southern springs in El Churque area	Teck CdA	2022.Q2
		2.4	MO(S)	Clean the operational platform at the Stage 4 deferred growth elevation of the spill with existing massive fill	Teck CdA	2022.Q1
		2.5	MO(S) / MS	Repair the surface cracking observed prior to the rainfall season (April - October)	Teck CdA	2022.Q2
		2.6	MS	After the summer period, remove the air trapped under the HDPE Geomembrane by installing vents	Teck CdA	2022.Q3
3	Operation	3.1	TMF	Operate in the short term the discharges of the central/northern area of the TMF	Teck CdA	2022.Q2
4	Design and Studies	3.1	TMF	Install additional piezometers located upstream on the tailings beach and close to the MN and MNO Dams	Teck CdA - Wood	2022.Q4
		3.2	BS	Relocate the TK-042 prisms mounted on Pl. TK-042, so that they can be read by the robotic total station	Teck CdA - Wood	2022.Q1
		3.3	TMF	Enable the third accelerograph, this time installed in rock	Teck CdA - Wood	2022.Q4
5	Monitoring, Control and Surveillance	4.1	MO	The natural terrain should be mapped before placing the new backfill on the south abutment	Wood	2022.Q4
		4.2	MO(S)	Study in detail the implications regarding the integrity of the containment structure and seepage control, of the man shafts observed downstream of the dam	Wood	2022.Q4
		4.3	MO(S)	Design a definitive solution for the drainage conduction system	Wood	2022.Q4
		4.4	MS	Inspect the condition of creek downstream of the MS dam in the area of monitoring well PZ-1	Wood	2022.Q1

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[7] por sus siglas en inglés) del depósito de relaves de la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo (en adelante Teck CdA) realizada por Wood (ex Amec / ex Amec Foster Wheeler) durante el día 06 de diciembre de 2021, en la que participaron los Sres.: Marco Barrientos Reyes: Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile; Luis Alvarez Lepeley, Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile y al igual que en los cinco (5) años anteriores, la inspección se realizó en forma conjunta con el Sr. John Pottie, Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile.

Se incorporan además las observaciones por el Sr. Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro, Wood, Santiago de Chile, emitidas durante su visita a terreno de los días 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2021.

Cabe destacar que la inspección de terreno se desarrolló según el programa indicado en el ATFI.2021.

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 2021, 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 2021.

Se deja establecido que el plan de contingencia implementado en faena durante gran parte del 2020 con motivo de la pandemia COVID 19, tiende a normalizarse durante el año 2021, finalizando el periodo con mínimas restricciones respecto de la dotación de personas en faena. Dado lo anterior, las actividades de construcción de las obras diferidas del Depósito de Relaves se desarrollaron en completa normalidad durante el 2021.

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 Wood.

1.1. Propósito, alcance del trabajo y metodología

El propósito de esta Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves fue revisar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento y funcionamiento de la TMF

[7] Conocida anteriormente como Inspección Anual de Instalaciones de Relaves (ATFI, por sus siglas en inglés para Annual Tailings Facility Inspection).

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^3 / Mm^3	Metros cúbicos / Millones de metros cúbicos
t / Mt	Toneladas / Millones de toneladas
tpd / ktpd	Toneladas por día / kilo toneladas por día

Ítem	Descripción
mo	Mes / Meses
Pl.	Plataforma
El.	Elevación
GRB	Geotechnical Review Board
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	Variables Operacionales
EOR	Ingeniero de Registro
Wood	ex Amec / ex Amec Foster Wheeler
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	Etapa 1, Etapa 2, Etapa 3, Etapa4, Etapa 5 y Etapa 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 constituidos sus muros con material de empréstito, más específicamente estéril de mina, corresponde a la categoría (2).

Se deja establecido que a comienzos del año 2022 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^3 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^3 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[8], 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 (ítem 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

[8] 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.

muro, y finalmente (iv) asentamiento sísmico del muro; dejando 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) lanza 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 (UNEP, por sus siglas en inglés) y con los Principios para la Inversión Responsable (PRI, 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 es de tres (3) años a partir de la fecha de lanzamiento, 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[9], con el objetivo de generar planes de acción que permitan dar cumplimento al estándar, como fecha límite agosto 2023.

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

1.4. Permisos

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

[9] Son 77 requerimientos, de los cuales 7 corresponden a temas de comunidades

Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2021 (ref. manual OMS_R5, Wood).

Organismo	Descripción	Resolución N°	Fecha
COREMA	Resolución de Calificación Ambiental Proyecto Hipógeno	RCA 104	2007.06.13
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	1.680	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^3, para el valor de la densidad seca de 1,40 t/m^3 considerado en el diseño).

El depósito de relaves está conformado por los muros poniente (MP), norte (MN), nororiente (MNO), oriente (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, construidos 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 geométricamente 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. 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 2021

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 Q3 del año 2019, mediante el documento # E40165-840-R-TR-020_R0: “Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves 2019”. Se presenta una sola tabla de control, para la condición de volumen operacional de laguna de 500.000 m^3, y que corresponde al caso desarrollado en el plan.

De acuerdo al 5YP (Plan de Cinco (5) Años, por sus siglas en inglés) la estimación de mineral procesado para el año 2021 correspondía a 19,90 Mt, equivalente a 19,70 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 17,33 Mt, es decir un 12 % menos que lo proyectado. Ver Figura 2-3 para el emplazamiento de las descargas de relaves.

Tal como se ha hecho para los periodos anteriores, tanto la Tabla 2-1 como las Figuras 2-1, 2-2 y 2-3, el control del plan de llenado se hace sobre el total efectivamente depositado (17,33 Mt) y no sobre el tonelaje programado según el LOM para el año 2021 (19,70 Mt).

Tabla 2-1: Depositación Real Versus Programada (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos).

Laguna 500.000 m3											Total
Descarga	[#]	1	2	3	4	RS	5	6	7	8	
Acum. Periodo	[t]	855.772	3.203.650	2.904.391	1.659.240	1.575.514	1.675.097	1.086.268	3.113.501	1.260.229	17.333.661
Planificado	[%]	21	6	15	21	10	8	11	8	0	100
	[t]	3.615.079	1.032.880	2.623.791	3.589.083	1.691.427	1.429.741	1.954.846	1.360.420	36.393	17.333.661
Restante		2.759.306	- 2.170.770	- 280.599	1.929.844	115.913	- ***245.356***	***868.578***	- **1.753.081**	- **1.223.835**	0
Operando Real / Descarga	[d]	18	67	61	35	33	35	23	66	27	365
Operando Real / Zona		182				91			92		365
Planificado / Zona		229				107			29		365
Restante (+/- 1)		47				***16***			***-63***		0

Figura 2-1: Depositación Real Versus Programada, Total por Descarga (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos).

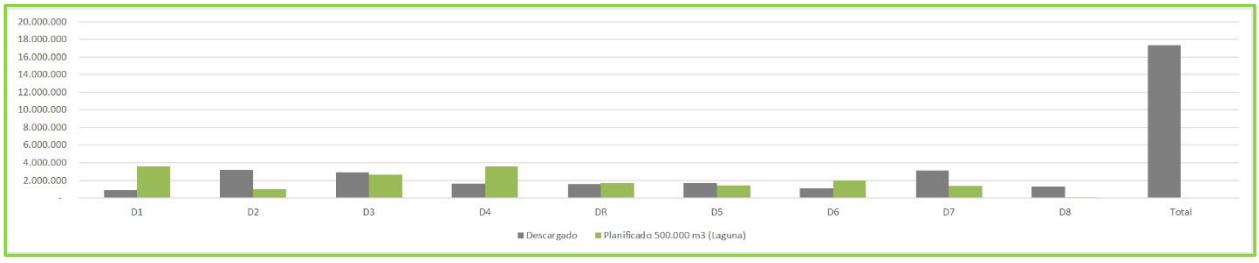


Figura 2-2: Depositación Real Versus Programada, Total por Sector (ene. 2021 – dic. 2021, 365 días corridos).

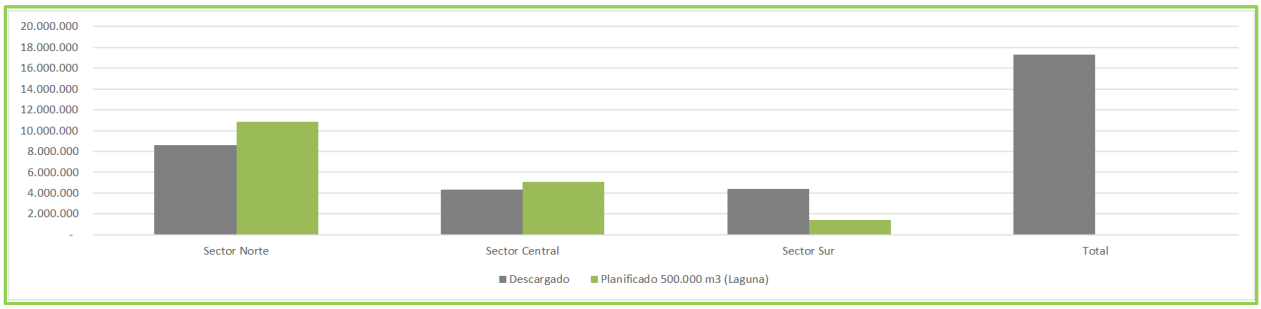
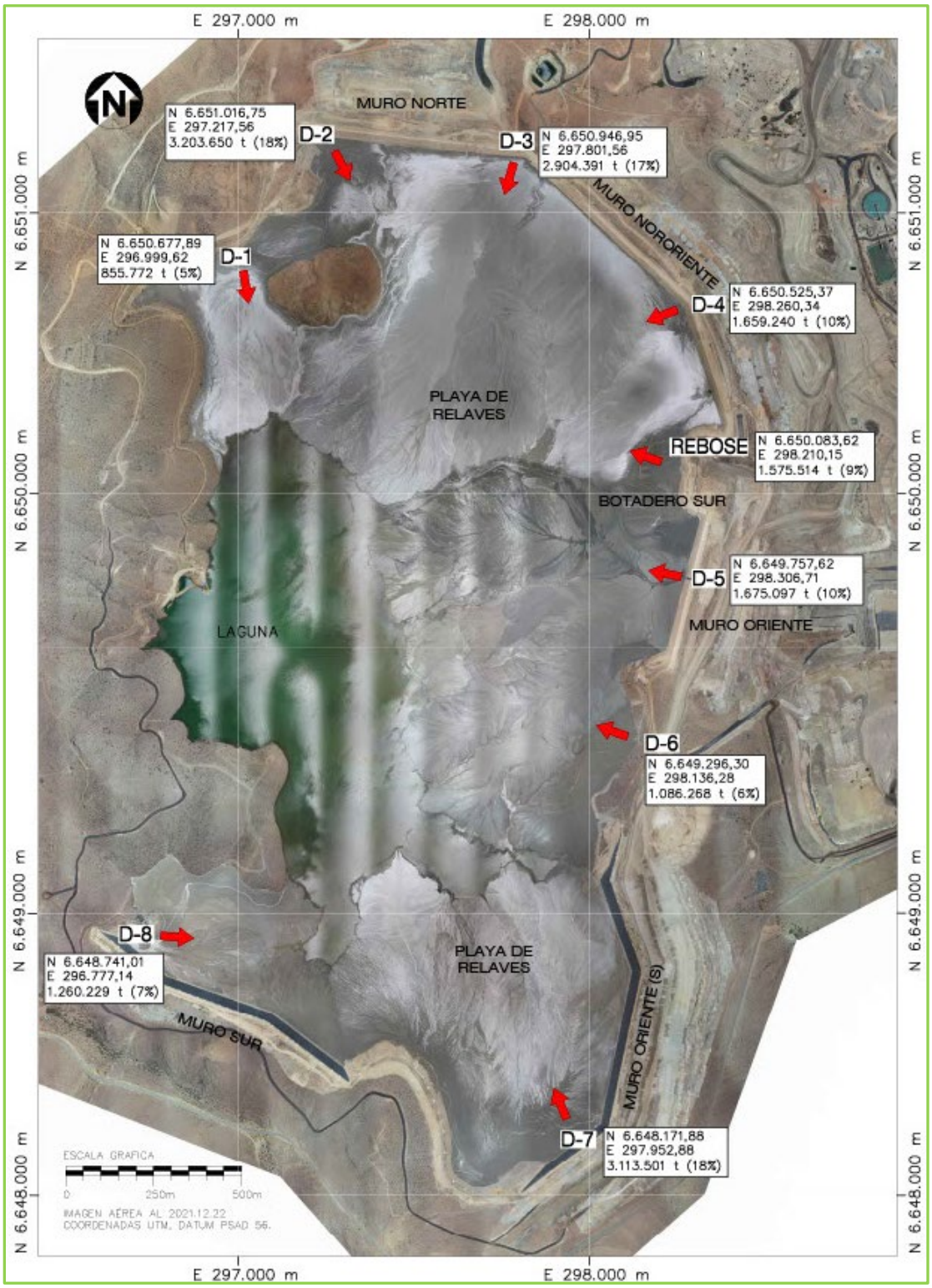


Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 22 de diciembre de 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood).



A diferencia de lo ocurrido el año 2020, se puede apreciar que ningún punto de descarga ha concentrado la descarga de relaves, como fue el caso de la descarga D6

durante el periodo anterior, por lo tanto, 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 a la cola del depósito, equidistante de los muros y sin la presencia de lagunas parásitas.

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 47 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 D5, D6 y rebose) esta diferencia es del orden los 16 días (déficit) y para el sector sur del depósito (descargas D7 @ D8) se verifica una diferencia de 63 días de depositación (exceso).

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[10] (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 2021, equivalente a 4,06 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 2021.

[10] Salvo los rellenos en el BS los que al término del período se encontraban construido hasta la El. 1.161,8 msnm, y que al momento de escribir el presente documento están finalizados hasta la cota de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido El. 1.162,5 msnm.

Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood)

	Coronamiento E4:	1.162,50 [msnm]			
Muro	Elevaciones		Crecimiento:	4,06 [m/año]	
	Playa	Transición	Revancha	Remanente	
	[msnm]		[m]	[año]	[meses]
MP	1.149,200	1.162,500	13,30	3,28	39,33
MN	1.154,800	1.162,500	7,70	1,90	22,77
MNO	1.152,500	1.162,500	10,00	2,46	29,57
BS	1.153,100	1.161,800	8,70	2,14	25,73
MO	1.153,000	1.162,500	9,50	2,34	28,09
MO(S)	1.153,090	1.162,500	9,41	2,32	27,83
MS	1.152,080	1.162,500	10,42	2,57	30,81

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. 1.149,195 msnm lo que equivale a un remanente mínimo de 12,61 m, que se traducen en 3,11 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 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood)

	Coronamiento E4:	1.162,50 [msnm]			
Muro	Elevaciones		Crecimiento:	4,06 [m/año]	
	Pelo de agua	Transición	Revancha	Remanente	
	[msnm]		[m]	[año]	[meses]
MP	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34
MN	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34
MNO	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34
BS	1.149,195	1.161,800	12,61	3,11	37,27
MO	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34
MO(S)	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34
MS	1.149,195	1.162,500	13,31	3,28	39,34

Respecto de la capacidad remanente, al 31 de diciembre de 2021 se han depositado 195,99 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 220,01 Mt. Respecto del volumen ocupado por los relaves dentro del depósito, la batimetría y levantamiento topográfico de playas realizados el 22 de diciembre de 2021 arrojó un total de 118,0 Mm^3 acumulados, lo que permite calcular un valor para la densidad seca de los relaves depositados (D_s) en torno a 1,66 t/m^3. Tal como se indicó en el documento ATFI.2021 para el periodo anterior (así como en los DSI, previo para el año 2020), este valor se considera muy alto, sin

embargo, la revisión desarrollada durante marzo de 2017[11], de los antecedentes y la metodología realizado por 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, 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) / Wood, para la oficialización del valor de densidad seca, que deberá ser utilizado en los futuros diseños, estableciéndose en 1,55 t/m^3 al término del año 2018.

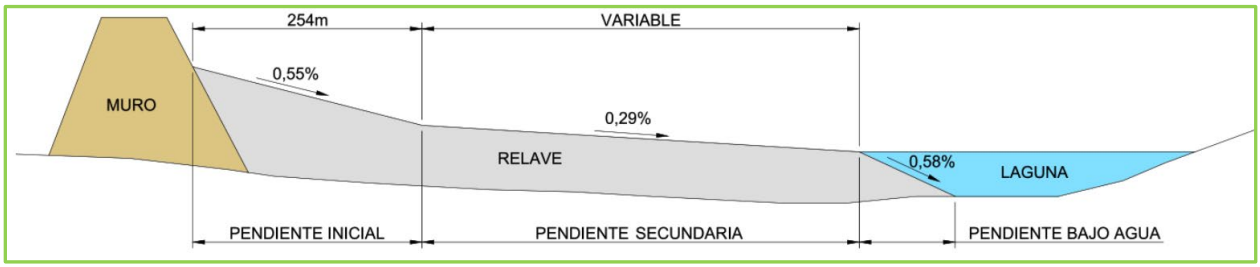
Utilizando dicha densidad los 220,01 Mt de relaves restantes a disponer al término de la vida útil proyectada del depósito, ocuparán un volumen de 141,94 Mm^3 el que sumado a los 118,0 Mm^3 ya depositados arroja un volumen total utilizado de 259,94 Mm^3, si lo comparamos con los 297 Mm^3 indicados en el diseño a la Etapa 6 de crecimiento diferido el depósito tendría capacidad suficiente para admitir a lo menos 57,44 Mt (37,1 Mm^3) adicionales, totalizando un máximo teórico de 473,44 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 (Cp) de hasta 65%, un 3% por sobre la concentración máxima que permitía operar el espesador sin que fallara por Torque (Cp= 62%). Por otro lado, al ser un modificador reológico, los relaves espesados hasta Cp =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 Newtoneidad 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, se 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.

[11] Actualizada el año 2021

Figura 2-4: Pendientes de Depositación de Relaves Típica (ref. Criterio de Diseño Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves 2021, documento N° E40221-2000-DT00-DSC-0001, Wood)[12].



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 2021 dentro de los límites definidos por la Etapa 4 de crecimiento diferido, recibiendo un total de 17,33 Mt de relaves durante el año, a través de nueve (9) puntos de descarga distribuidos en el coronamiento de dicha etapa, la que equivale a la cota El. 1.162,5 msnm, acumulando dentro de la cubeta un total de 195,99 Mt de relaves al 31 de diciembre de 2021, lo que representa un 47% de la capacidad total autorizada (416 Mt). El depósito de relaves se divide en tres (3) sectores de depositación: (1) el sector norte que contempla las descargas D1, D2, D3 y D4 y que acumuló un 50% de la descarga anual de relaves y los sectores (2) centro (descargas D5, D6 y Rebose) y (3) sur (descargas D7 y D8) que recibieron un 25% cada uno respectivamente. Durante el año 2021 se priorizó la descarga de relaves desde el sector norte, dado el déficit de 4,5 meses que se produjo en el llenado de dicha zona durante el año 2020, debido principalmente a las interferencias generadas por los trabajos asociados a la Etapa 4 de crecimiento diferido en los muros norte y nororiente. Al término del periodo, el déficit de depositación para el sector norte se ha reducido a 1,5 meses lo que se considera satisfactorio, sin embargo, se deberá continuar priorizando la descarga en dicha zona al inicio del año 2022, para luego depositar en el sector centro de la TMF lo que constituye una buena práctica operacional ya que desarrolla puntos altos en 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 3,00 m frente al botadero sur y un máximo de 6,09 m frente al muro norte. 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 de relaves, alcanzó al 31 de diciembre de 2021 un valor mínimo de 7,7 m para la playa de relaves

[12] Todas las pendientes indicadas en la Figura 2-4, corresponden a los valores promedio medidos para todo el depósito y sus descargas.

en contacto con el talud interno del muro norte, en el sector de la Descarga #2 hacia el estribo poniente del muro. En tanto, la mínima revancha hidráulica para el año 2021 fue de 12,61 m y se verificó el día 31 de diciembre calculada como la diferencia entre la elevación del coronamiento del relleno de transición en su punto más bajo construido para la Etapa 4 de crecimiento diferido en el sector del Botadero Sur y la elevación del pelo de agua de la laguna de aguas claras.

Durante el año 2021, el volumen de la laguna de agua claras varió entre un máximo de 0,71 Mm^3 en septiembre y un mínimo de 0,05 Mm^3 en febrero. La elevación del pelo de agua de la laguna varió entre las cotas El. 1.145,143 msnm y El. 1.149,201 msnm, para los días 26 de enero y 26 de diciembre respectivamente (incremento de 4,06 m/año). Al 31 de diciembre de 2021 el stock de agua acumulada en la laguna es de 0,64 Mm^3 aproximadamente.

Las bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y la retornan al proceso de la planta concentradora, operaron durante todo el periodo en la trinchera #8A (ver capítulo 2.3.2.8).

Durante el año 2021, continua la aplicación del modificador reológico en el espesador de relaves. La concentración de sólidos en el período presentó una media de 63%, mayor que el promedio del año calendario previo a la aplicación del producto, que fue de 61%. 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 2021 la flota de equipos mineros de Teck CdA construyó un total de 2,48 Mm^3 de relleno masivo, lo que equivale aproximadamente a 4,82 Mt de estéril seleccionado (densidad compactada seca promedio 2021~ 1,94 t/m^3). Los muros que se construyeron durante el año fueron el nororiente, oriente y tramo sur del muro oriente. En todos los muros las elevaciones sobrepasaron la Etapa 4 de crecimiento, correspondiente a la El. 1.162,5 msnm, habiéndose finalizado durante el año 2021 la construcción de la Etapa 5 en el tramo sur del muro oriente, el resumen del periodo por muro se detalla a continuación:

Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 4 y 5, año 2021 (ref. presentación Performance 2022, Wood)

Muro	Durante el Periodo		Total Acumulado	Descripción de los Trabajos
	Volumen [m3]	Tonelaje [t]	Volumen [m3]	
MP	5.570	10.806	5.570	Finaliza E4, construido con Equipo Menor (como relleno de Rectificación)
MN	-	-	4.123.841	Sin avance
MNO	974.354	1.890.247	19.688.518	Continua construcción E5
MO	187.180	363.129	6.329.159	Continua construcción E5
MO(S)	1.318.618	2.558.119	5.853.624	Continua construcción E5
MS	-	-	1.014.411	Sin avance
Total	**2.485.722**	**4.822.301**	**37.015.123**	

2.3.2.2. Corte y Retiro

No se ejecutan en el periodo trabajos asociados al corte y retiro del relleno masivo sin compactar desde la cara del talud interno de los muros. Durante el Q4 del año 2021 se da inicio al proceso de licitación para el Corte y Retiro de la Etapa 5 de crecimiento diferido en el tramo sur del muro oriente, trabajos que deben iniciar el Q2 del año 2022. El resumen del corte y retiro para el etapa 4 de crecimiento diferido, finalizado durante el periodo anterior (año 2020), se detalla a continuación:

Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020 (ref. presentación Performance 2021, Wood).

Muro	Inicio	Término	Trabajo Efectivo	Volumen [m^3]		Rendimiento
	[dd-mm-aaaa]		[d]	Cubicado	Construido	[m^3/d]
MN	06-08-2018	12-11-2018	61	24.466	31.578	518
MNO	08-07-2019	10-10-2019	85	45.090	51.223	603
BS (Pl. TK-042)	09-06-2020	22-07-2020	25	13.954	10.014	401
MO	13-01-2020	20-05-2020	62	29.868	28.694	463
MO(S)	06-12-2017	21-03-2018	72	78.723	78.898	1.096
MS	21-11-2018	28-02-2019	68	67.420	65.337	961
		Total	**373**	**259.521**	**265.744**	

2.3.2.3. Relleno de Transición

Durante el año 2021 el contratista local Cooptrans retoma la construcción de los rellenos de transición correspondientes a la Etapa 4 de crecimiento diferido. Los trabajos originalmente asignados al contratista local Rentamaq, fueron suspendidos durante el mes de septiembre del año 2020 debido a ajuste presupuestario en el área de Agua y Relaves Teck CdA.

Durante el año 2021 el contratista local Cooptrans finaliza la construcción de los rellenos de transición correspondientes a la Etapa 4 de crecimiento diferido en el muro Poniente (MP). Dadas las condiciones topográficas del sector en el que se emplaza dicha estructura, no fue factible construir el relleno masivo correspondiente con camiones de alto tonelaje (CAT 789), por lo que se construyó el relleno de transición a la par con un relleno denominado de rectificación, el que según las especificaciones de proyecto se

define como relleno masivo construido con equipo menor, en capas compactadas de 80 cm de espesor (en lugar de 2,0 m), y restringiendo el $T_{máx.}$ a 12" (en lugar de 40"). Los trabajos se desarrollaron entre los días 25 de octubre y 27 de diciembre de 2021, colocándose 4.531 m^3 de relleno de transición y 5.570 m^3 de rellenos de rectificación, ambos volúmenes geométricos y compactados.

El avance alcanzado durante el año 2021 para el relleno de transición de la Etapa 4 correspondió a un 99% respecto de la cantidad cubicada según diseño, restando por colocar un volumen de 6.812 m3 en el muro oriente y en la Plataforma TK-042 sobre el coronamiento del Botadero Sur. Está programado finalizar los trabajos durante el mes de enero del año 2022, con un aumento total de obra del 5% respecto del 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 2021:

Tabla 2-6: Relleno de Transición Construido Durante el Año 2021, Etapa 4, (ref. presentación Performance 2022, Wood).

Muro	Inicio [aaaa-dmm-dd]	Término [aaaa-dmm-dd]	Efectivo [d]	Capas [#]	Rendimiento [m3/d]	Cota Final	Volumen [m3] Construido	Volumen [m3] Pendiente
MP	2021-10-26	2021-12-24	43	32	105	1.162,50	4.531	-
MN	2021-06-10	2021-07-30	30	9	106	1.162,50	3.191	-
MNO	2021-06-10	2021-12-31	136	14	259	1.162,50	35.173	-
BS (Pl. TK-042)	2021-07-13	2021-12-31	96	22	51	1.161,80	4.861	5.139
MO	2021-06-14	2021-12-27	120	18	196	1.162,50	23.527	1.673
MO(S)	-	-	-	-	-	-	-	-
MS	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			**425**	**95**	**168**		**71.283**	**6.812**

Ver Figuras 2-15 y 2-16 para el detalle de los trabajos de relleno de transición que se ejecutaron durante el año 2021.

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 periodo anterior, durante la construcción de la Etapa 4 de crecimiento diferido, se optó por 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, en la playa de relaves o 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 tanto del talud interno, como de la plataforma operacional al coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, en los muros sur y en el tramo sur del muro oriente alcanzando al término del Q2 del año 2021 un avance efectivo de un 100% en ambas estructuras. Durante la Etapa 4 de crecimiento diferido se impermeabilizaron 35.295 m^2 en el muro sur y 44.551 m^2 en el tramo sur del muro oriente, totalizando 79.846 m^2.

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^3), se encuentra operando en su posición definitiva por sobre la cota de coronamiento de la Etapa 6 de crecimiento diferido (El. 1.204 msnm), luego que el 19 de octubre de 2021, la Dirección General de Aguas (DGA por sus siglas en español) recibiera conforme el trazado del pipeline y sus respectivas obras de atravieso de cauces.

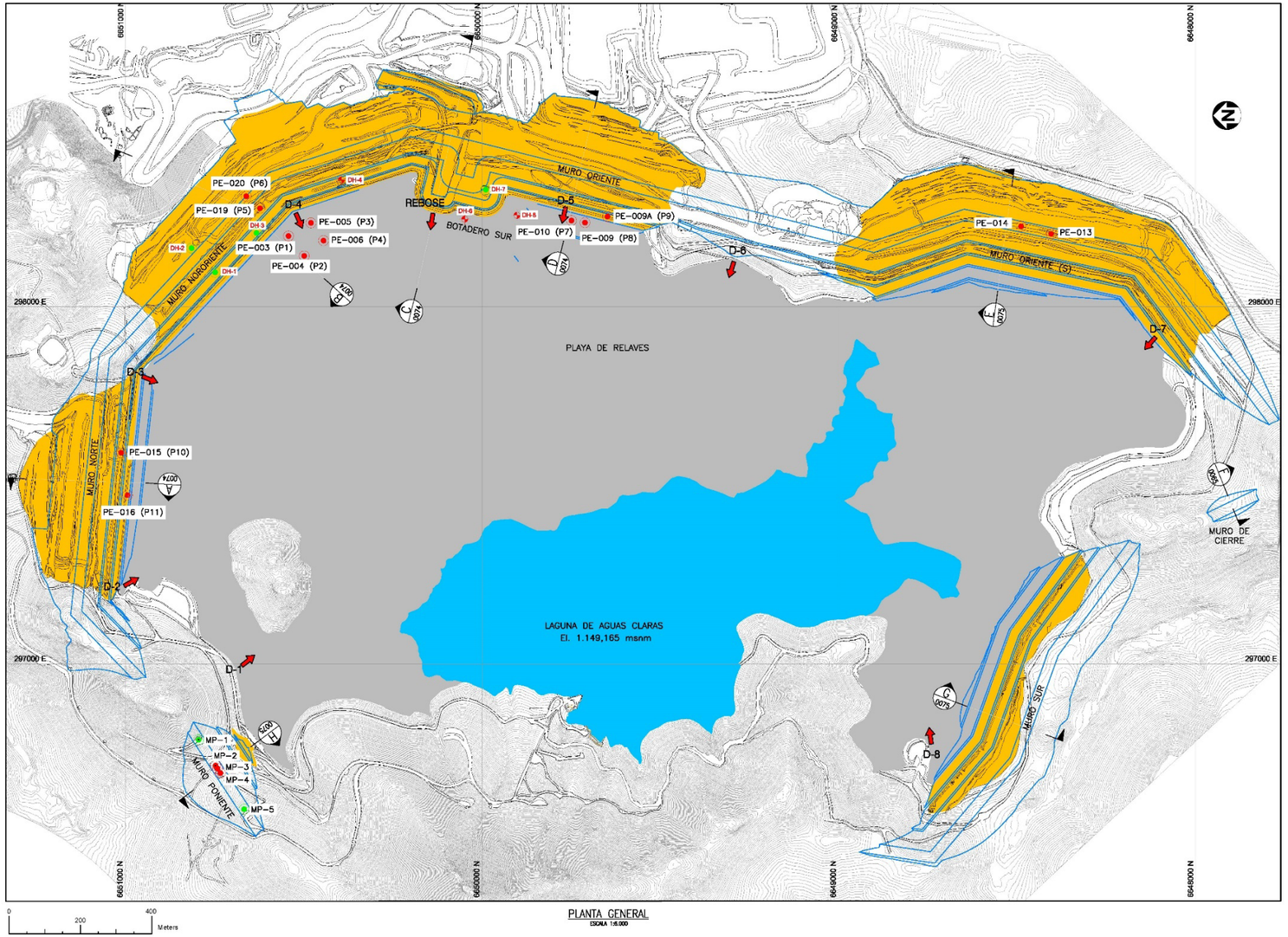
2.3.2.8. Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna

Al momento de escribir el presente documento, aún no se construye la trinchera # 9 la cual en su posición de diseño original operaria hasta mediados del año 2022, por lo que se está evaluando la posibilidad de construir una trinchera #10 modificada (trinchera #10A), que permita evitar la construcción de la Trinchera #9, sin comprometer la seguridad de la TMF. La trinchera # 10A, deberá entrar en operación a mediados del año 2022, por lo que se proyecta su construcción para el Q1 y Q2 del mismo año.

2.4. Planta y Secciones Transversales Actualizadas

En las siguientes Figuras se presenta la geometría de los muros del depósito actualizada al 31 de diciembre de 2021.

Figura 2-5: Planta Depósito de Relaves, al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0073, GA 2021.Q4, Wood).



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:5.000

CAMPAÑA SONDAJES Y PRUEBAS DOWN HOLE			
PIEZOMETROS DE FIBRA ÓPTICA			
POZO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
DH-4	6.650.393,93	298.355,55	1.155,88
DH-6	6.650.048,05	298.246,02	1.147,71
DH-8	6.649.901,53	298.256,79	1.141,00

POZOS CASAGRANDE			
POZO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
DH-1	6.650.748,44	298.096,61	1.161,33
DH-2	6.650.814,07	298.165,33	1.168,60
DH-3	6.650.832,65	298.207,25	1.160,93
DH-7	6.649.988,98	298.328,49	1.148,35

COORDENADAS PIEZOMETROS (DATUM PSAD56)			
CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MNO			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-003(P1)	6.650.542,28	298.198,47	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		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
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		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
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		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
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 Piezómetros De Cuerda Vibrante Muro Poniente (Ver Nota 6)					
ID Sondaje	ID Sensor	Coordenadas		Elevación	Ubicación relativa
		Norte	Este		
MP-2	MP2-S2	6,650,746.87	296,714.82	1,156.39	Superficial
	MP2-S1	6,650,746.87	296,714.82	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	6,650,733.18	296,693.99	1,133.54	Superficial

Cuadro de coordenadas pozos casagrande Muro Poniente (Ver Nota 6)			
Pozo	Coordenadas		
	Norte	Este	Elevación
MP-1	6.650.794,35	296.787,19	1.188,63
MP-5	6.650.666,64	296.592,62	1.187,59

NOTAS

1. *Levantamiento topográfico actualizado al 2021.12.31. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *Para detalle de secciones ver planos N° E40221-6000-FA00-GAD-0074@0075.*
4. *Laguna de aguas claras según batimetría 2021.12.22.*
5. *Corresponden a campaña de sondajes sonicos y pruebas down hole realizadas entre enero y mayo de 2018 en los muros nororiente y botadero sur.*
6. *Corresponden a campaña de sondajes realizados entre octubre y diciembre de 2021 en muro poniente. Sondajes MP-2, MP-3 y MP-4 poseen 2 piezómetros por cada uno.*

LEYENDA

- Topografía
- Traza Muros Etapa 6 (final)
- Relleno de Avance al 2021.12.31
- PE-XXX(P10): Piezómetro de cuerda vibrante:
- PE-XXX: Tag según proyecto
- (P10): # según E700
- Piezómetros de fibra óptica (Ver nota 5)
- Pozos casagrande (Ver nota 5)
- D-X: Punto descarga de relaves
- MP-X: Piezómetro de cuerda vibrante (Ver nota 6)
- MP-X: Pozos casagrande (Ver nota 6)

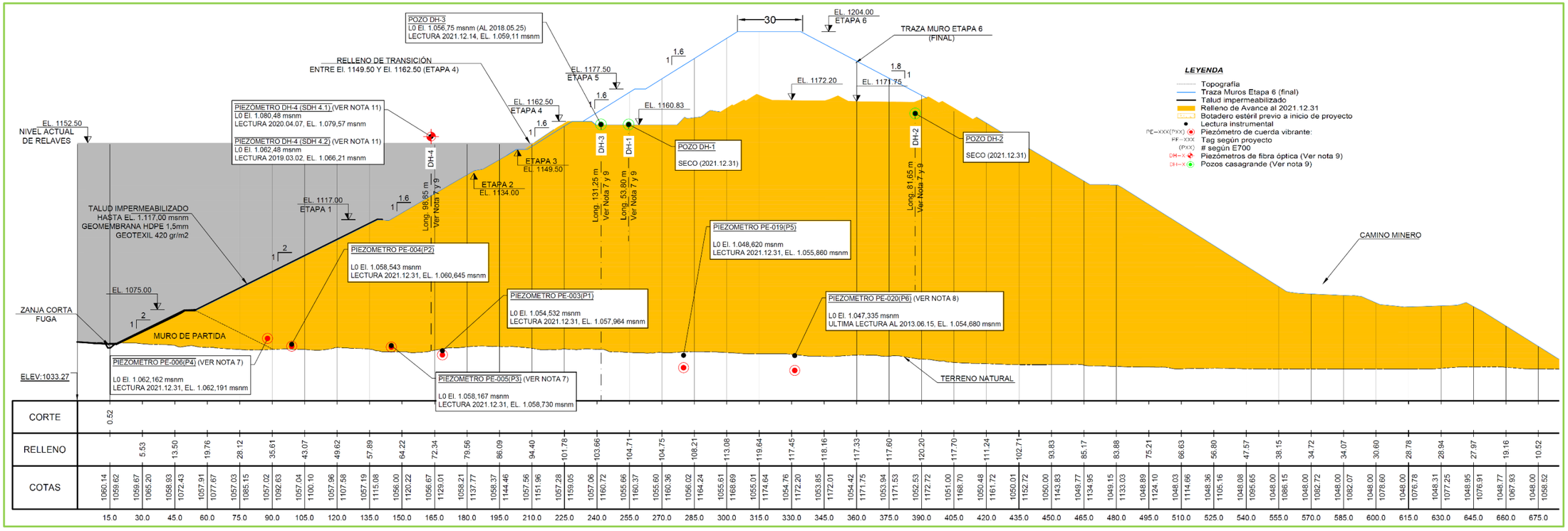
Cantidad de relaves autorizado (Total)
416 Mt
Cantidad de relaves actual (Total)
195,99 Mt

Figura 2-6: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood).

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 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood)



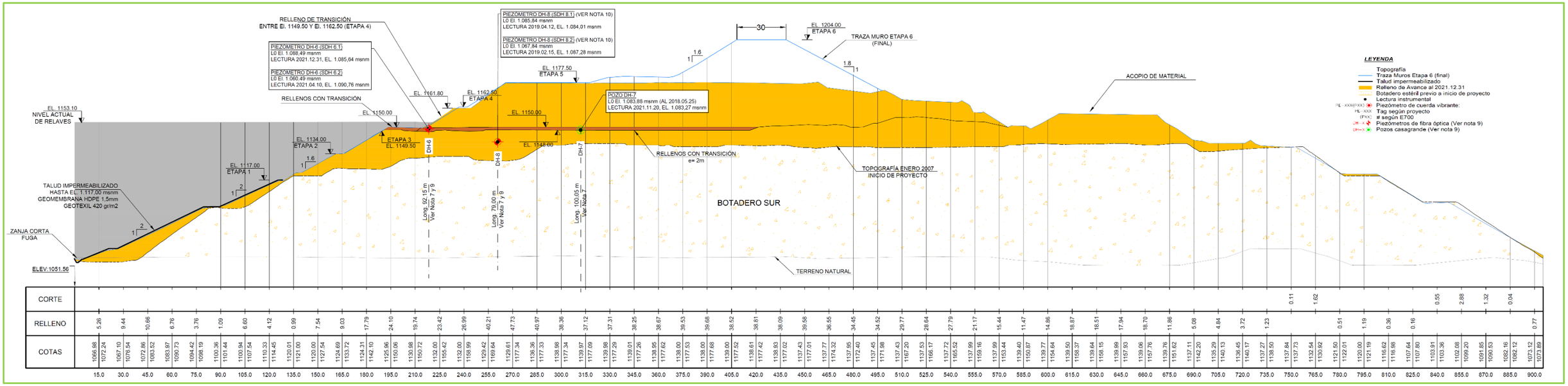
Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 msnm. (Etapa 1);

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); y

Nota 10: 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 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood).



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: 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: 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.

Figura 2-9: Sección C - C: Botadero Sur (BS), Detalle, al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood).

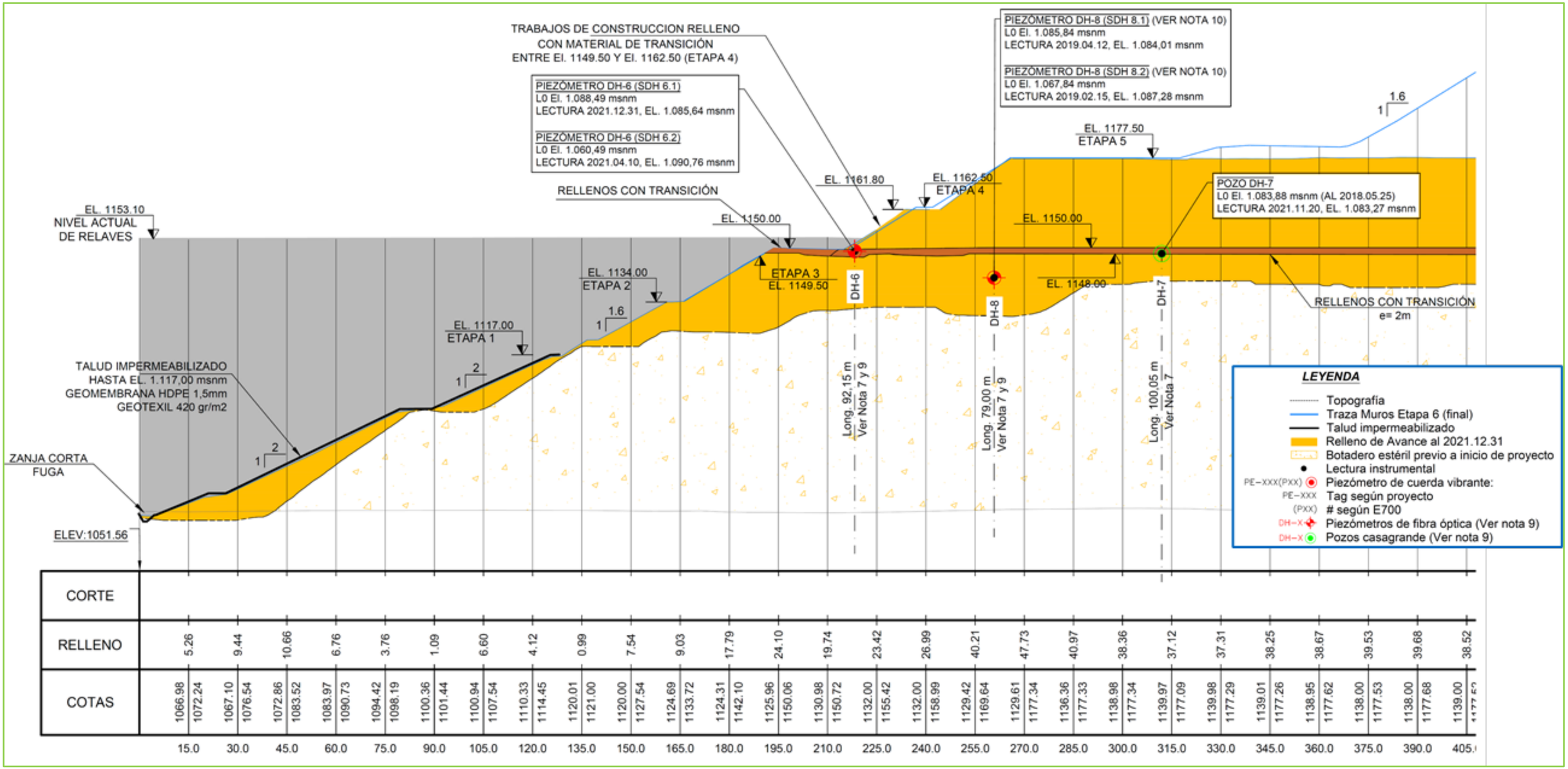


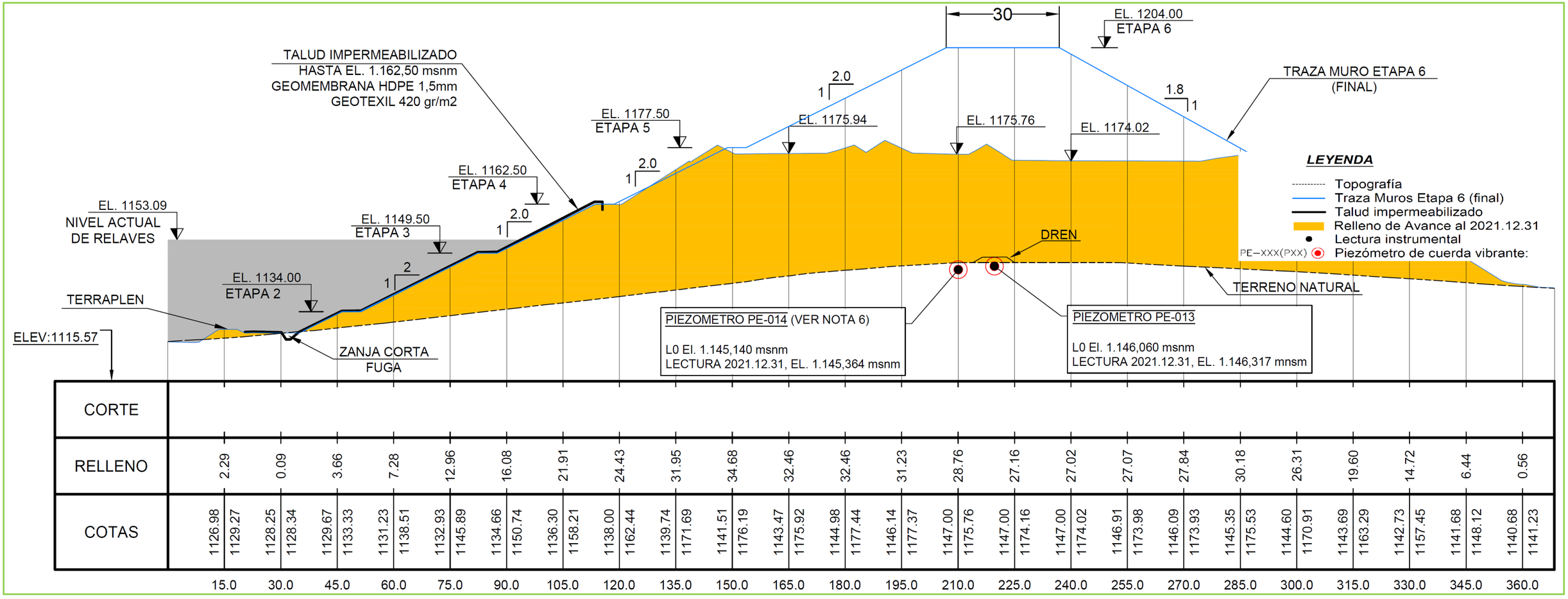
Figura 2-10: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0074, GA 2021.Q4, Wood)

	CORTE	RELLENO	COTAS	
15.0		5.64	1101.14	1106.78
30.0		11.96	1101.90	1113.86
45.0		17.34	1102.86	1120.20
60.0		25.42	1103.29	1128.71
75.0		31.99	1102.68	1134.67
90.0		41.78	1102.06	1143.84
105.0		50.64	1100.74	1151.38
120.0		57.83	1099.55	1157.38
135.0		61.81	1099.13	1160.95
150.0		64.17	1101.03	1165.20
165.0		63.07	1102.00	1165.07
180.0		60.72	1101.99	1162.71
195.0		60.53	1102.00	1162.53
210.0		69.94	1101.05	1170.99
225.0		69.38	1099.94	1169.32
240.0		70.37	1098.96	1169.33
255.0		78.57	1098.17	1176.74
270.0		78.19	1097.35	1175.54
285.0		79.05	1096.49	1175.54
300.0		74.96	1095.96	1170.91
315.0		65.69	1095.78	1161.47
330.0		57.01	1095.00	1152.01
345.0		47.95	1094.76	1142.71
360.0		39.32	1094.00	1133.32
375.0		31.21	1095.00	1126.21
390.0		23.73	1095.00	1118.74
405.0		10.73	1096.41	1107.13
420.0		1.38	1097.12	1098.50

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.

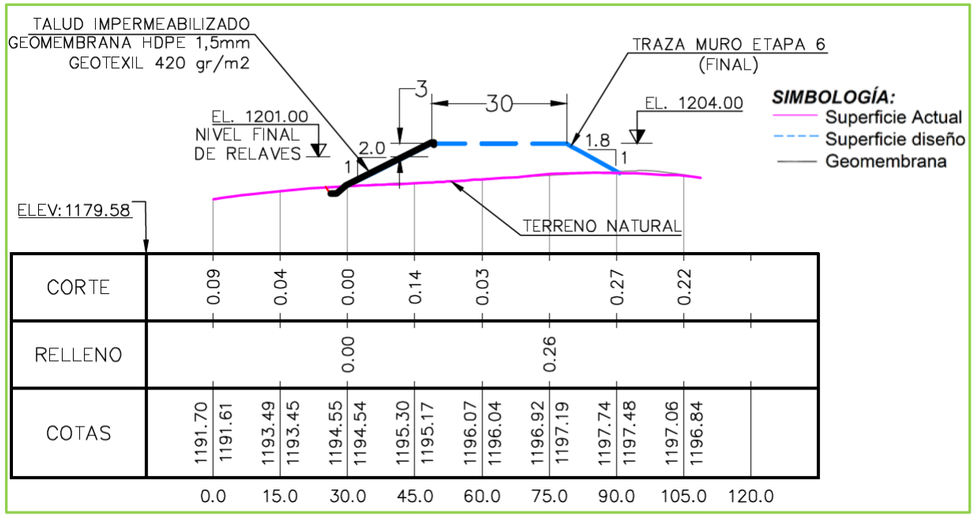
Figura 2-11: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood)



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

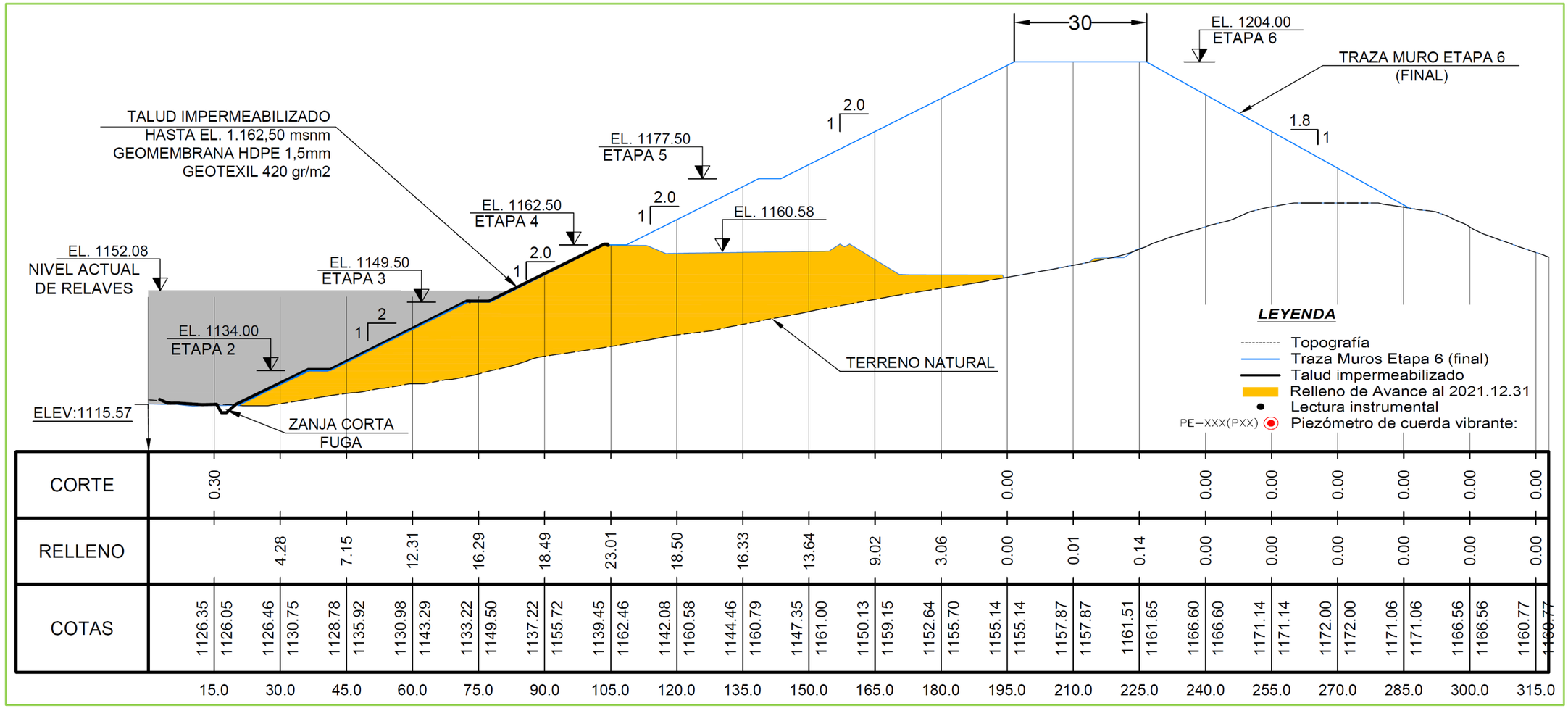
Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección E – E, ver la Figura 2-5.

Figura 2-12: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood).



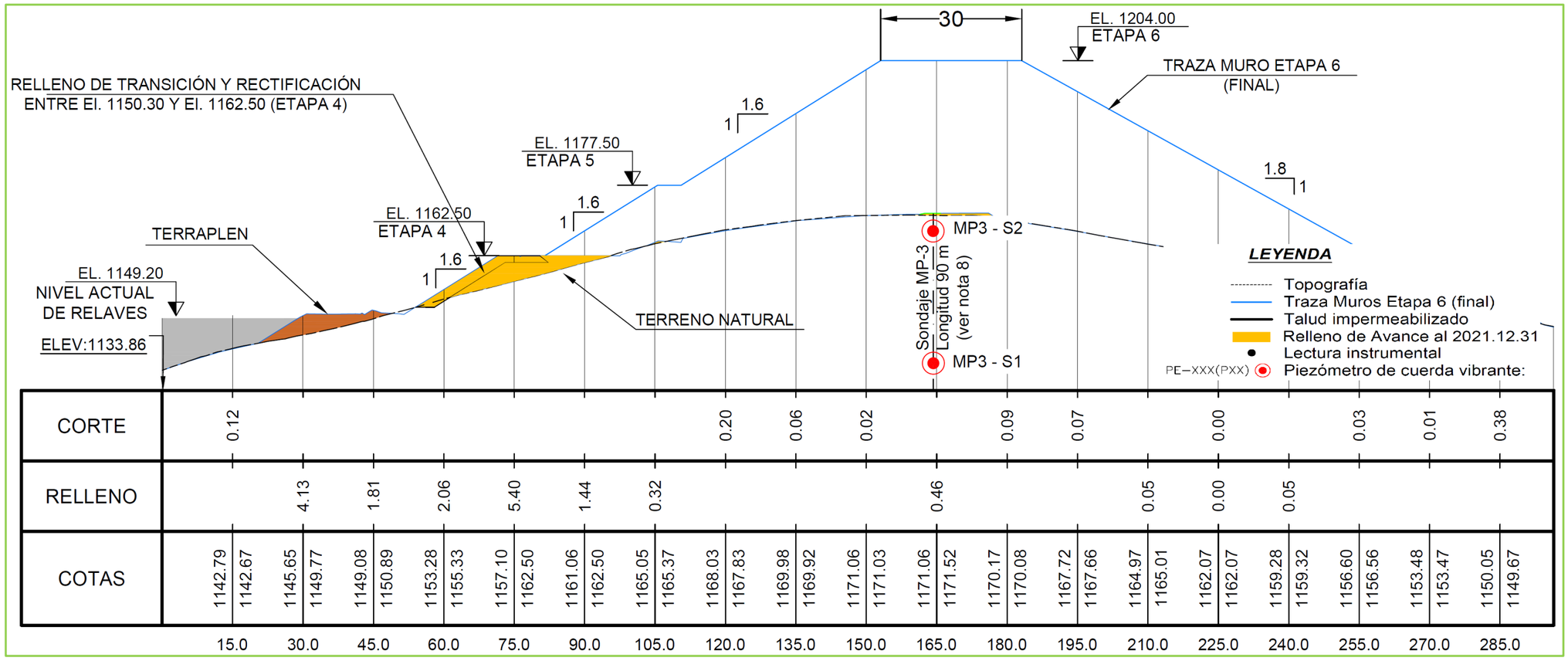
Nota emplazamiento: este muro se ubica entre el estribo sur del MO(S) y el estribo oriente del MS (ver Figura 2-5).

Figura 2-13: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood)



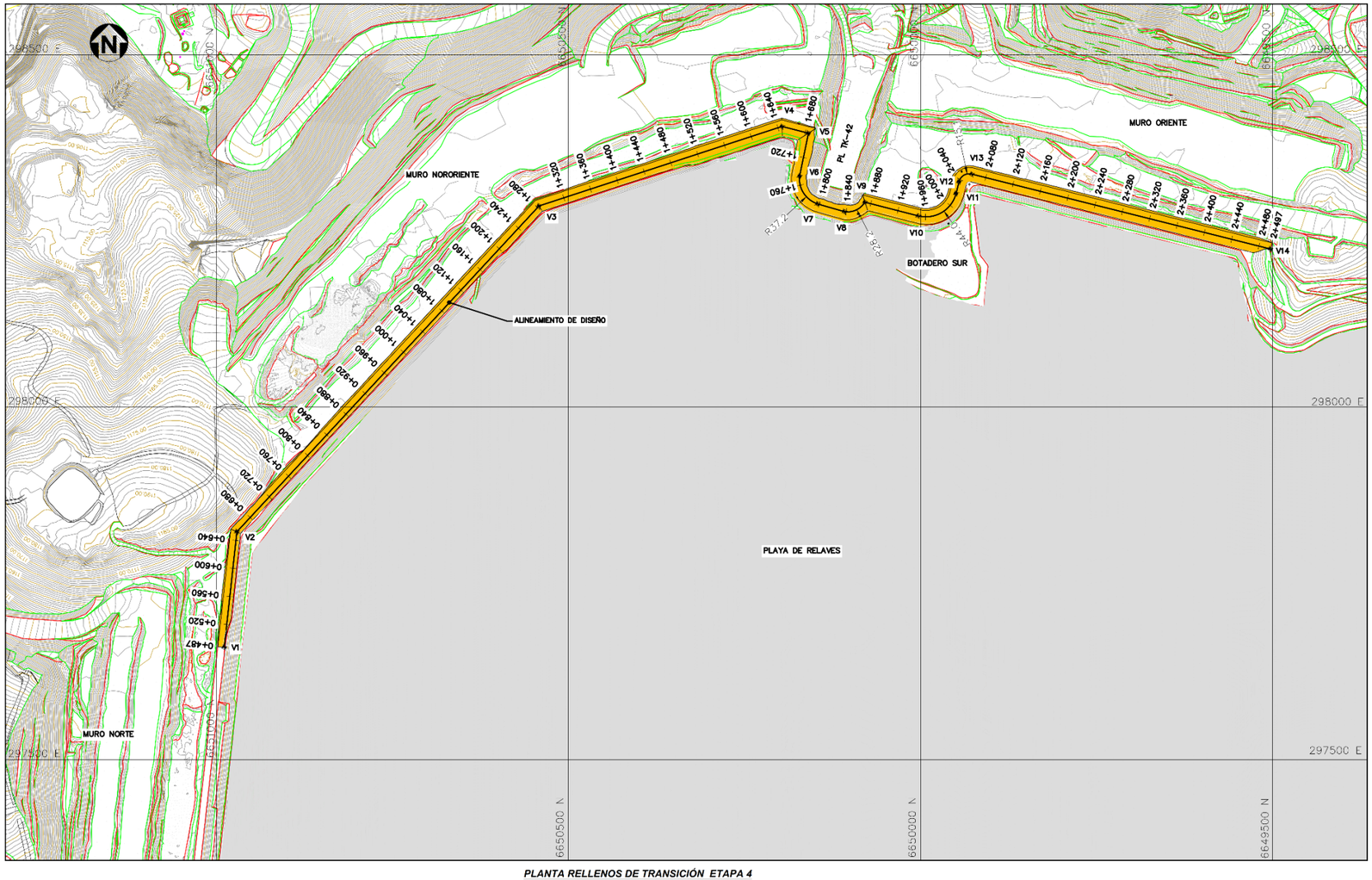
Nota: Se impermeabiliza con Geomembrana la cara completa del talud aguas arriba, hasta la Etapa 6 inclusive.

Figura 2-14: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de diciembre de 2021 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0075, GA 2021.Q4, Wood)



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

Figura 2-15: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2021, Etapa 4 Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, Wood)



CUADRO DE COORDENADAS VERTICES Y TALUDES MUROS ETAPA 4					
MURO NORTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V1	6.650.988,75	297.659,24	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V2	6.650.970,71	297.823,16	1.162,50		
MURO NORORIENTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V2	6.650.970,71	297.823,16	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V3	6.650.541,79	298.285,49	1.162,50		
V4	6.650.196,65	298.398,20	1.162,50		
V5	6.650.159,16	298.388,85	1.162,50		
BOTADERO SUR				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V5	6.650.159,16	298.388,85	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V6	6.650.171,71	298.327,78	1.162,50		
V7	6.650.145,99	298.288,32	1.162,50		
V8	6.650.108,06	298.277,46	1.162,50		
V9	6.650.078,93	298.290,89	1.162,50		
MURO ORIENTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V9	6.650.078,93	298.290,89	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V10	6.650.003,13	298.271,41	1.162,50		
V11	6.649.949,54	298.303,15	1.162,50		
V12	6.649.945,29	298.319,81	1.162,50		
V13	6.649.927,11	298.330,65	1.162,50		
V14	6.649.503,15	298.224,41	1.162,50		

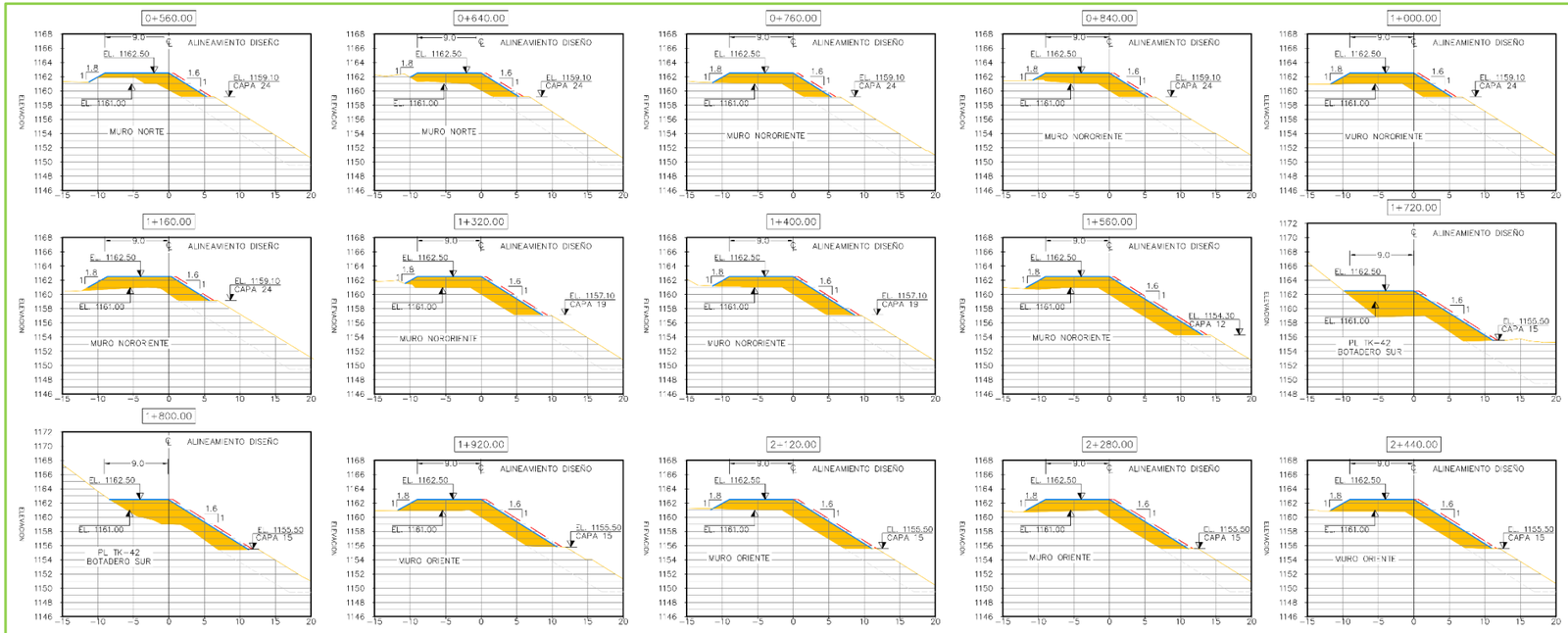
SIMBOLOGIA
- *Topografia curvas de nivel*
- *Playa de relaves*
- *Rellenos de transición proyectados*

PLANTA RELLENOS DE TRANSICIÓN ETAPA 4
Escala 1 : 6000

NOTAS

1. Topografía base a marzo 2021
2. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56, huso 19.
3. Dimensiones y elevaciones en metros [m].

Figura 2-16: TMF - Relleno de Transición Construido durante 2021, Etapa 4 Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Perfil Longitudinal y Secciones(ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000, Wood)

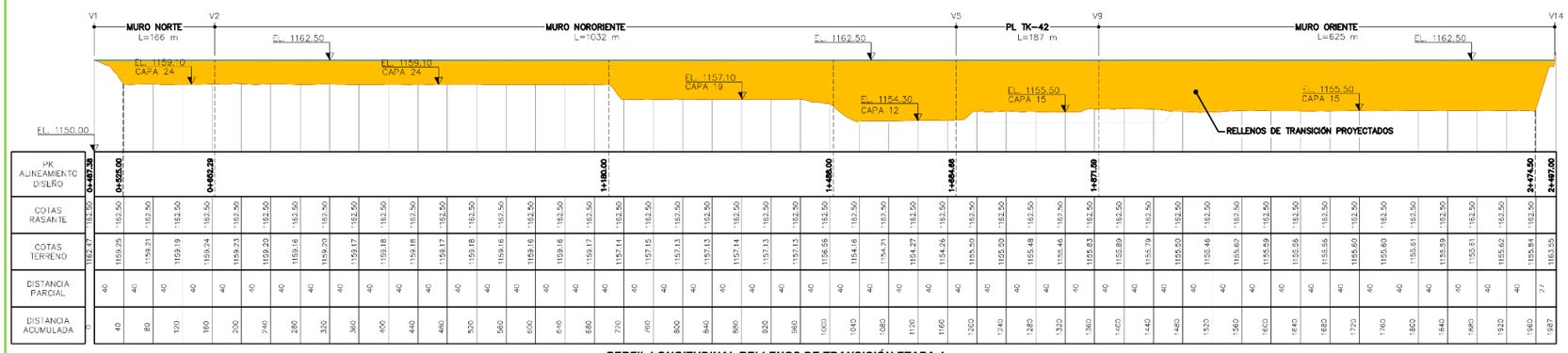


SECCIONES TRANSVERSALES RELLENOS DE TRANSICIÓN ETAPA 4
Escala 1:700

SIMBOLOGIA
- *Traza de diseño transición*
- *Sobre ancho de construcción (0,65 m, min.)*
- *Rellenos de transición proyectados*

NOTAS

1. Topografía base al 2020.11.03
2. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56, H19.
3. Dimensiones y elevaciones en metros [m].
4. Los rellenos deberán ser compactados hasta alcanzar una densidad de 1,8 t/m3 en capas horizontales de espesor 40 cm +-5 cm. Tmax. de 50% del espesor de la capa PT #200 >15%, humedad de compactación +2% (según PM).
5. Para referencia de secciones y perfil longitudinal ver plano N° E40221-6000-DT00-PLN-0005.000.



PERFIL LONGITUDINAL RELLENOS DE TRANSICIÓN ETAPA 4

Cuadro de Cubicación RELLENOS DE TRANSICIÓN	
Muro	**Volumen [m3]**
Muro Norte	2.750
Muro Nororiente	31.200
PL TK-42	8.750
Muro Oriente	24.650
Total	**67.350**

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Material tipo transición:
- Tamaño máximo Tmax. 8" (20 cm).
- Contenido de finos PT #200 (0,074 mm) >15%.
- Limite liquido <50% (plasticidad baja o intermedia).

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, 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. 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^3 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 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, 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 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 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, 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 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 2022, y que se presentan en los Anexos C1 a C7, los cuales a partir del próximo periodo, serán recolectados en el frente de inspección, mediante Ipad y/o Tablet destinados, 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; y
- Actualización del Balance de Agua.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de 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 2022, 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 y/o Tablet destinados.

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 Wood realiza una inspección trimestral que incluye:

- Nivelación de los monolitos para control de asentamientos en todos los muros; y
- Rescate de los datos almacenados en los acelerógrafos del MNO y del BS.

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, Wood, Santiago de Chile, realiza una inspección anual denominada:

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

Debido a motivos de fuerza mayor, tal como se indicó anteriormente el Sr. Luis González Caro realizó su visita con una semana de anticipación, siendo reemplazado durante la visita formal por el Sr. Marco Barrientos Reyes, Ingeniero de Relaves, Wood Santiago, Chile, EoR subrogante de la TMF y gerente del proyecto E40221 denominado “Ingeniero de Registro y CQA Construcción, Depósito de Relaves Teck CdA”, vinculado al contrato CDA-009-20, de Compañía Minera Teck CdA.

El detalle de los hallazgos relativos al inspección AFPR 2022, 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.

Se deja establecido que, a partir de la publicación del GISTM en agosto de 2020, Teck ha definido que para la TMF Teck CdA, el DSR deberá realizarse de manera trianual, por lo que se adelanta la próxima revisión para el año 2022, y se programarán las siguientes cada tres (3) años.

2.5.7. En tiempo real

Teck CdA se encuentra en etapa de 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 deberá estar totalmente implementado en Teck CdA para fines del año 2022.

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 2-17). 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 y/o Tablet destinados. 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, Wood;
- Lluvia > 20 mm/d;
- Viento fuerte;

- Explosión; y
- Otra condición inusual (por ejemplo, nieve).

Durante el período se realizaron dos (2) inspecciones post evento, posteriores a los sismos magnitud 4,3 (Mw) del día 21 de junio de 2021 y magnitud 4,8 (Mw) del día 04 de noviembre de 2021, ver capítulo 8.3.1.2.

Figura 2-17: Ficha de Inspección Post Evento (ref. manual OMS_R5, Wood).

Ficha de Inspección Post Evento

Teck wood. Hoja _1_ de _2_

Situación Depósitos de Relaves

Empresa:	Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo				Coordenadas	Este:	297.500
Nombre de Faena:	Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo					Norte:	6.650.000
Nombre,RUT,Email y Dirección del Representante Legal	Manuel Ronaldo Novoa Villegas; 9.516.897-3;					Datum:	PSAD 56
Camino a Chepiquilla S/N, Andacollo; manuel.novoa@teck.com					Telefono contacto:		
Nombre del depósito de relaves:	Depóstio Relaves Carmen de Andacollo				Fecha:		
Ubicación (región, provincia,comuna)	Coquimbo, Elqui, Andacollo				Altura Muro:		(m)
Tipo de depósito:	X Embalse		Tranque		Filtrado	Espesado	Cota muro de partida: 1.075,00 (m.s.n.m)
Activo	X Si		No				Angulo de talud externo: 1,8 grados
Método de Construcción	Aguas arriba	X	Aguas Abajo		Eje Central		Pendiente muro (H:V): 1,6 / 1

ESTADO GENERAL DEL DEPÓSITO DE RELAVES

Muro							
Estado de saturación	Seco		Húmedo		Saturado		
Carcavas	Si		No	Profundidad	(m)	Foto	Foto
				Largo:	(m)		
Impermeabilización aguas arriba muro	Si		No	HDPE espesor (mm):			
				Detalle:	de cada muro		
Altura de revancha de cada muro	Cumple		No cumple	Muro1 (MN):	(m)		
	Cumple		No cumple	Muro2 (MNO):	(m)	Foto	Foto
	Cumple		No cumple	Muro3 (BS):	(m)		
	Cumple		No cumple	Muro4 (MO):	(m)		
Pie del Talud	normal		Socavamiento				
Estado Coronamiento	Seco		Saturado	Ancho:	(m)	Foto	Foto
Observaciones:(presencia de grietas,erosión,filtraciones,carcavas,etc)							
Laguna de Aguas Claras							
Ubicación respecto al muro	< 100 mts		> 100 m		metros	Foto	
Area de la Laguna:	(m^2)						
Longitud playa :	(m)						
Funcionamiento Bombas	Normal		Sin Funcionar				
Observaciones (Sistema eléctrico Normal / Generador - Agua Sobrenadante):							

Ficha de Inspección Extraordinaria

Teck wood. Hoja _2_ de _2_

Situación Depósitos de Relaves

Drenes

Funcionamiento		Normal		< normal		> a lo normal
Agua de drenaje:		Clara		Semiturbia		turbia
Observaciones						

Foto

Piezómetros

Tipo de piezometro		Cuerda vibrante		Casagrande		
Cantidad		C. Vibrante		Casagrande		
Estado		Operativo		No Operativo		
Cota del Nivel freatico:	(m.s.n.m)					
Piezometro P1 (PE-003):		Piezometro P2 (PE-004):		Piezometro P3 (PE-005):		
Piezometro P4 (PE-006):		Piezometro P5 (PE-019):		Piezometro P6 (PE-020):		
Piezometro P7 (PE-010):		Piezometro P8 (PE-009):		Piezometro P9 (PE-009A):		
Piezometro P10 (PE-015):		Piezometro P11 (PE-016):		Piezometro		

Foto

Control Sismográfico

Acelerografo (unidad)		Celdas de asentamiento		Placas de corrimiento	

Otra Obras

Vertedero de emergencia		Normal		Con sedimento		Relleno
Canal de contorno		Normal		Con sedimento		Relleno
Piscina de emergencia		Normal		Con sedimento		Relleno
Sistema de bombeo		Operativo		No Operativo		
Situación de cauces		Alejado del muro				Cercano al muro

Foto

Distancia Peligrosa

Distancia (km)

Plano hoya hidrográfica afectada por la trayectoria más probable del relave en caso de fallar el depósito:

Plano

Estimación del % de humedad del muro %
(en tres puntos 1/3 y 2/3 de la altura del muro)

Nombre Responsable Minera: Manuel Novoa Villegas

Firma

3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2020

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, ver Figura 3-3, nota 5.

Durante el año 2021 se registró una precipitación acumulada de 18,7 mm, lo que equivale a un 74% menos que el año 2020 y representa un 13 % de 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 1.970 mm para los mismos 12 meses (5,40 mm/día en promedio) lo que equivale a un 13% más que el año 2020 y a un 14% más 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).

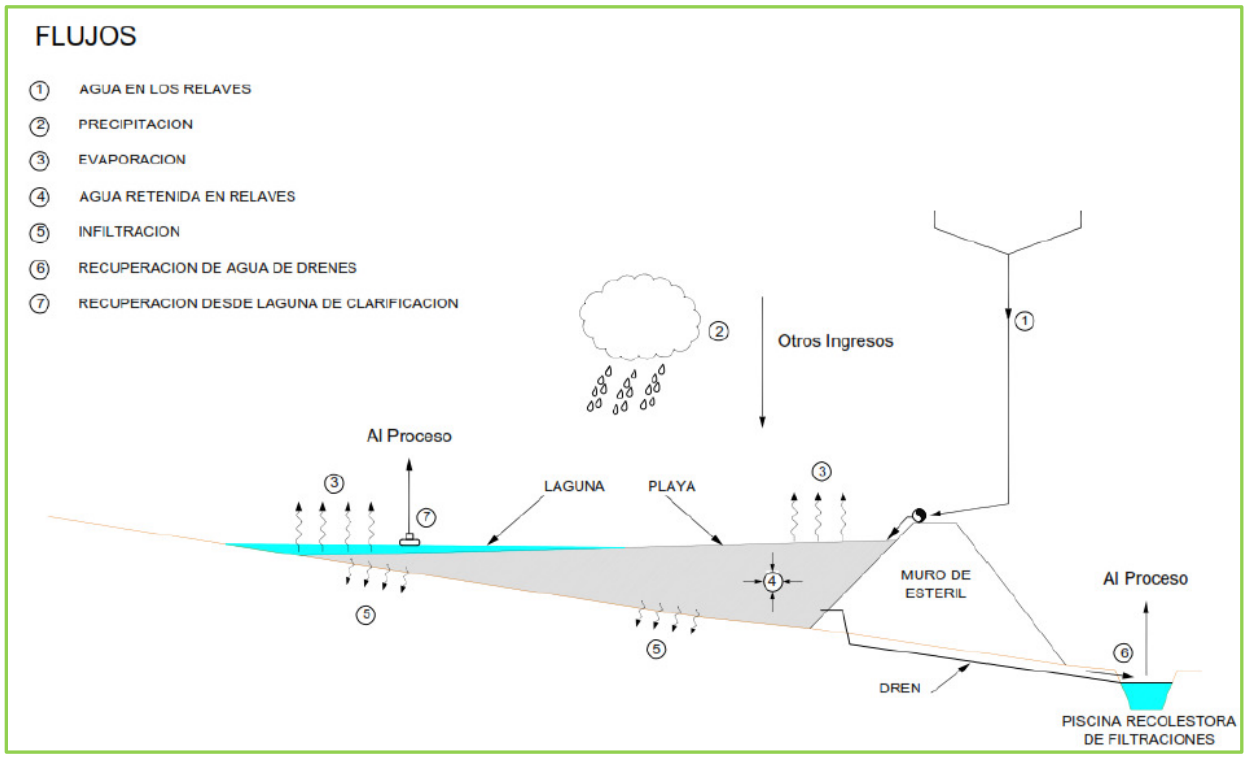


Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2021 (Histórico 1 de 2) (ref. Balance Operacional de Faena para el Depósito de Relaves, Teck CdA).

AÑO 2010	[m3/mo]												[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		467.559	535.663	632.384	747.667	570.103	623.815	855.936	919.752	1.134.082	710.980	826.937	8.024.870
Precipitaciones		275	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
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
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
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
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
Otras Entradas		137.500	170.500	165.000	170.500	168.000	186.000	586.000	660.000	527.000	510.000	516.500	3.797.000
Balance	282.990	101.473	386.429	597.001	693.602	909.582	1.005.147	1.179.074	1.412.598	1.333.442	1.452.060	1.405.523	

AÑO 2011	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	Total
Agua en Relaves	957.564	889.789	964.064	845.443	858.115	777.586	802.520	950.917	839.987	960.185	809.684	847.182	10.503.034
Precipitaciones	0	912	2.444	1.228	308	459.819	101.634	19.594	0	42.282	0	0	628.220
Agua Evaporada	155.237	71.607	90.468	103.070	98.799	41.146	41.476	63.710	119.457	125.377	153.253	171.567	-1.235.166
Agua Infiltrada	52.300	50.860	60.443	62.851	68.882	68.737	71.662	74.793	83.431	90.347	85.344	86.582	-856.232
Agua Retenida en Relave	532.093	431.225	465.466	426.677	423.914	380.543	363.515	465.908	419.242	425.720	357.406	396.706	-5.088.413
Agua en Drenes	13.828	12.489	13.787	13.884	29.755	29.799	36.488	36.488	35.354	38.521	41.864	40.178	-342.433
Agua Recuperada	830.934	762.122	752.945	723.875	704.033	533.960	548.173	748.945	658.463	864.996	623.216	642.236	-8.393.897
Otras Entradas	511.500	462.000	511.500	495.000	467.500	375.000	387.500	471.500	483.000	589.000	570.000	589.000	5.912.500
Balance	1.290.195	1.314.594	1.409.492	1.420.805	1.421.346	1.979.567	2.209.908	2.262.076	2.269.116	2.315.623	2.434.222	2.533.137	

AÑO 2012	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	Total
Agua en Relaves	1.071.241	925.981	1.025.212	1.086.109	1.026.040	1.029.501	1.040.444	1.216.241	1.201.764	1.011.808	1.143.405	1.104.322	12.882.068
Precipitaciones	630	0	0	937	312	1.555	930	34.070	3.091	1.848	2.756	0	46.128
Agua Evaporada	167.203	151.663	132.133	60.432	64.922	57.029	57.990	49.455	91.122	122.576	131.680	163.140	-1.249.343
Agua Infiltrada	83.475	75.110	76.584	70.181	68.773	62.549	59.330	55.996	50.190	46.512	40.030	34.710	-723.439
Agua Retenida en Relave	444.930	365.341	377.319	429.707	390.415	415.372	401.153	456.251	477.188	327.876	474.459	407.862	-4.967.911
Agua en Drenes	12.129	11.336	12.982	14.088	16.243	17.457	19.951	22.013	17.441	15.643	14.974	15.336	-189.592
Agua Recuperada	786.654	806.215	898.310	986.632	945.110	983.705	958.255	967.196	1.120.919	891.490	1.034.769	973.927	-11.353.183
Otras Entradas	325.500	304.500	325.500	315.000	325.500	315.000	294.500	263.500	225.000	204.600	171.000	148.800	3.218.400
Balance	2.436.117	2.256.934	2.110.319	1.951.325	1.817.715	1.627.659	1.466.854	1.429.754	1.102.749	916.909	538.117	196.265	

AÑO 2013	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	Total
Agua en Relaves	1.091.059	962.604	1.028.319	1.034.041	884.119	1.078.903	1.145.855	1.094.919	1.160.077	997.219	1.237.636	1.262.696	12.997.446
Precipitaciones	150	0	0	157	303.110	6.316	30.268	182.263	0	126	0	0	522.389
Agua Evaporada	98.890	82.877	95.988	69.995	59.302	65.053	49.310	109.880	105.499	147.244	175.266	197.268	-1.255.571
Agua Infiltrada	18.202	15.139	29.295	48.517	77.091	70.684	54.614	56.672	47.296	55.308	63.262	62.593	-598.693
Agua Retenida en Relave	429.002	363.881	400.461	401.555	344.391	446.096	463.162	442.381	407.867	399.330	468.992	484.613	-5.051.732
Agua en Drenes	15.358	13.866	15.324	14.860	15.454	15.042	15.584	15.548	15.053	15.596	15.511	16.218	-183.414
Agua Recuperada	694.150	403.276	443.531	468.802	538.477	819.525	927.665	942.804	729.482	623.483	672.809	629.556	-7.893.560
Otras Entradas	80.352	72.576	120.528	116.640	180.792	218.700	225.990	180.792	174.960	180.792	77.760	80.352	1.710.234
Balance	112.224	268.365	432.612	579.721	914.028	801.546	693.322	584.011	613.850	550.902	470.564	443.365	

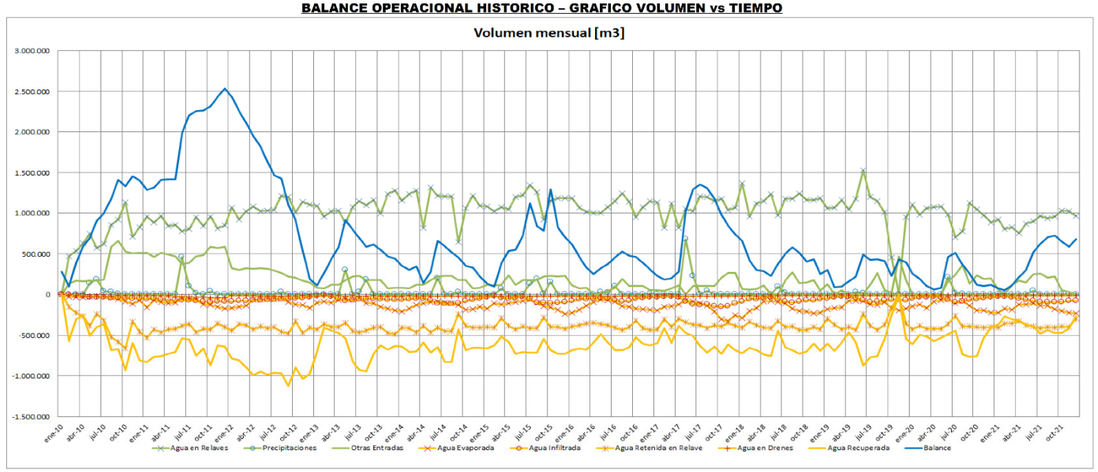
AÑO 2014	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	Total
Agua en Relaves	1.159.447	1.238.298	1.280.500	820.034	1.315.456	1.216.024	1.210.617	1.207.013	643.703	1.062.486	1.213.479	1.092.516	13.459.573
Precipitaciones	0	0	0	0	0	201.610	657	3.277	35.509	1.304	0	0	242.357
Agua Evaporada	207.753	169.196	127.070	103.786	90.821	87.483	99.765	108.464	132.008	185.581	182.218	153.592	-1.647.737
Agua Infiltrada	60.873	57.382	49.179	50.169	68.786	103.507	110.593	110.593	105.552	78.290	59.188	50.795	-904.907
Agua Retenida en Relave	407.752	414.360	467.785	383.247	464.700	402.395	447.613	447.613	236.277	385.533	403.993	407.383	-4.868.652
Agua en Drenes	16.440	14.704	16.534	15.873	16.558	16.185	16.944	16.944	16.490	17.093	16.562	17.311	-197.638
Agua Recuperada	636.372	703.536	699.650	591.182	715.245	645.689	827.201	827.201	427.392	681.674	650.619	653.097	-8.058.859
Otras Entradas	80.352	72.576	120.528	116.640	180.792	218.700	225.990	225.990	176.418	180.792	77.760	80.352	1.756.890
Balance	353.973	305.669	346.478	138.894	279.033	660.108	595.256	520.721	458.631	355.042	333.702	224.392	

AÑO 2015	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	Total
Agua en Relaves	1.081.128	1.024.276	1.076.531	1.047.668	1.203.759	1.219.349	1.347.149	1.258.805	922.968	1.158.918	1.185.053	1.184.465	13.710.068
Precipitaciones	0	0	75.793	0	0	0	133.075	193.820	13.152	154.801	0	0	570.641
Agua Evaporada	171.069	109.634	122.338	109.248	89.732	76.708	64.319	101.850	146.467	157.263	189.470	238.141	-1.576.238
Agua Infiltrada	36.009	22.170	39.128	45.743	39.086	29.260	55.782	99.579	102.238	106.539	97.135	89.566	-762.235
Agua Retenida en Relave	402.085	402.296	290.062	384.812	430.360	394.220	416.375	412.485	280.826	397.802	395.900	419.901	-4.627.125
Agua en Drenes	17.469	15.680	17.631	17.195	17.960	17.404	18.040	18.146	17.574	17.476	16.592	17.082	-208.250
Agua Recuperada	661.378	623.152	516.639	577.760	728.664	706.077	712.331	709.583	547.384	681.886	724.684	723.618	-7.913.156
Otras Entradas	120.528	108.864	120.528	237.168	120.528	174.960	180.792	180.792	218.700	225.990	218.700	225.990	1.288.882
Balance	138.039	98.245	385.297	535.376	553.861	724.501	1.118.669	845.635	784.831	1.297.412	825.608	706.978	

AÑO 2016	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	Total
Agua en Relaves	1.182.656	1.071.811	1.020.629	1.006.659	1.002.641	1.078.823	1.151.863	1.245.457	1.138.850	953.310	1.076.029	1.151.155	13.079.883
Precipitaciones	2.409	0	0	6.351	32.234	24.411	105.450	0	0	0	0	11.788	182.642
Agua Evaporada	225.390	187.284	134.105	90.851	62.609	69.371	81.463	142.514	148.957	170.703	180.757	185.056	-1.679.060
Agua Infiltrada	75.687	58.211	55.823	49.500	40.056	46.760	66.912	66.506	77.146	51.354	42.152	35.648	-685.754
Agua Retenida en Relave	393.498	378.612	354.632	345.859	358.811	377.916	407.843	432.588	401.476	319.365	410.169	433.016	-4.613.785
Agua en Drenes	17.069	17.069	17.117	16.538	17.070	16.168	16.712	16.759	16.133	16.524	15.967	16.477	-199.603
Agua Recuperada	680.195	661.730	673.938	588.916	487.603	586.084	682.957	685.368	648.431	520.828	603.552	622.085	-7.441.667
Otras Entradas	112.995	79.279	84.746	0	0	43.760	84.785	190.766	102.563	105.981	102.563	52.991	960.428
Balance	613.198	461.381	331.142	252.488	321.213	371.909	458.120	530.609	479.878	460.394	386.409	310.062	

AÑO 2017	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	Total
Agua en Relaves	1.133.100	818.198	1.117.568	817.662	1.054.837	1.027.308	1.210.264	1.202.218	1.148.747	1.176.194	1.039.378	1.069.928	12.815.402
Precipitaciones	0	0	0	0	682.135	231.330	3.740	46.388	0	0	0	0	963.593
Agua Evaporada	195.932	148.053	144.832	123.807	70.782	82.432	104.829	135.291	208.146	301.966	322.214	254.009	-2.092.293
Agua Infiltrada	31.894	24.138	25.811	35.912	85.045	122.010	130.116	124.519	143.860	148.643	142.158	107.989	-1.122.094
Agua Retenida en Relave	425.227	306.304	400.497	297.215	343.086	370.239	378.896	414.528	378.281	390.367	344.519	386.444	-4.435.601
Agua en Drenes	16.207	14.875	16.810	16.044	16.658	16.198	16.407	16.150	15.604	15.663	16.465	16.500	-193.581
Agua Recuperada	596.146	415.025	594.331	386.033	470.384	507.665	631.578	709.554	635.764	724.965	613.576	683.828	-6.968.850
Otras Entradas	52.991	47.863	79.486	115.383	0	103.845	107.306	107.306	103.845	207.689	266.534	268.265	1.460.511
Balance	230.748	188.413	203.185	277.219	1.028.237	1.292.176	1.351.659	1.307.530	1.178.467	980.747	847.727	737.150	

BALANCE OPERACIONAL HISTORICO – GRAFICO VOLUMEN vs TIEMPO



AÑO 2018	[m3/mo]												[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	1.177.053	1.245.097	1.162.493	1.163.760	1.184.444	13.913.603
Precipitaciones	0	0	0	0	0	99.923	24.347	0	990	0	0	0	125.260
Agua Evaporada	287.979	205.006	166.003	86.952	74.835	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	331.286	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	16.499	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	115.383	0	0	171.690	274.703	144.240	149.048	180.300	46.578	1.276.650
Balance	660.988	418.745	305.030	289.586	230.931	373.373	500.142	582.153	516.037	406.474	430.204	248.410	

AÑO 2019	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sept-19	oct-19	nov-19	dic-19	Total
Agua en Relaves	1.060.664	1.066.420	1.165.046	1.043.551	1.180.027	1.525.708	1.201.194	1.149.676	1.010.354	452.633	0	955.614	11.810.888
Precipitaciones	0	0	1.579	0	33.483	19.091	0	0	5.926	0	0	0	60.080
Agua Evaporada	-176.181	-166.647	-158.652	-80.642	-74.547	-73.928	-117.723	-129.054	-95.347	-165.368	-196.696	-175.148	-1.609.934
Agua Infiltrada	-49.916	-36.063	-28.750	-28.631	-40.776	-70.875	-92.786	-86.427	-73.171	-63.592	-60.879	-73.634	-705.500
Agua Retenida en Relave	-297.142	-367.637	-427.326	-394.949	-436.961	-237.954	-385.107	-432.021	-365.787	-167.698	0	-358.239	-3.870.821
Agua en Drenes	-13.746	-12.541	-13.797	-13.306	-13.587	-13.191	-13.662	-13.359	-12.822	-13.373	-13.020	-13.338	-159.743
Agua Recuperada	-601.263	-692.583	-585.145	-464.106	-589.928	-874.365	-773.625	-754.454	-542.956	-249.869	0	-541.640	-6.669.934
Otras Entradas	128.088	0	56.344	0	0	0	116.444	267.821	56.344	24.416	472.505	174.800	1.296.760
Balance	298.914	89.863	99.163	161.082	218.794	493.279	428.013	430.195	412.735	229.883	431.792	400.206	

AÑO 2020	[m3/mo]												Total
Entrada / Salida	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sept-20	oct-20	nov-20	dic-20	[m3/año]
Agua en Relaves	1.104.366	977.579	1.058.416	1.074.086	1.085.993	984.251	704.249	774.635	1.125.796	1.047.702	974.904	883.412	11.795.389
Precipitaciones	0	0	0	0	0	212.314	15.235	9.723	0	0	0	0	237.273
Agua Evaporada	-141.282	-118.978	-166.605	-83.614	-72.506	-58.712	-106.081	-74.261	-133.556	-197.393	-194.965	-222.507	-1.570.458
Agua Infiltrada	-49.775	-33.956	-32.670	-29.909	-30.478	-63.645	-89.268	-80.962	-61.284	-53.802	-43.116	-35.685	-604.268
Agua Retenida en Relave	-427.272	-386.353	-419.756	-417.931	-418.388	-364.900	-257.871	-388.683	-392.656	-396.231	-407.122	-397.844	-4.675.008
Agua en Drenes	-13.401	-12.298	-13.115	-12.741	-12.614	-12.310	-12.725	-12.838	-12.136	-12.376	-12.159	-12.245	-150.957
Agua Recuperada	-610.934	-492.649	-517.620	-570.933	-531.098	-487.181	-439.906	-736.489	-765.677	-759.836	-528.909	-397.116	-6.838.348
Otras Entradas	0	0	0	0	0	165.360	240.289	360.433	130.802	236.534	194.568	201.054	1.529.041
Balance	261.909	195.254	103.904	63.163	84.072	459.250	513.172	364.711	256.000	120.598	103.800	122.870	

AÑO 2021	[m3/mo]												Total
Entrada / Salida	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sept-21	oct-21	nov-21	dic-21	[m3/año]
Agua en Relaves	920.111	807.457	829.216	758.410	869.498	902.062	964.952	933.962	957.808	1.031.453	1.064.725	970.180	11.009.835
Precipitaciones	0	0	0	982	984	46.751	2.677	6.046	0	5.022	0	0	62.461
Agua Evaporada	-221.319	-175.278	-183.801	-123.380	-120.917	-108.640	-134.829	-135.832	-178.112	-203.913	-224.538	-227.985	-2.038.545
Agua Infiltrada	-26.690	-24.372	-35.445	-46.730	-61.761	-76.714	-88.300	-92.690	-89.294	-89.008	-77.949	-76.319	-785.270
Agua Retenida en Relave	-403.483	-353.105	-357.171	-327.219	-373.111	-389.085	-413.879	-396.467	-404.813	-391.161	-412.103	-294.616	-4.516.214
Agua en Drenes	-11.889	-10.802	-11.818	-11.524	-12.069	-11.447	-11.473	-11.386	-11.107	-11.127	-10.855	-11.149	-136.646
Agua Recuperada	-367.447	-267.167	-300.552	-319.680	-366.900	-391.641	-478.768	-433.728	-474.200	-468.374	-414.115	-268.424	-4.550.996
Otras Entradas	64.856	0	120.632	169.275	148.680	251.796	260.189	208.151	221.580	57.242	33.237	0	1.535.638
Balance	77.183	53.917	114.978	215.112	299.515	522.597	623.167	701.223	723.085	653.218	611.620	703.308	

Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2021 (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,

6.- Permeabilidad Terreno Natural: 4,6 x 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 x 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: Kt = 0,85,

9.- Para la Evaporación, Coeficiente de Laguna: Kl = 1,

10.- Para la Evaporación, Coeficiente de Playa: Kp = 0,26,

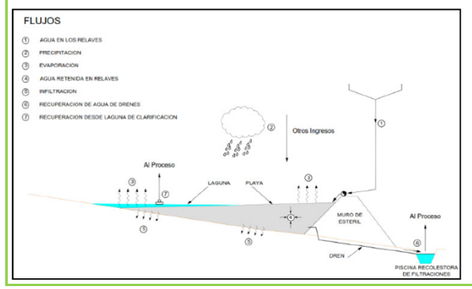
11.- Otras entradas: se refiere a otros ingresos de agua de proceso al embalse tales como agua de lavado de la línea de distribución y/o agua de dilución en el cajón de distribución de relave.

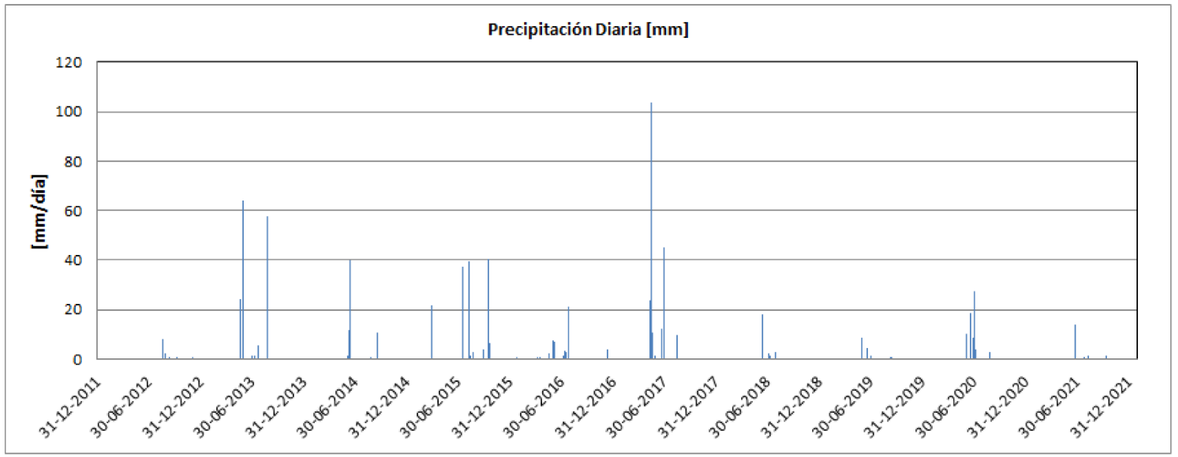
12.- La Infiltración del embalse se infiere indirectamente mediante la siguiente formula:

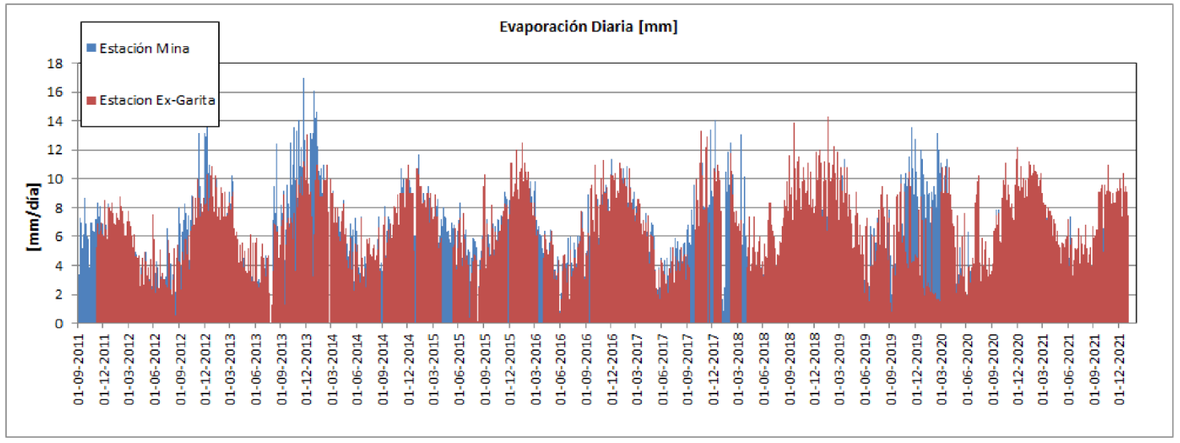
Infiltración [m^3/d] = P_{BL} * S_{lac} * 864 [s-m /cm-d]

donde:
S_{lac} : Superficie de Laguna [m^2];
P_{BL}: Permeabilidad Bajo Laguna= 4,6 x 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,







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***		

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

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, Wood), donde la PMP_{24h}= 444 mm, y la PMP_{3d} = 809 mm, valores que Wood considera conservadores.

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

	Etapa de crecimiento TMF			
	4	5	6	
Periodo retorno	Volumen [m3] Mínimo Embalse Disponible			Precipitación
	8.700.000	10.600.000	14.700.000	
[años]	Crecida			[mm]
$T_{50\,(24h)}$	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_{3d})	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^3), 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 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_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood).

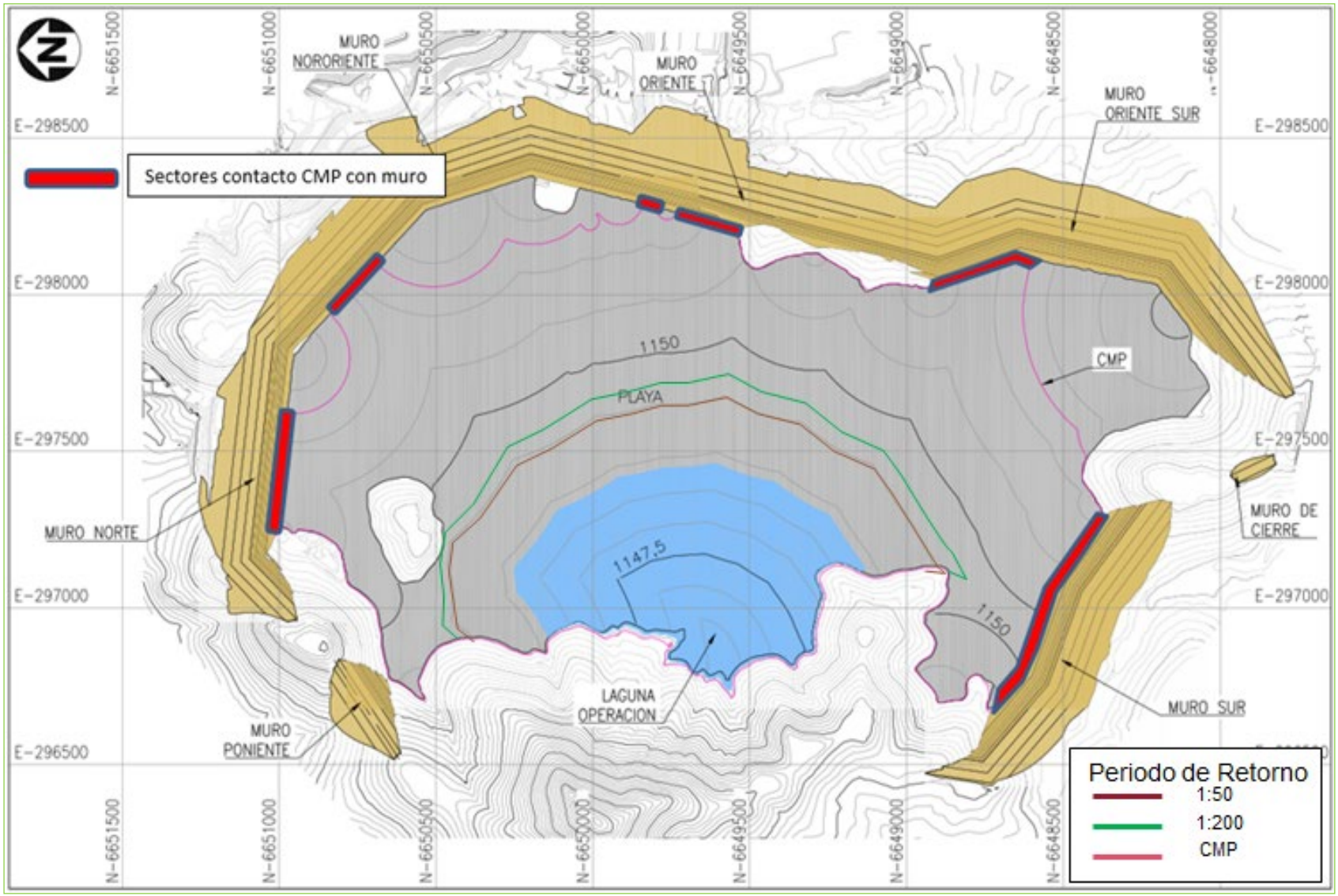


Figura 3-5: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood).

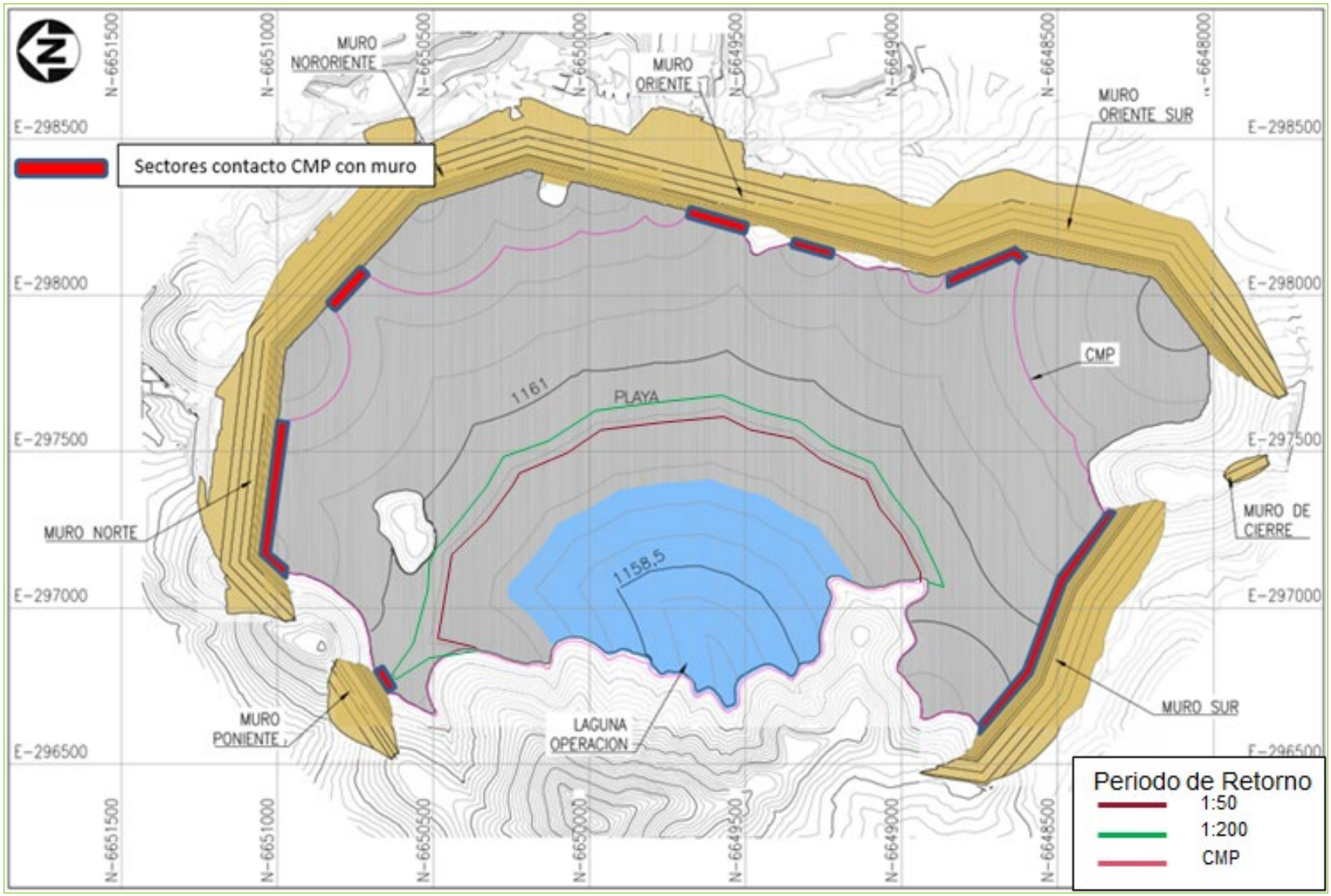


Figura 3-6: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, Wood).

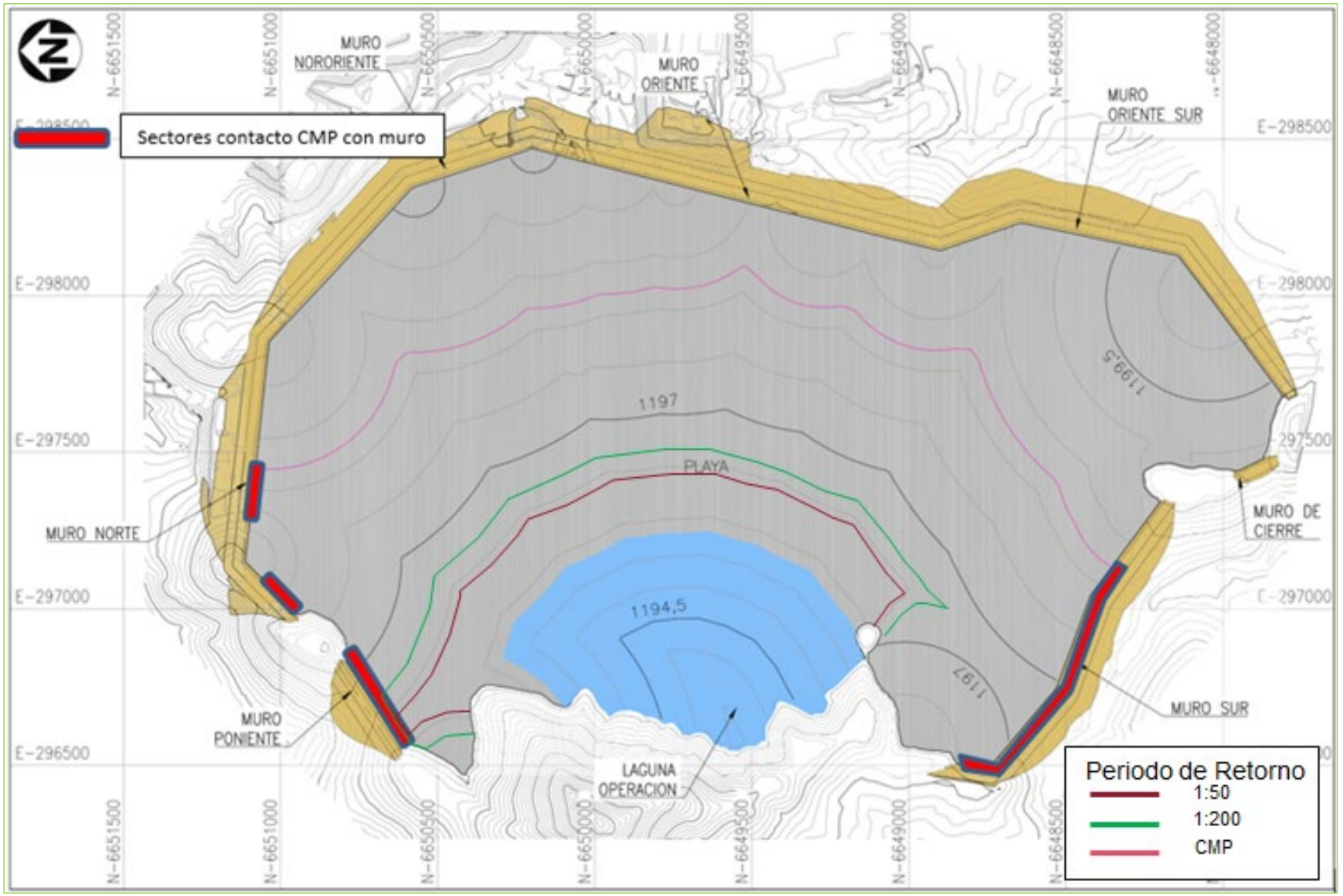
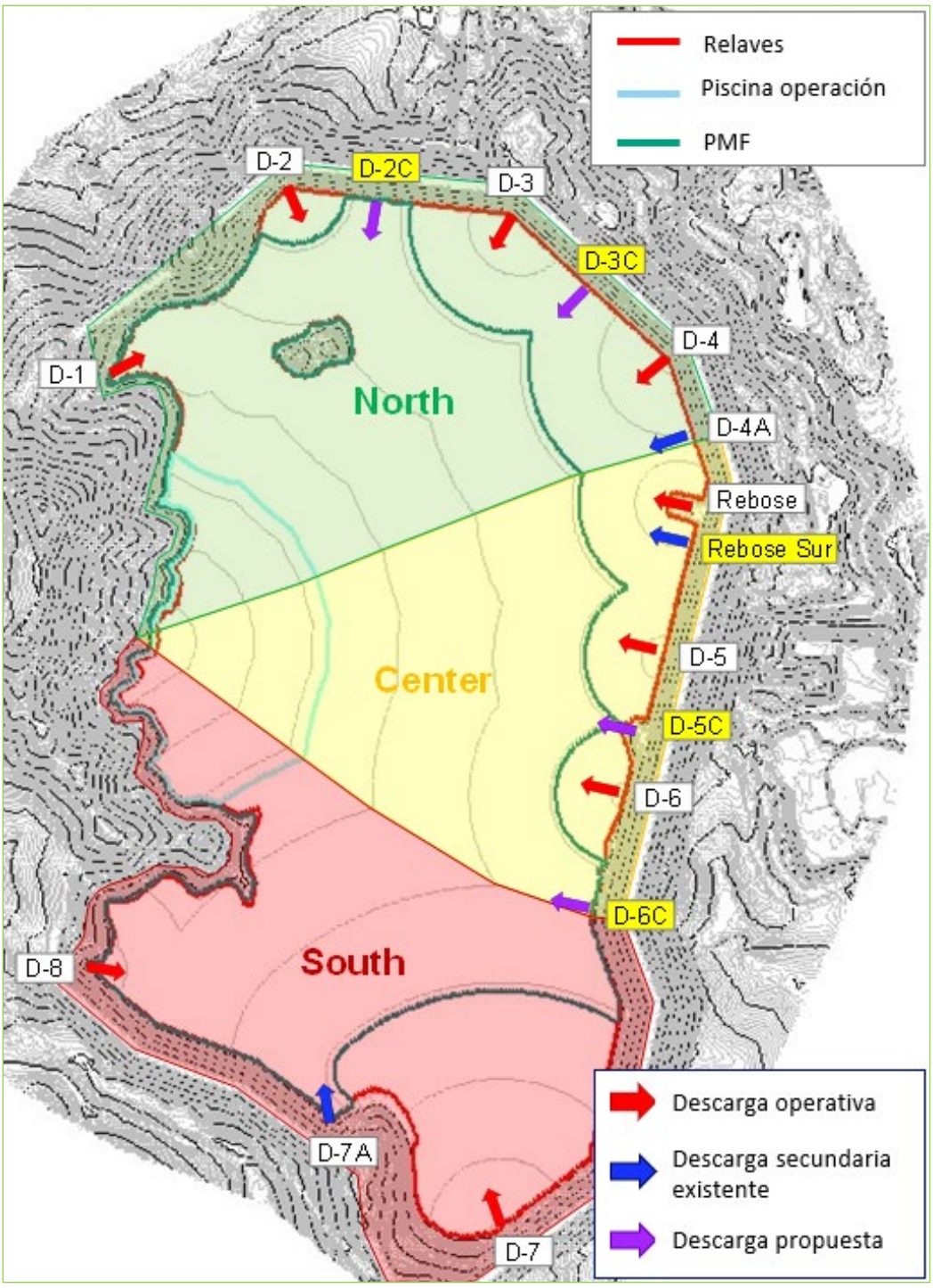
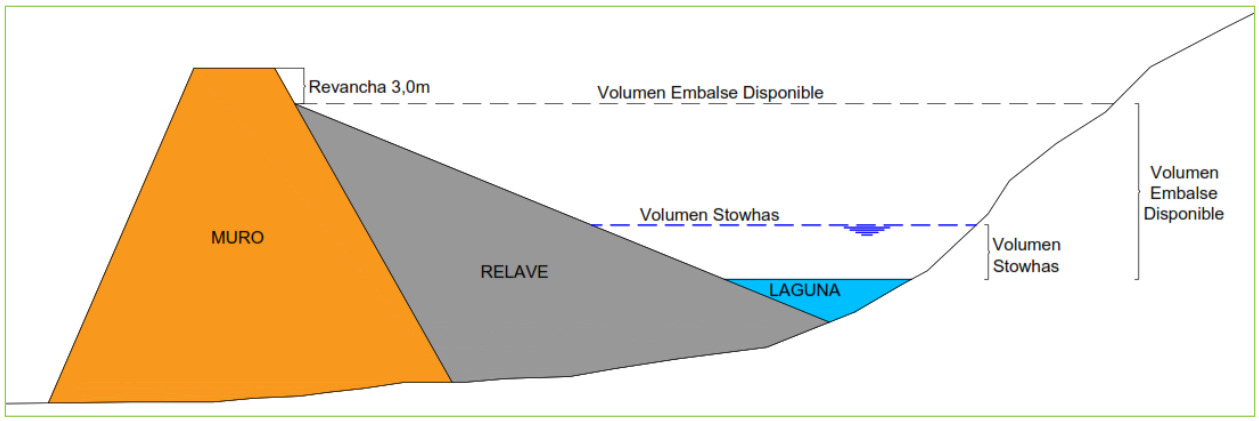


Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Actualización Plan de Llenado 2022, Wood).



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_{3d}, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3 para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Manejo de Crecidas 2019, 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.

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 3-09, 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, por 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 12,22 L/s hasta un máximo de 15,05 L/s. Se indica que al término del periodo el flujo total es de 13,28 L/s, es decir un 5 % más que le flujo total al término del periodo anterior. Según muestra la Figura 3-09, se puede apreciar un flujo decreciente finalizando el año 2021 en torno a 4,2 L/s, un 7% 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 año 2021.

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 el periodo anterior, para finalizar el año con una leve caída en el flujo, la que coincide con la mantención que se realizó del denominado CHQ Afloramientos (norte), durante la cual se limpiaron los sedimentos y vegetación que obstruían la cañería de descarga del punto de recolección, lo que modificó el patrón de drenaje del sector. Al término del periodo presenta un flujo constante en torno a los 4,65 L/s un 7% menor respecto del año 2020.

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 4,53 L/s, con un claro aumento en el caudal a partir de las labores de mantención del sector, descritas en el párrafo anterior, lo que en valores netos representa aproximadamente un aumento del 12 % en el flujo aforado. Cabe destacar que la captación de este afloramiento, la cual al momento de la visita a terreno para el ATFI 2021 para el periodo anterior (ahora AFPR) presentaba abundante humedad en sus inmediaciones, al momento de la presente visita a terreno se encuentra seco.

A diferencia del periodos anteriores, durante el periodo no se descargó agua de manera controlada desde la posición de la D3 hacia la TMF producto del dewatering de la mina. En opinión de Wood, 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, y la utilización permanente de las descargas del sector norte de la TMF (incluida la D3) durante el Q3 y Q4 del año 2021 podrían explicar también el aumento en el flujo medido en el sistema de aforo hacia el término del periodo, 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 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

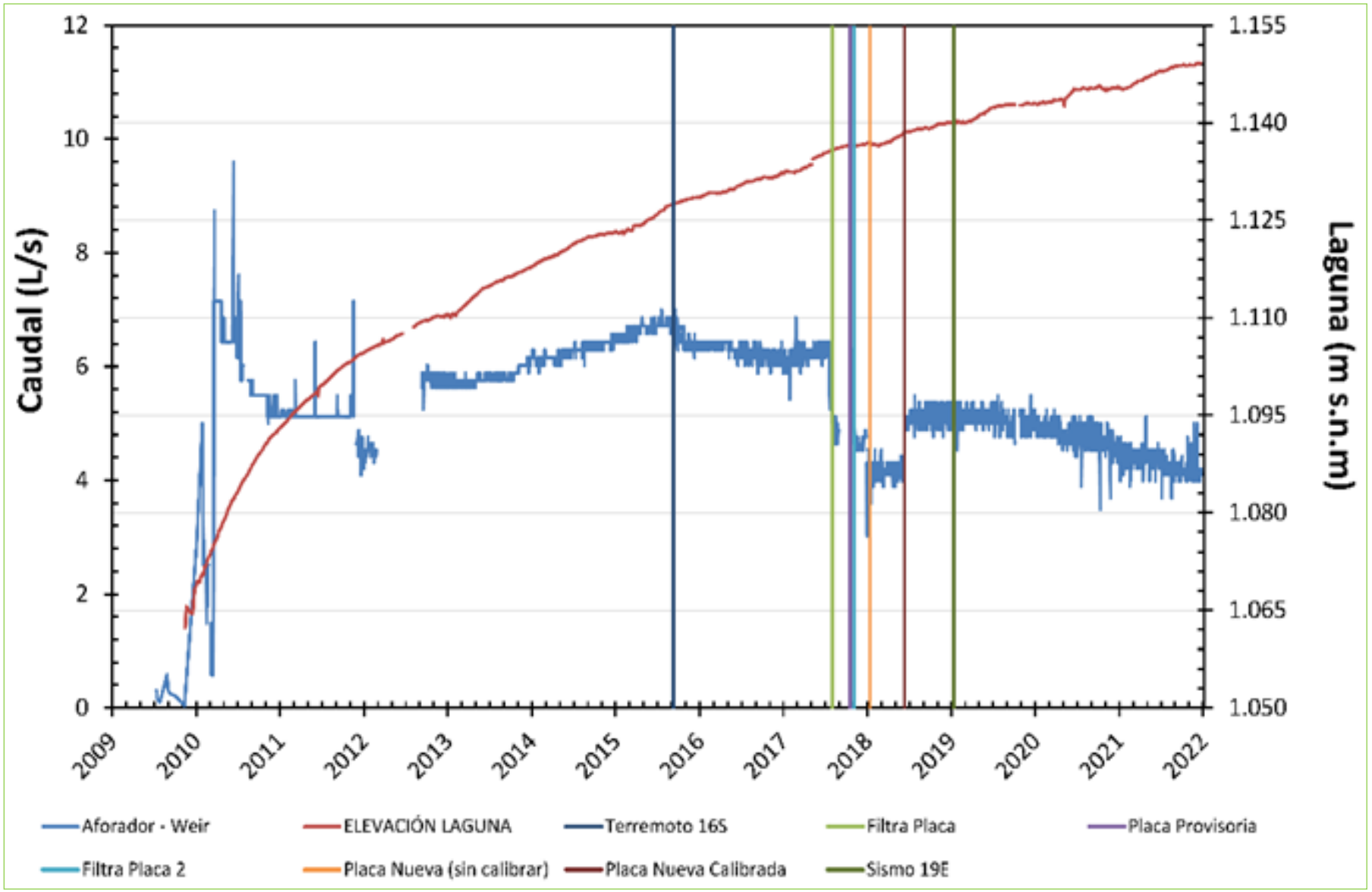


Figura 3-10: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (sur) (ex afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

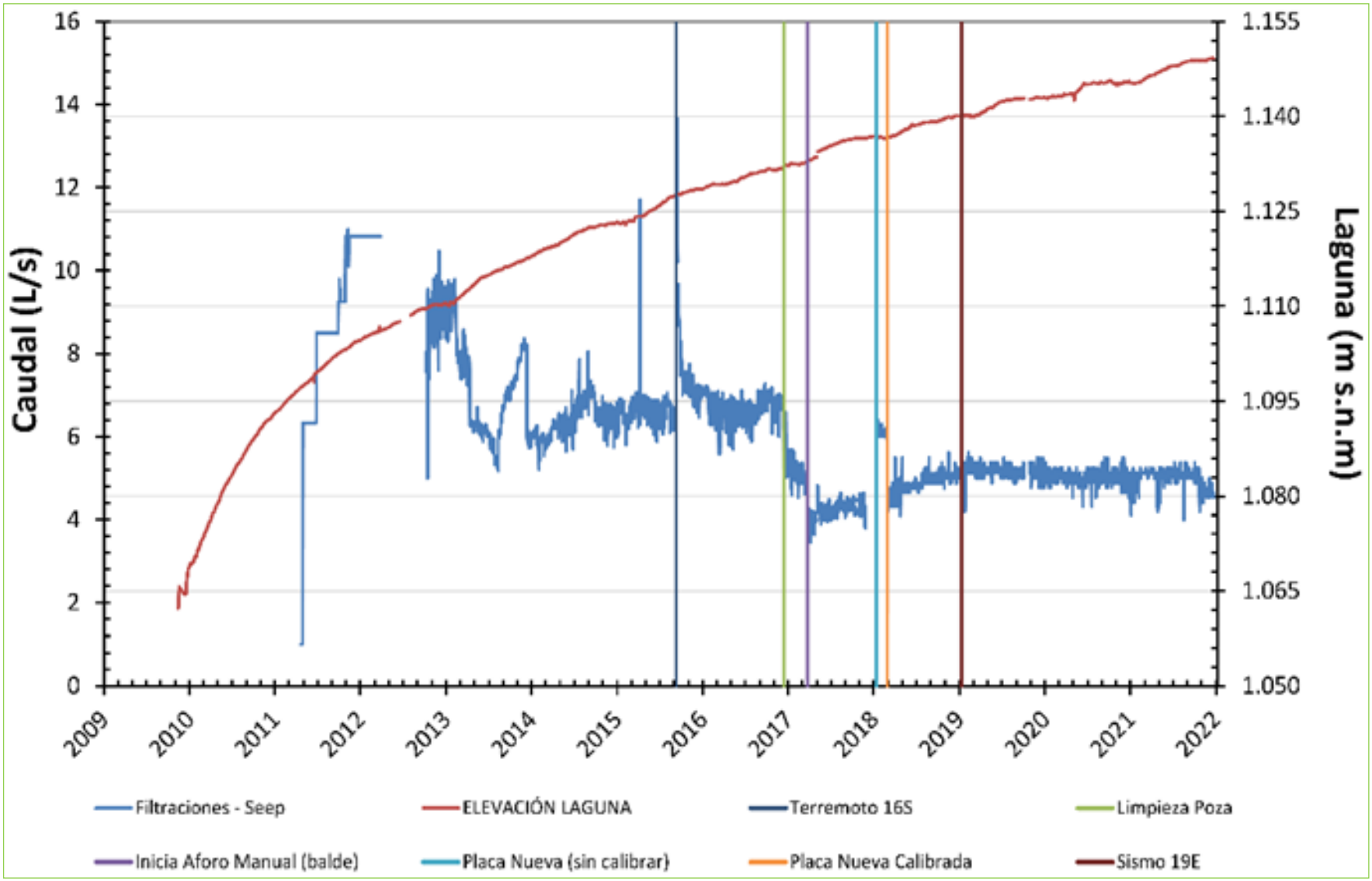


Figura 3-11: MNO, Caudal CHQ Afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

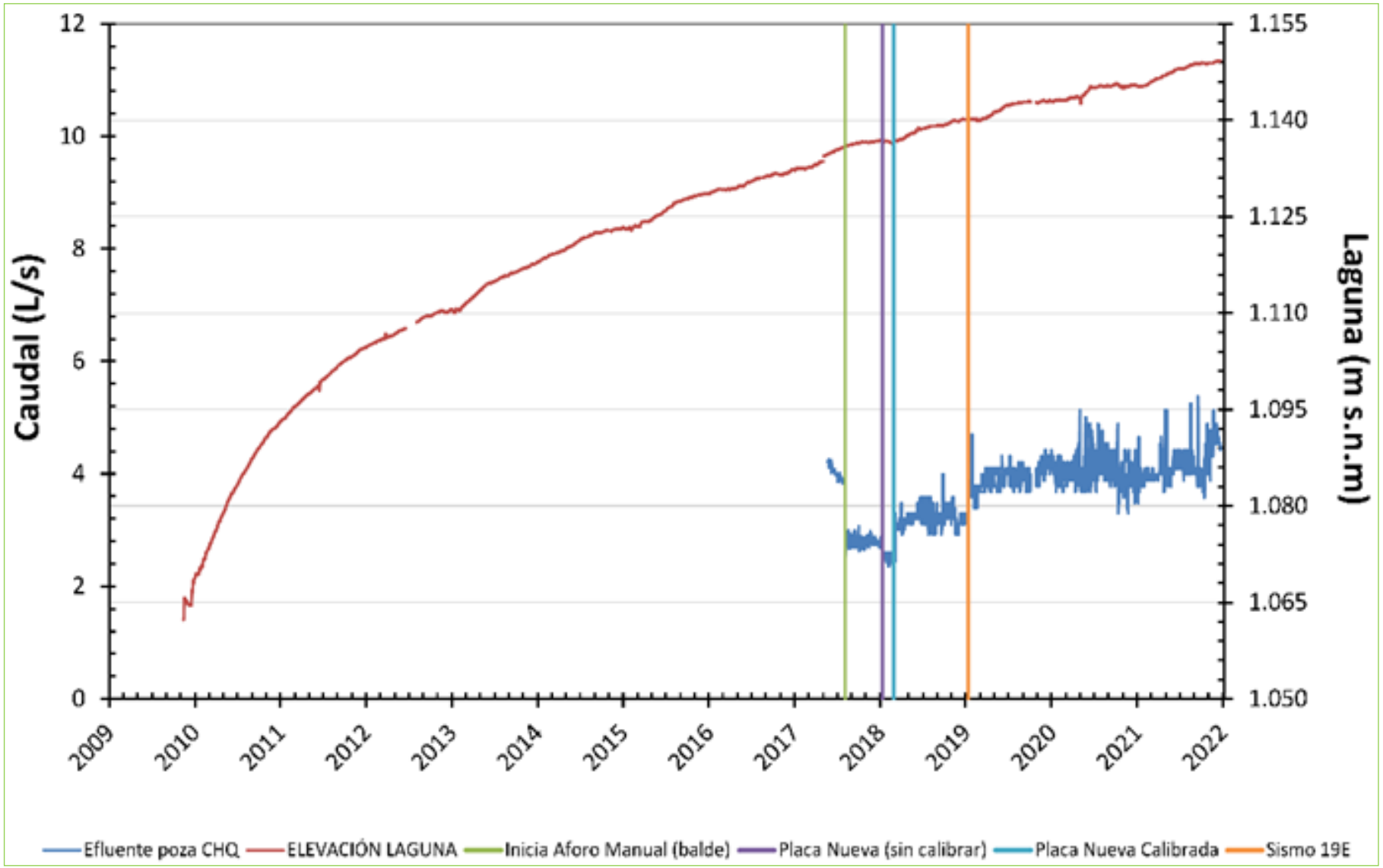


Figura 3-12: MNO, Caudal Total sector El Churque, Drenajes + CHQ Afloramientos (norte y sur), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

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

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

Figura 3-15: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles.

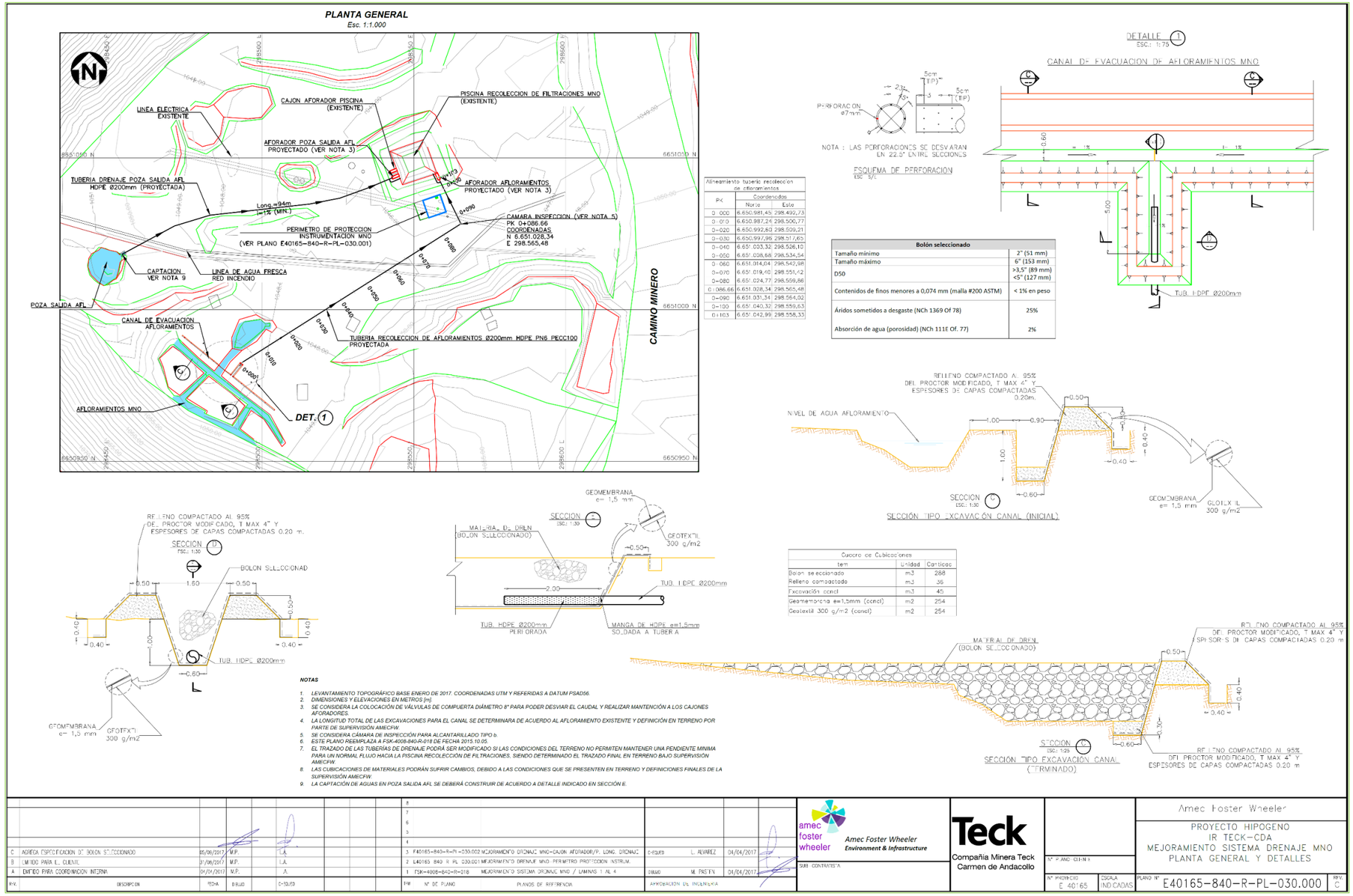
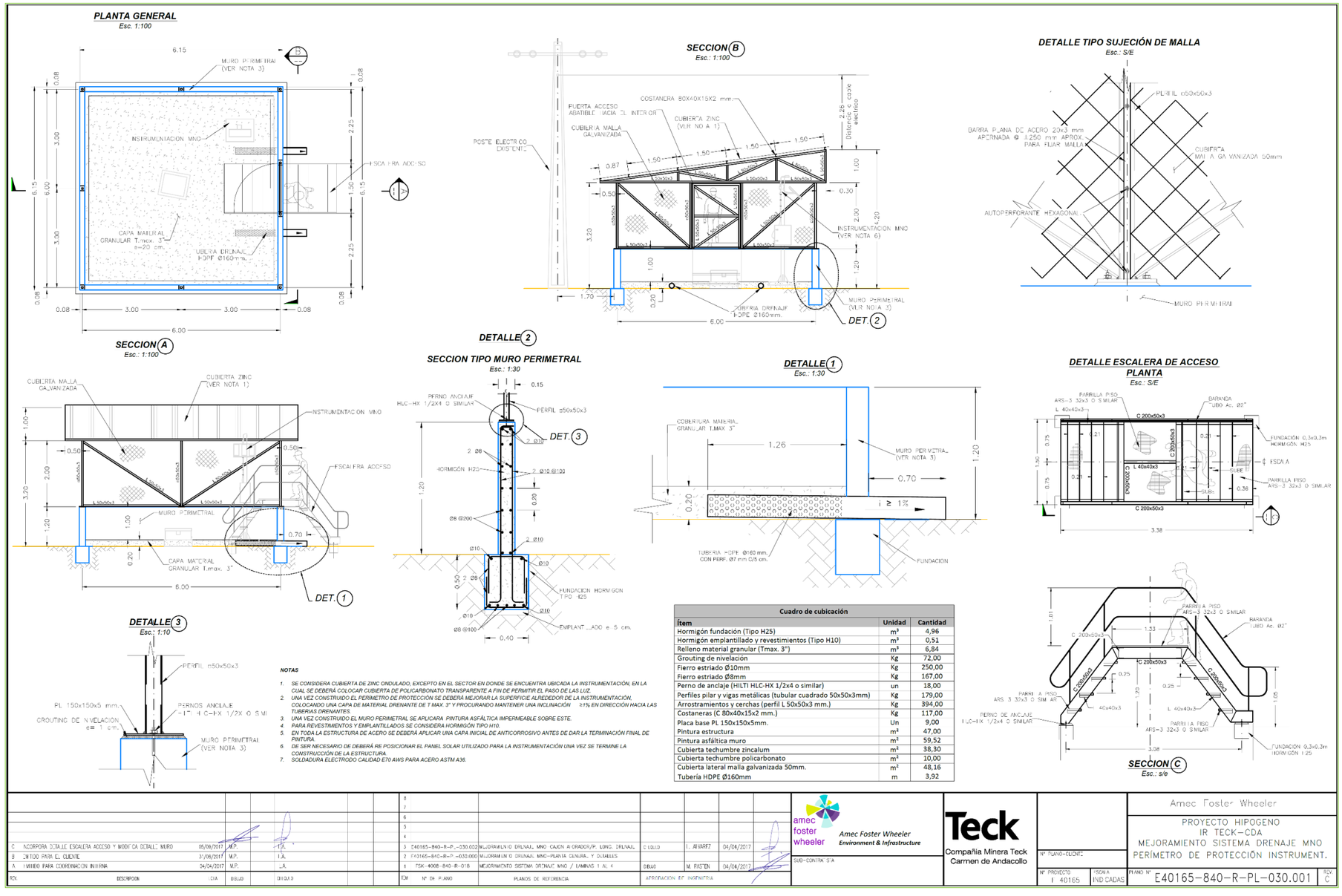


Figura 3-16: MNO, Regularización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación.



NOTAS

1. SE CONSIDERA CUBIERTA DE ZINC ONDULADO, EXCEPTO EN EL SECTOR EN DONDE SE ENCUENTRA UBICADA LA INSTRUMENTACIÓN, EN LA CUAL SE DEBERÁ COLOCAR CUBIERTA DE POLICARBONATO TRANSPARENTE A FIN DE PERMITIR EL PASO DE LAS LUZ.
2. UNA VEZ CONSTRUIDO EL PERIMETRO DE PROTECCIÓN SE DEBERÁ MEJORAR LA SUPERFICIE ALREDEDOR DE LA INSTRUMENTACIÓN, COLOCANDO UNA CAPA DE MATERIAL DRENANTE DE T MAX 3" Y PROCURANDO MANTENER UNA INCLINACIÓN ≥1% EN DIRECCIÓN HACIA LAS TUBERIAS DRENANTES.
3. UNA VEZ CONSTRUIDO EL MURO PERIMETRAL SE APLICARA PINTURA ASFÁLTICA IMPERMEABLE SOBRE ESTE.
4. PARA REVESTIMIENTOS Y EMPLANTILLADOS SE CONSIDERA HORMIGÓN TIPO H10.
5. EN TODA LA ESTRUCTURA DE ACERO SE DEBERÁ APLICAR UNA CAPA INICIAL DE ANTICORROSIVO ANTES DE DAR LA TERMINACIÓN FINAL DE PINTURA.
6. DE SER NECESARIO DE DEBERÁ RE POSICIONAR EL PANEL SOLAR UTILIZADO PARA LA INSTRUMENTACIÓN UNA VEZ SE TERMINE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA.
7. SOLDADURA ELECTRODO CALIDAD E70 AWS PARA ACERO ASTM A36.

Cuadro de cubicación

Ítem	Unidad	Cantidad
Hormigón fundación (Tipo H25)	m³	4,96
Hormigón emplantillado y revestimientos (Tipo H10)	m³	0,51
Relleno material granular (Tmax. 3")	m³	6,84
Grouting de nivelación	Kg	72,00
Fierro estriado Ø10mm	Kg	250,00
Fierro estriado Ø8mm	Kg	167,00
Perno de anclaje (HILTI HLC-HX 1/2x4 o similar)	un	18,00
Perfiles pilar y vigas metálicas (tubular cuadrado 50x50x3mm)	Kg	179,00
Arrostramientos y cerchas (perfil L 50x50x3 mm.)	Kg	394,00
Costaneras (C 80x40x15x2 mm.)	Kg	117,00
Placa base PL 150x150x5mm.	Un	9,00
Pintura estructura	m²	47,00
Pintura asfáltica muro	m²	59,52
Cubierta techumbre zincalum	m²	38,30
Cubierta techumbre policarbonato	m²	10,00
Cubierta lateral malla galvanizada 50mm.	m²	48,16
Tubería HDPE Ø160mm	m	3,92

REV.	DESCRIPCION	DIA	DIBUJO	DISEÑO
C	INCORPORA DETALLE ESCALERA ACCESO Y MODIFICA DETALLE MURO	06/09/2017	M.P.	I.A.
B	EMITIDO PARA EL CLIENTE	31/08/2017	M.P.	I.A.
A	EMITIDO PARA COORDINACION INTERNA	04/04/2017	M.P.	I.A.

Nº DE PLANO	PLANOS DE REFERENCIA	APROBACION DE INGENIERIA		
3	E40165-840-R-P_-030.002	MEJORAMIENTO DRENAJE MNO CAJON ALIVIADERO/P. LONG. DRENAJE	C. LOLLO	T. ALVAREZ	04/04/2017
2	E40165-840-R-P -030.000	MEJORAMIENTO DRENAJE MNO-PLANTA GENERAL Y DETALLES			
1	ESK-4000-840-R-018	MEJORAMIENTO SISTEMA DRENAJE MNO / LAMINAS 1 AL 4	DIBUJO	M. FASTEN	04/04/2017

Amec Foster Wheeler
Environment & Infrastructure
SUB-CONTRATISTA

Teck
Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo

Nº PLANO-CLIENTE

Amec Foster Wheeler

PROYECTO HIPOGENO
IR TECK-CDA
MEJORAMIENTO SISTEMA DRENAJE MNO
PERÍMETRO DE PROTECCIÓN INSTRUMENT.

Nº PROYECTO	ESCALA	PLANO Nº	REV.
E 40165	IND CADAS	E40165-840-R-PL-030.001	C

4.0 RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2021

4.1. Lecturas Piezométrica 2021

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

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 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

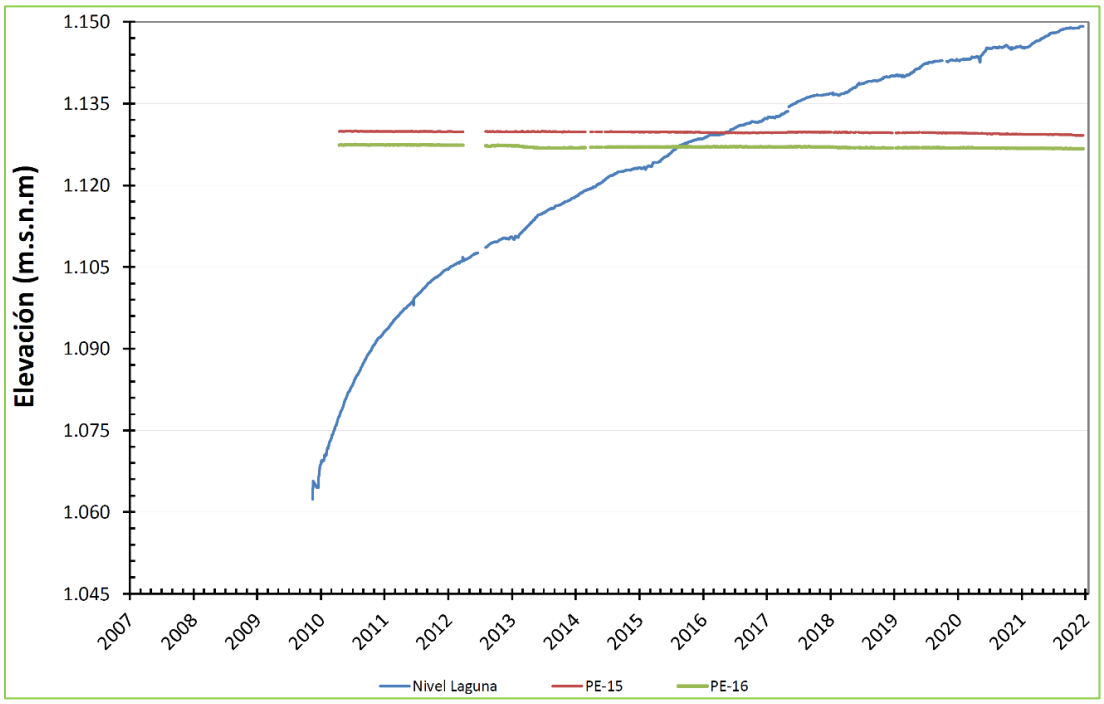


Figura 4-2: MN, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

Figura 4-3: MN, Grafico Piezométrico PE – 015 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

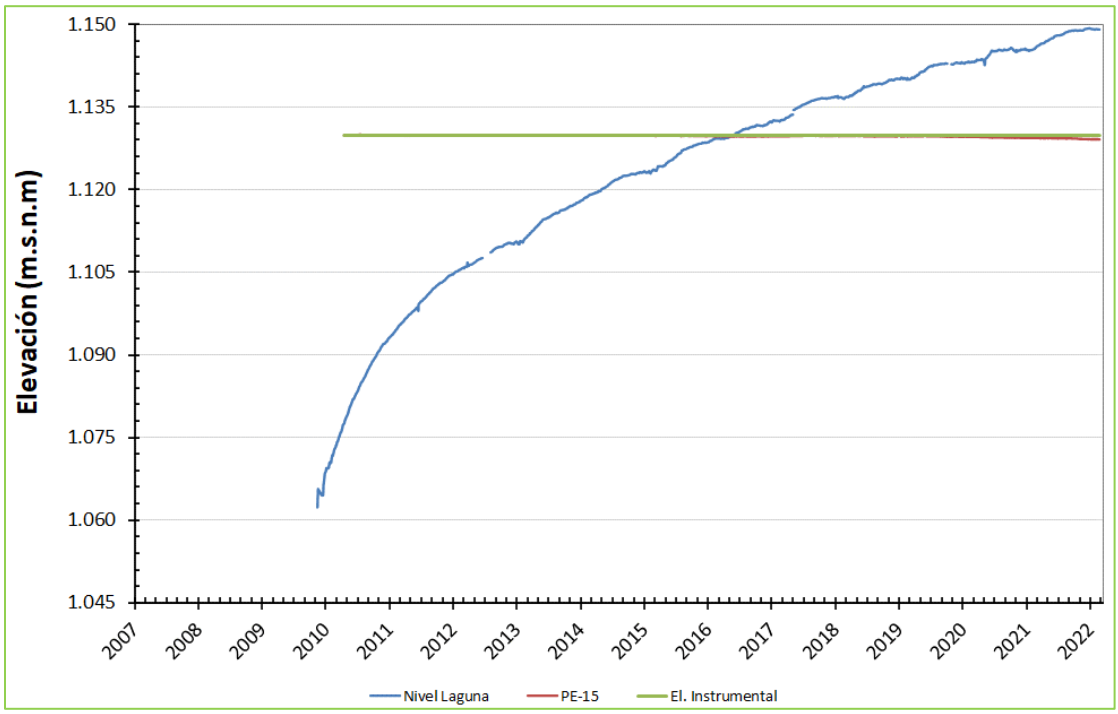
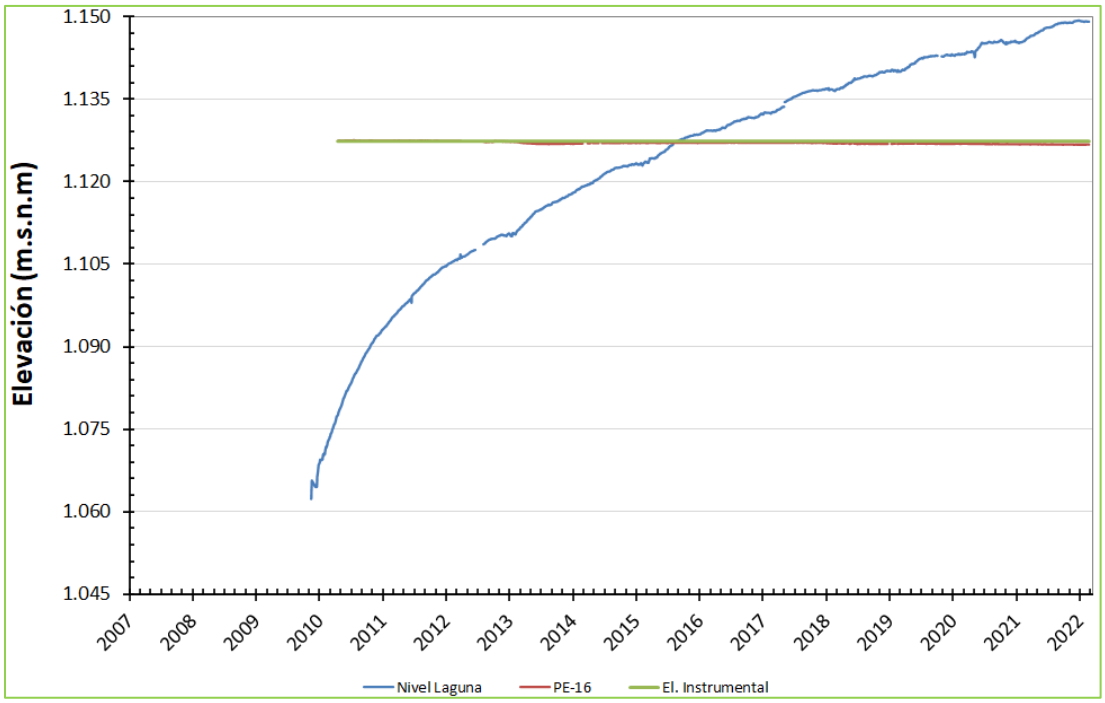


Figura 4-4: MN, Grafico Piezométrico PE – 016 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.1.2. Lecturas Piezómetros MNO

El piezómetro PE-020, está dañado y presenta lecturas espurias desde mediados de 2013, el resto de los piezómetros se encuentran operativos. Los piezómetros PE-003, PE-004 y PE-019 presentan un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, a una tasa media anual de + 0,05 cm/d (+ 0,05 cm/d, para el año 2020), + 0,05 cm/d (+ 0,05 cm/d, para el año 2020) y + 0,11 cm/d (+ 0,09 cm/d, para el año 2020) respectivamente, en tanto los dos (2) piezómetros restantes PE-005 y PE-006 presentan actividad desde comienzos del año 2019 y fines del año 2018 respectivamente, con una tasa media anual de descenso de - 0,05 cm/d (- 0,01 cm/d, para el año 2020) y de incremento + 0,01 cm/d (+ 0,01 cm/d, para el año 2020) respectivamente. Estas tendencias graduales en el tiempo, pero moderadas en el comportamiento de los niveles piezométricos 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 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, 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, detectaron 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 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

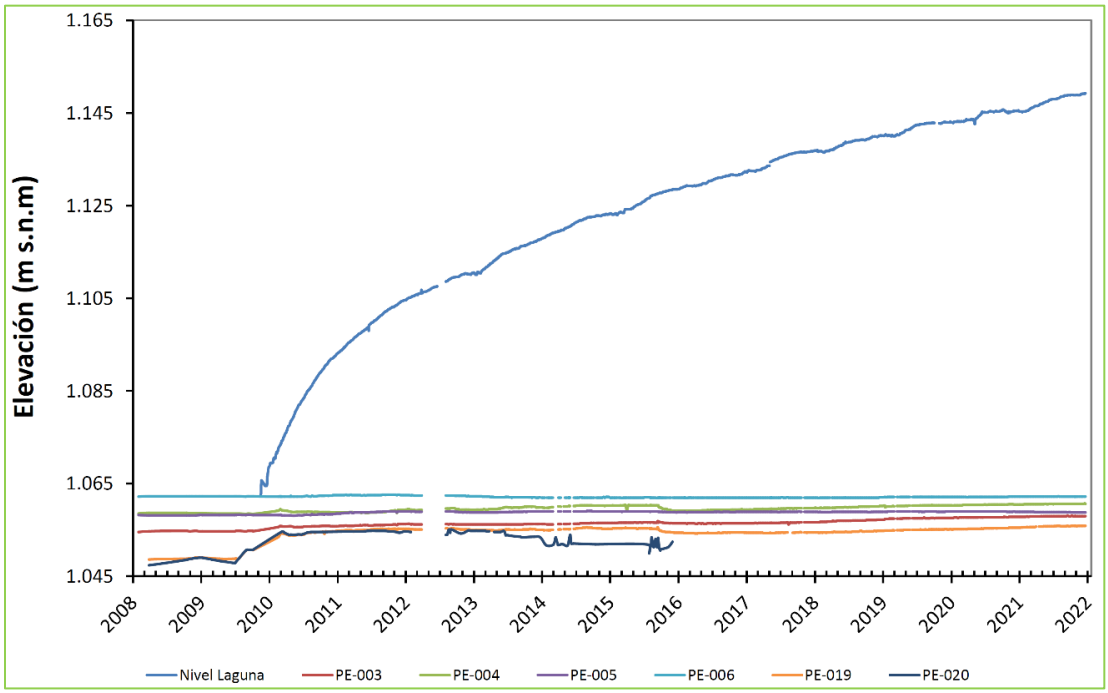
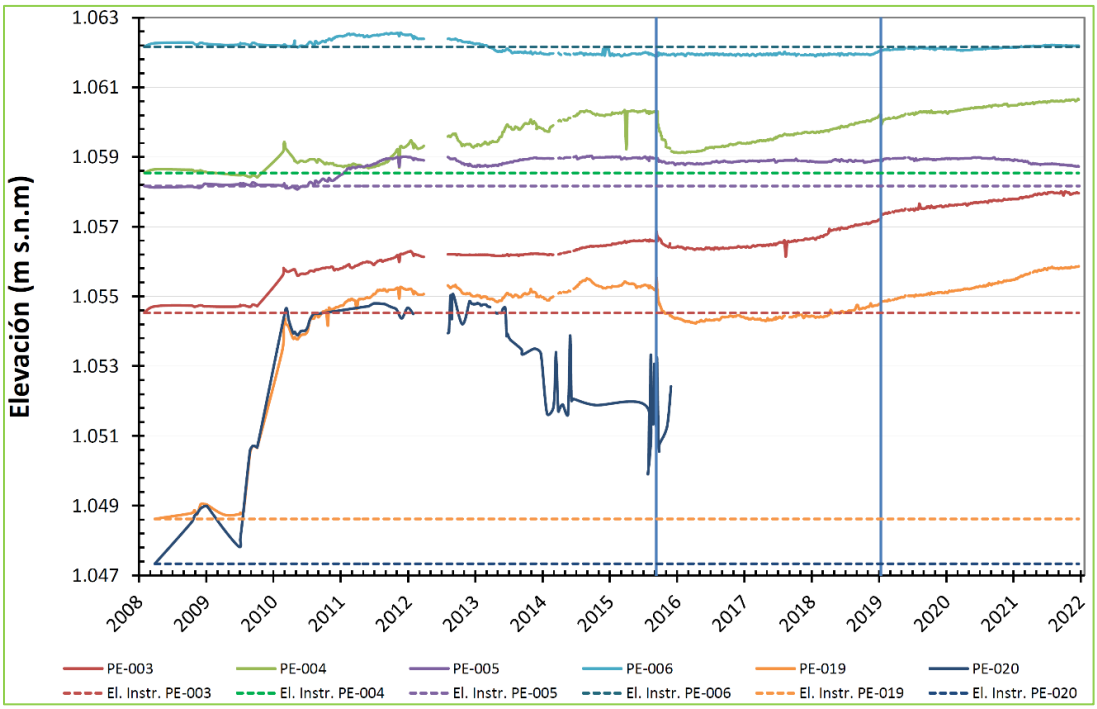


Figura 4-6: MNO, Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



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 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

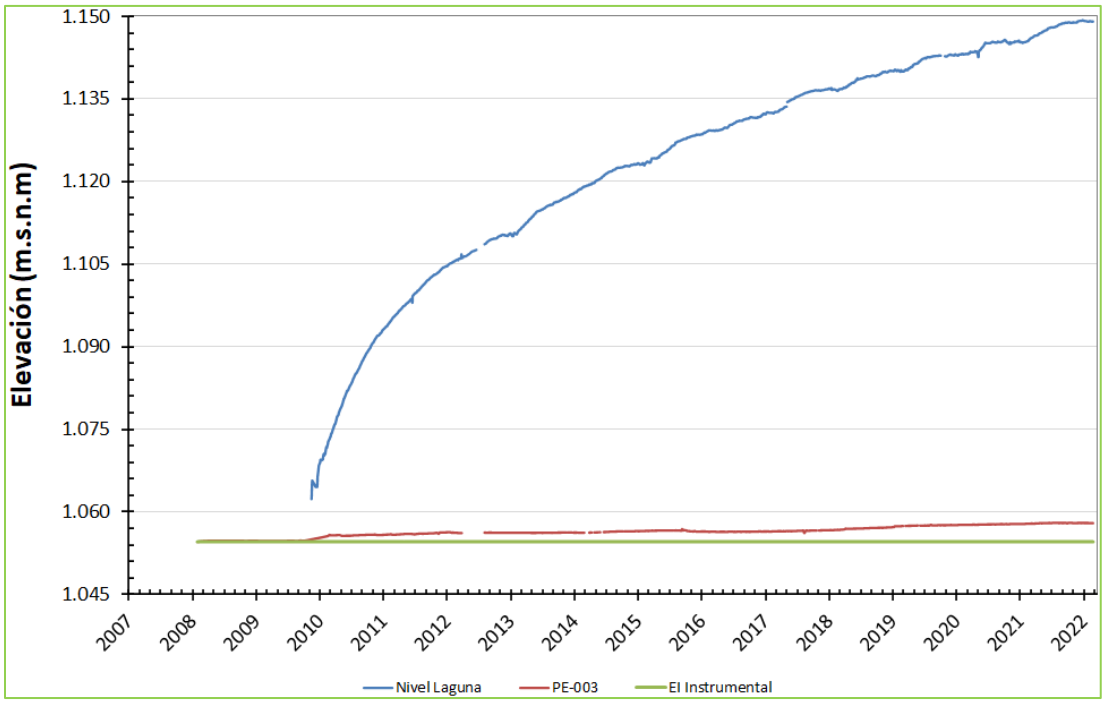


Figura 4-8: MNO, Grafico Piezométrico PE - 004 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

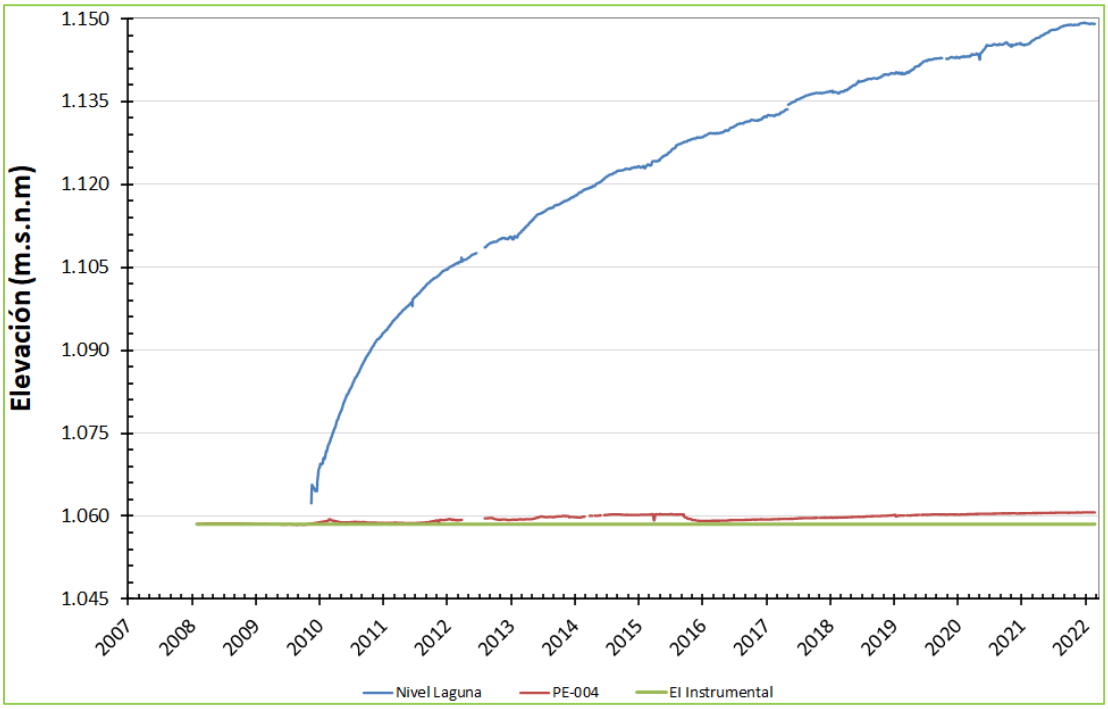


Figura 4-9: MNO, Grafico Piezométrico PE - 005 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

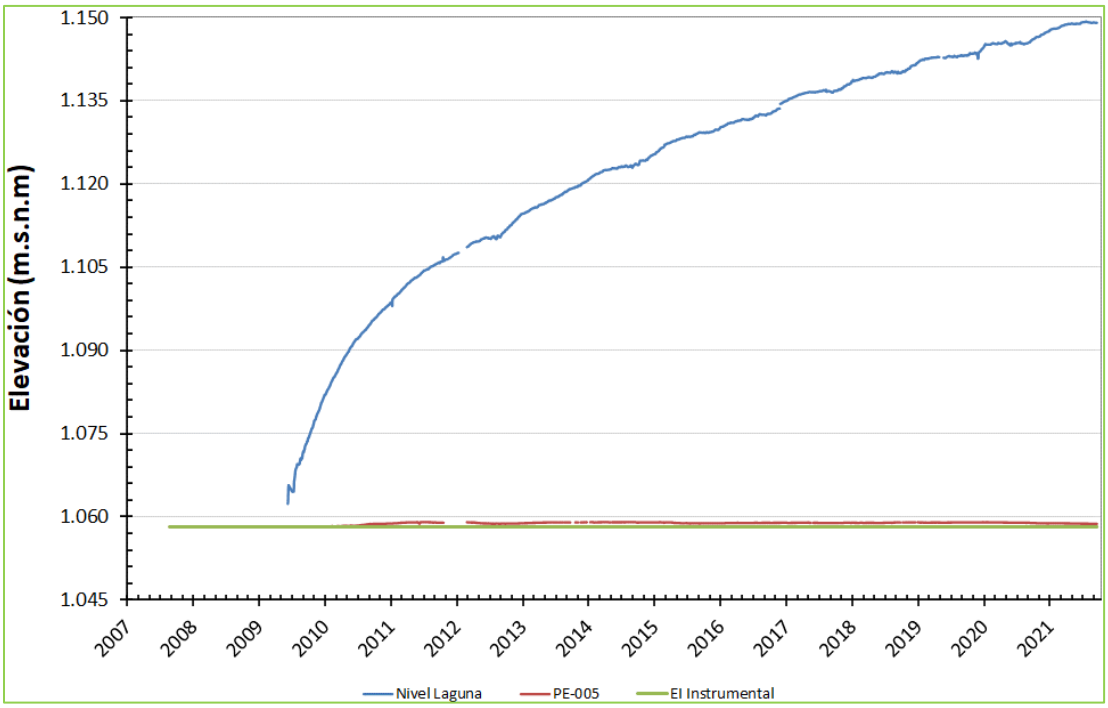


Figura 4-10: MNO, Grafico Piezométrico PE - 006 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

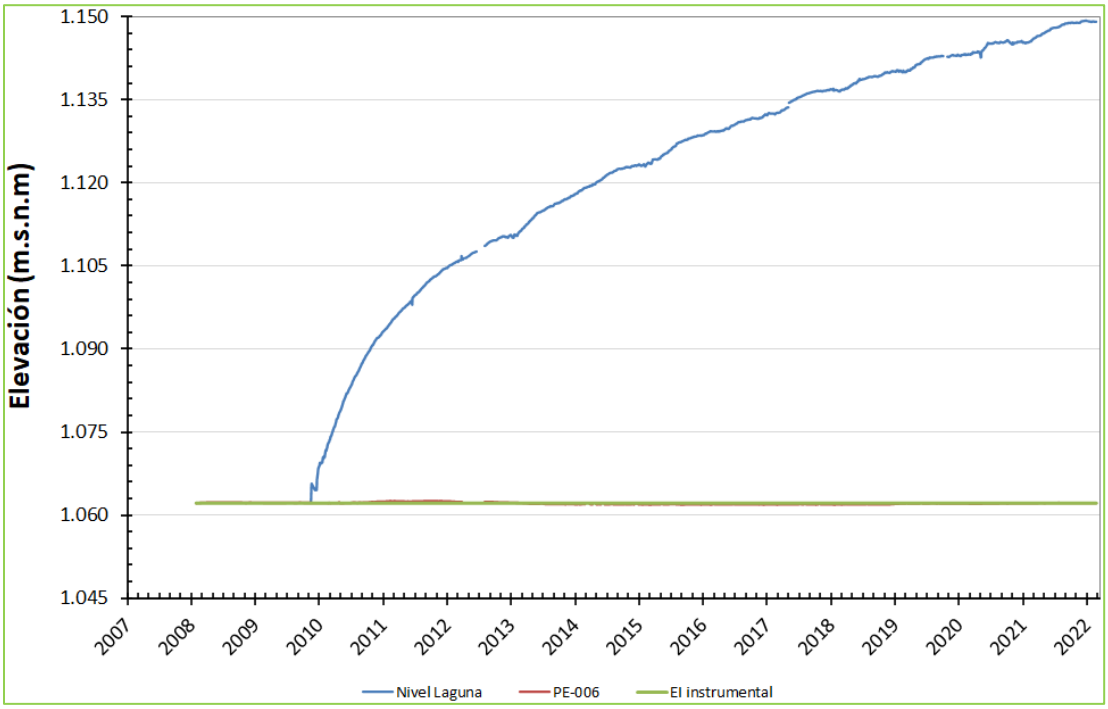


Figura 4-11: MNO, Grafico Piezométrico PE - 019 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

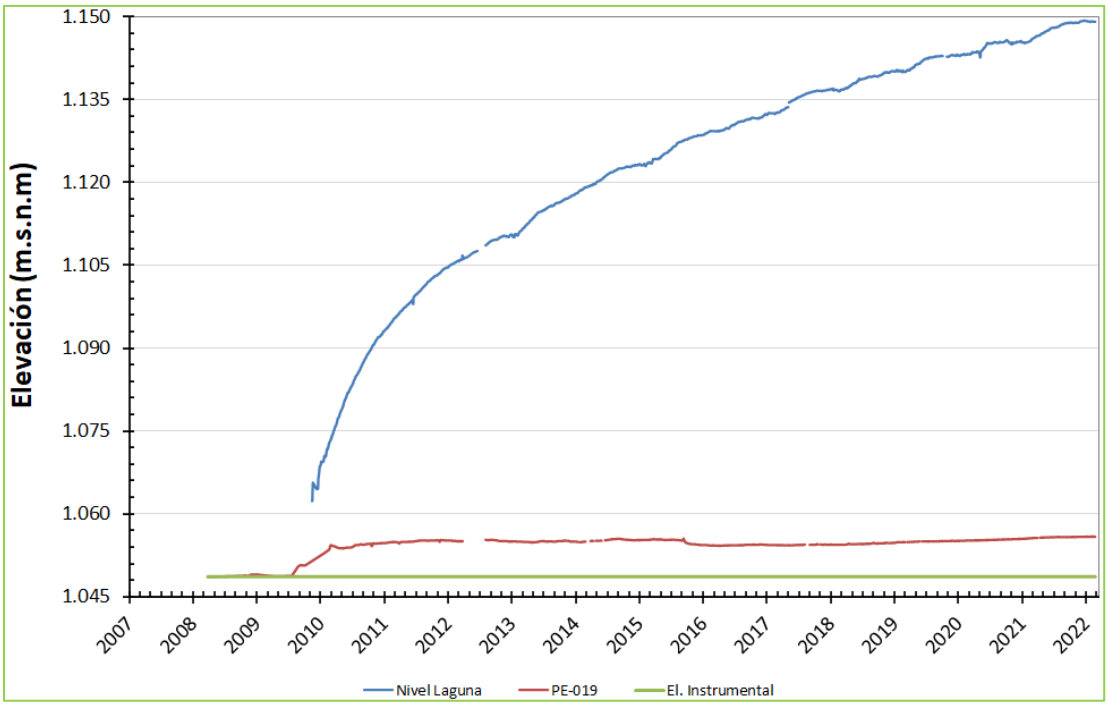
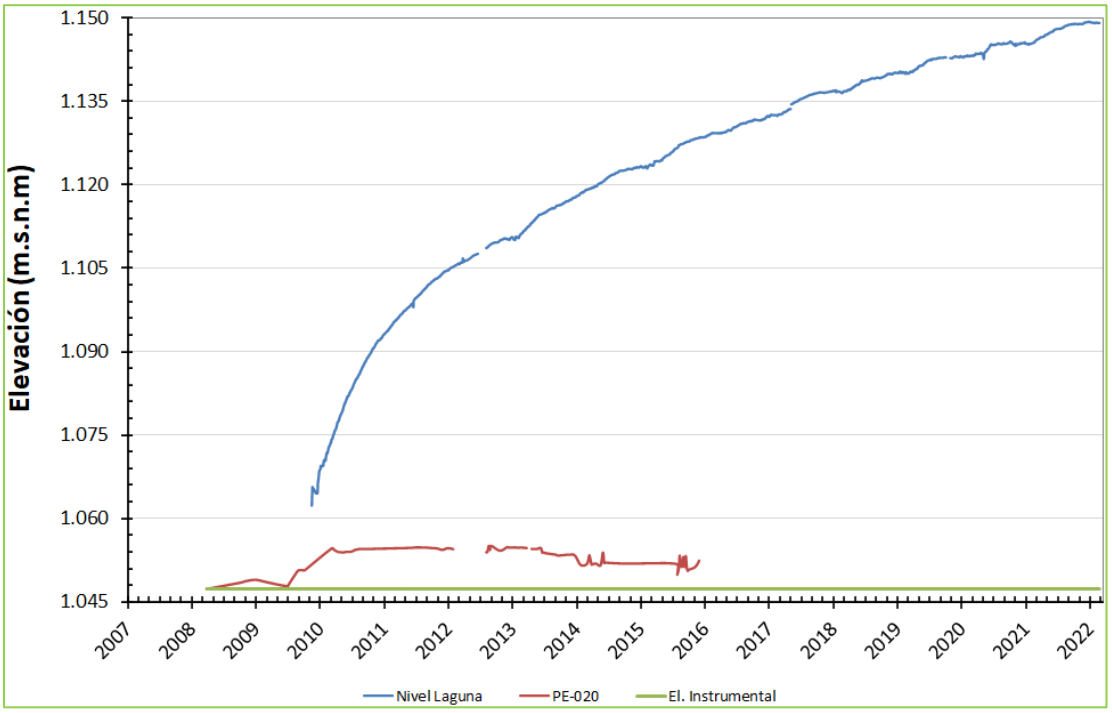


Figura 4-12: MNO, Grafico Piezométrico PE - 020 Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



Respecto de la Figuras 4-11 y 4-12, cabe señala que la El. instrumental para los piezómetros PE-19 y PE-20 se encuentra aproximadamente 4,0 m por debajo de la rasante del dren, a diferencia del resto de los piezómetros para los cuales la El. instrumental coincide con la rasante del dren respectivo. Por lo tanto, el nivel freático en [mca] (metros columna de agua) 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 ± 60 cm

4.1.3. Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica

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 cinco (5) instrumentos. GeoMediciones ha revisado esta condición en el sitio a través de pruebas de eco óptico, y han podido determinar que en el caso de los piezómetros del sondaje DH-08 (Pl. 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.

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 3 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 registra 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, presentando una tasa de descenso de - 0,06 cm/d durante el periodo.

Figura 4-13: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

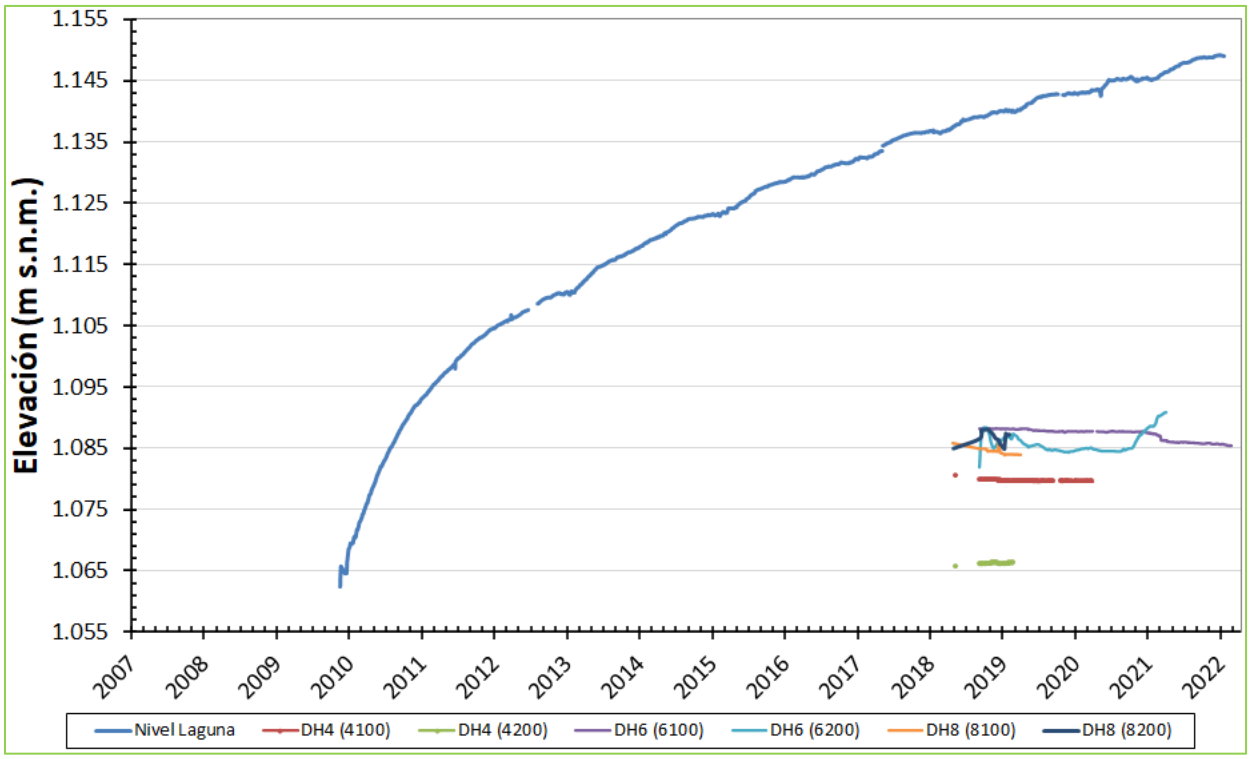


Figura 4-14: MNO/BS, Grafico Piezométrico Instrumentos de Fibra Óptica Histórico, sin Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

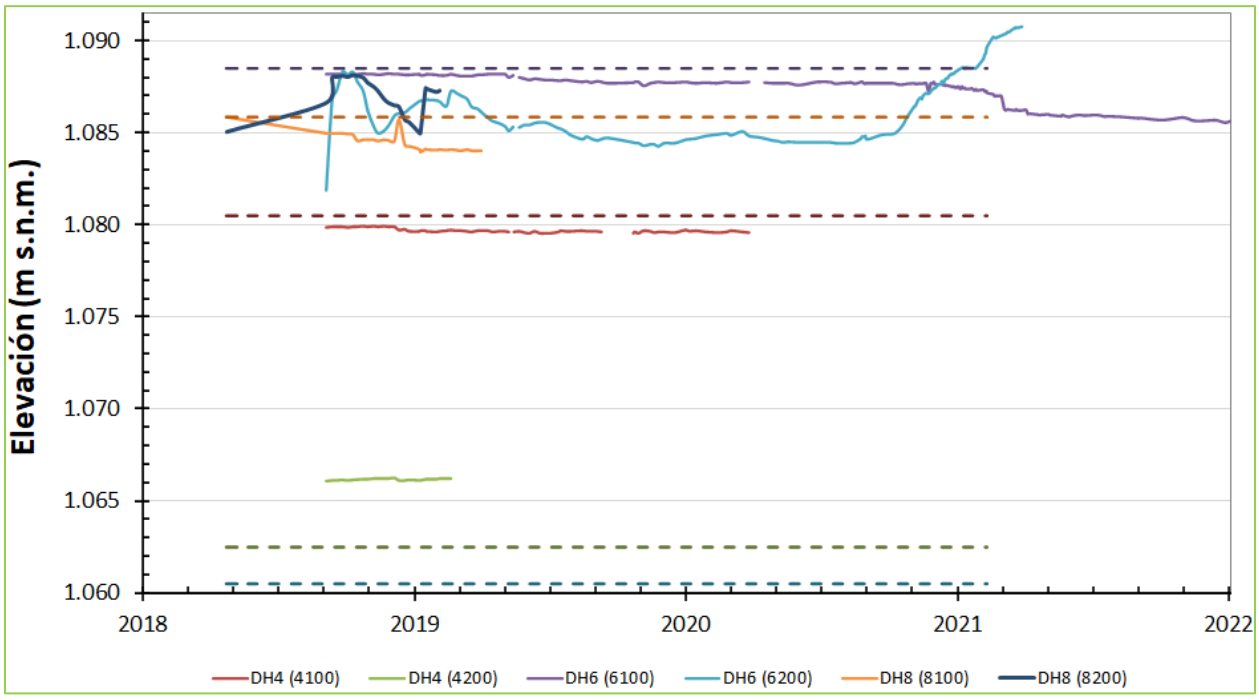


Figura 4-15: MNO, Grafico Piezométrico DH4 (4100) y DH4 (4200) Histórico – al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

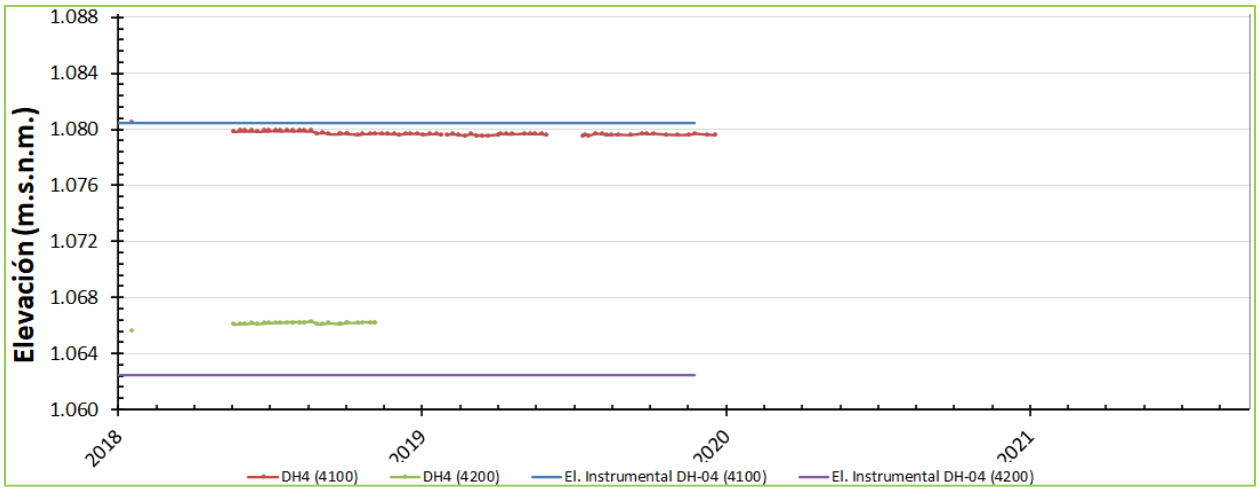


Figura 4-16: BS, Grafico Piezométrico DH6 (6100) y DH6 (6200) Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

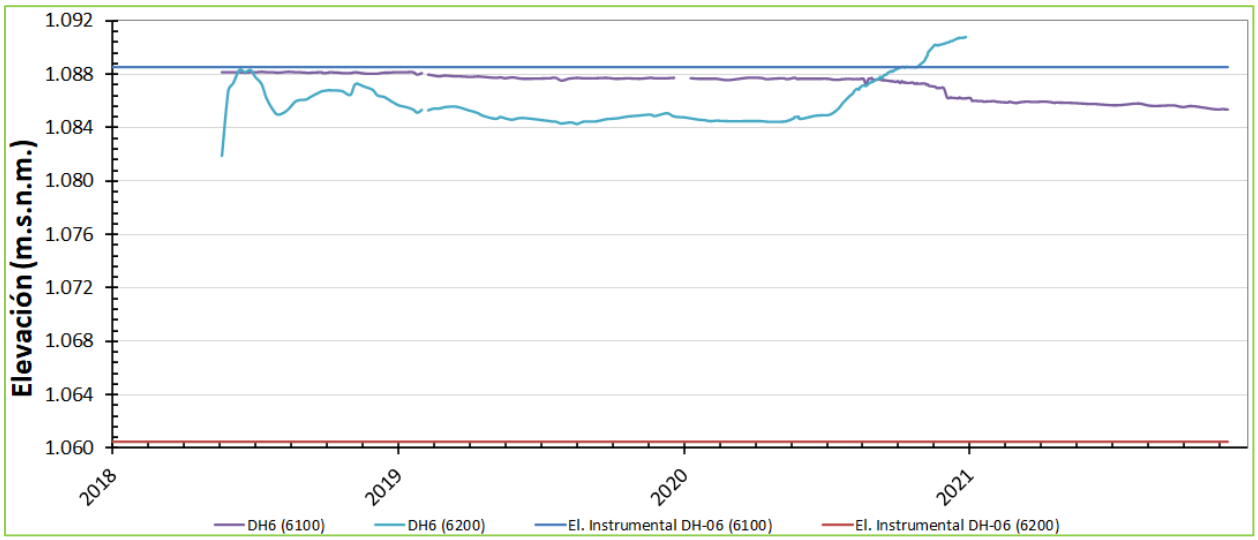
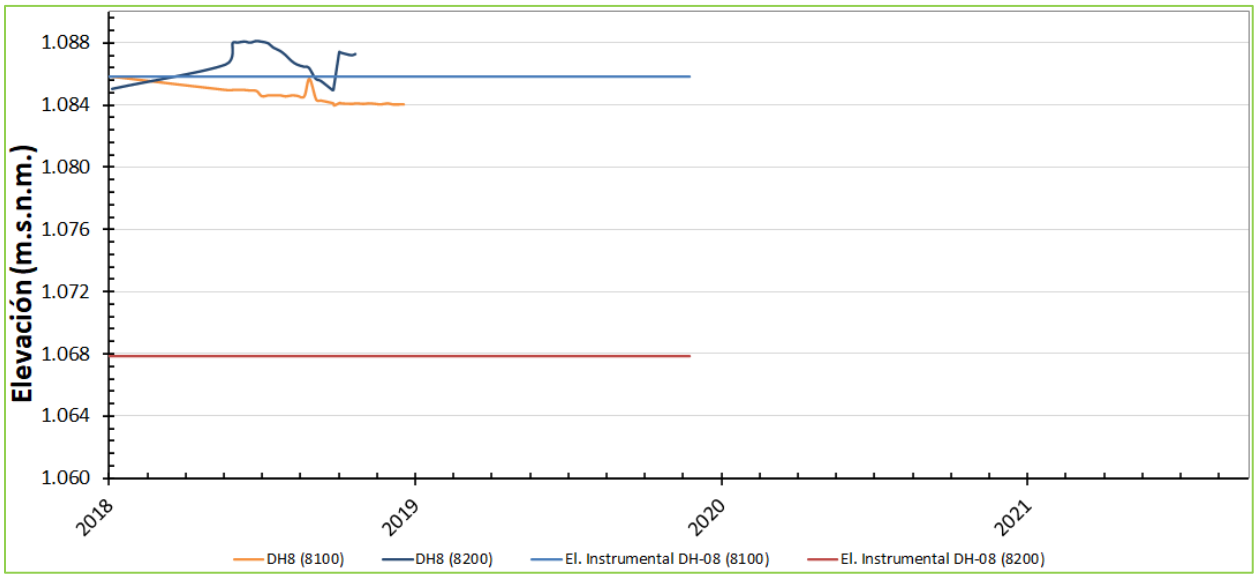


Figura 4-17: BS, Grafico Piezométrico DH8 (8100) y DH8 (8200) Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.1.4. Lecturas Piezómetros Casagrande

Respecto del piezómetro Casagrande habilitado en el pozo DH-03, este presenta 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 2020) 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 2020) 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).

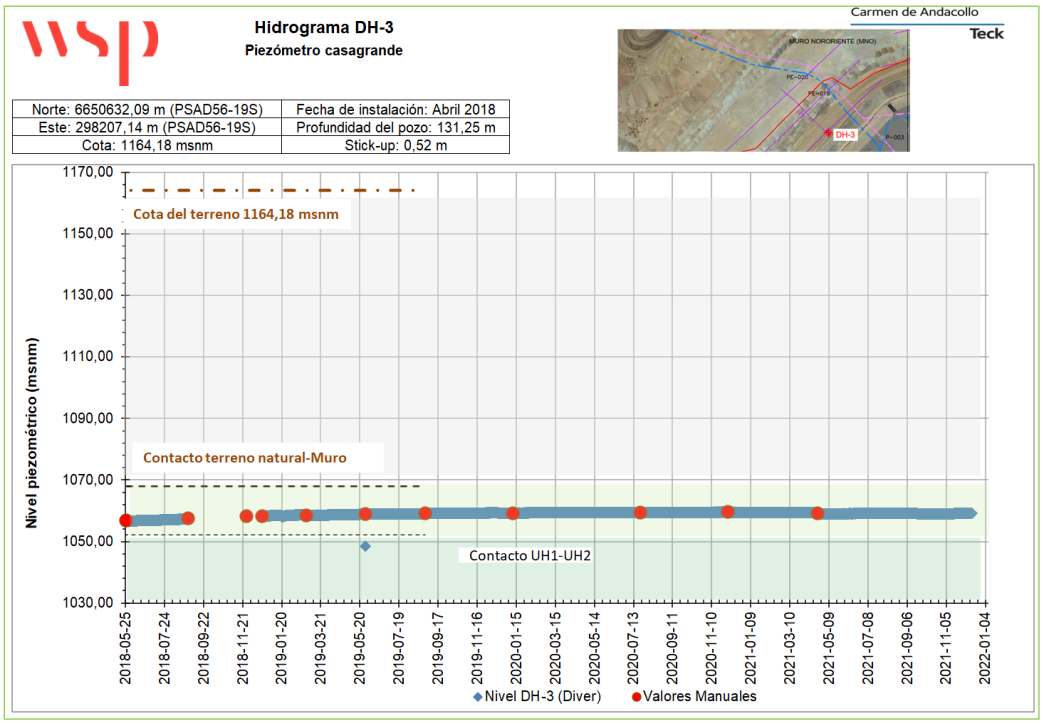
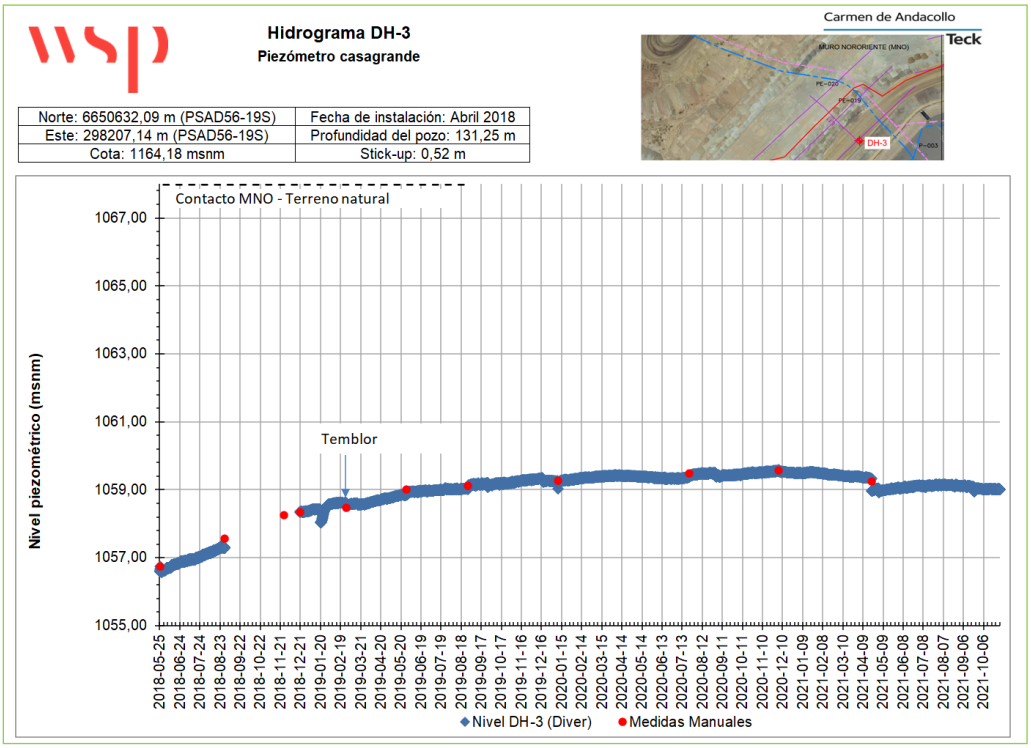


Figura 4-19: MNO, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 Histórico, Detalle, al 14 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP).



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 - 0,06 cm/d en promedio para el periodo (- 0,3 cm/d para 2020).

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 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. Se deja establecido que el diver será instalado durante el Q1 del año 2022.

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 2021 (ref. Monitoreo manual, Wood).

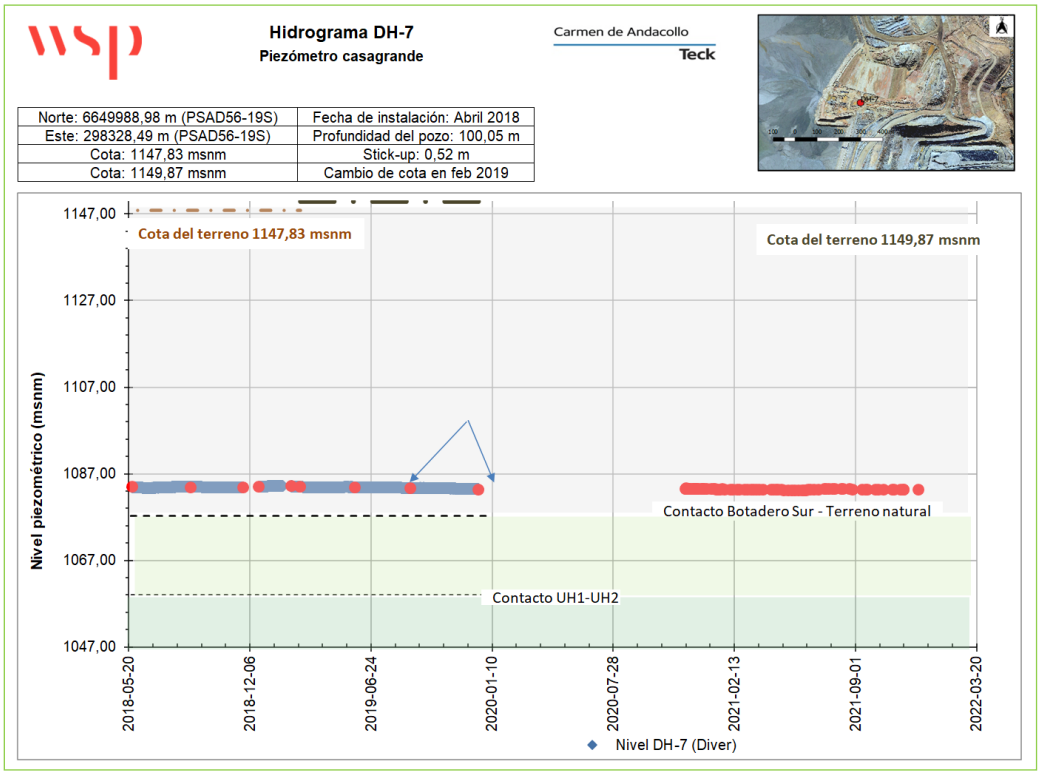
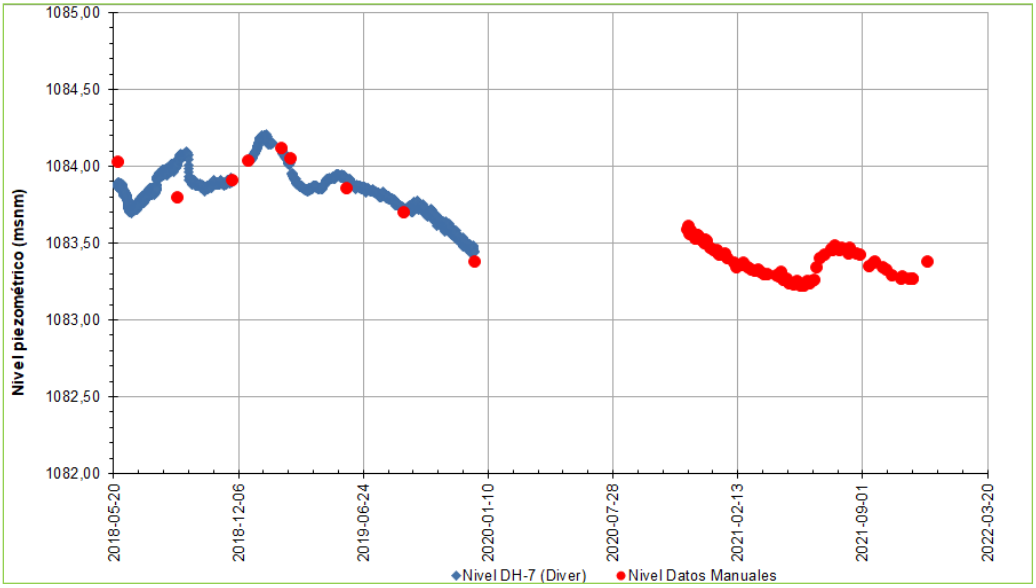


Figura 4-21: BS, Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 Histórico, Detalle, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2021 (ref. Monitoreo manual, Wood).



4.1.5. Lecturas Piezómetros MO

Hasta mayo de 2018, el piezómetro PE-009A presentó un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, hoy el instrumento no presenta actividad. Respecto de los tres (3) piezómetros, 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. Estos flujos se continúan analizando desde el punto de vista de la calidad del agua de manera de identificar el origen, ante la posibilidad que sean producto de la operación de las pilas ROM, que se ubican aguas abajo del MO.

Figura 4-22: MO, Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

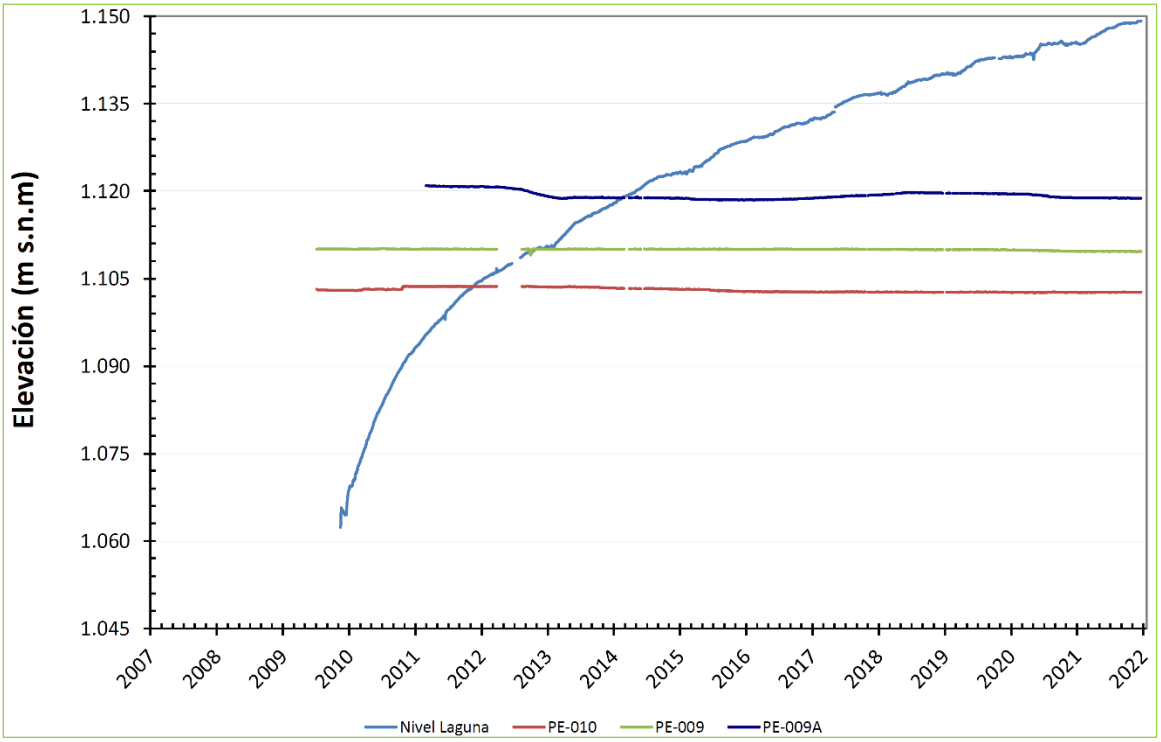


Figura 4-23: MO, Gráfico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)

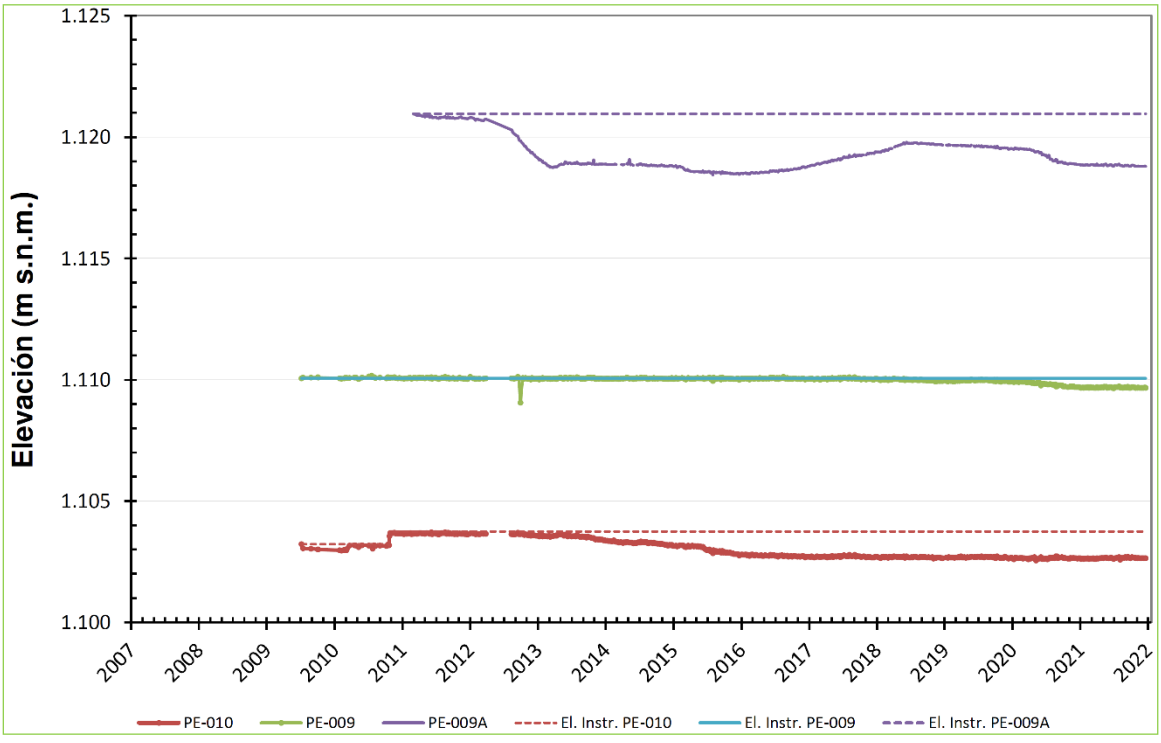


Figura 4-24: MO, Grafico Piezométrico PE - 009 Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

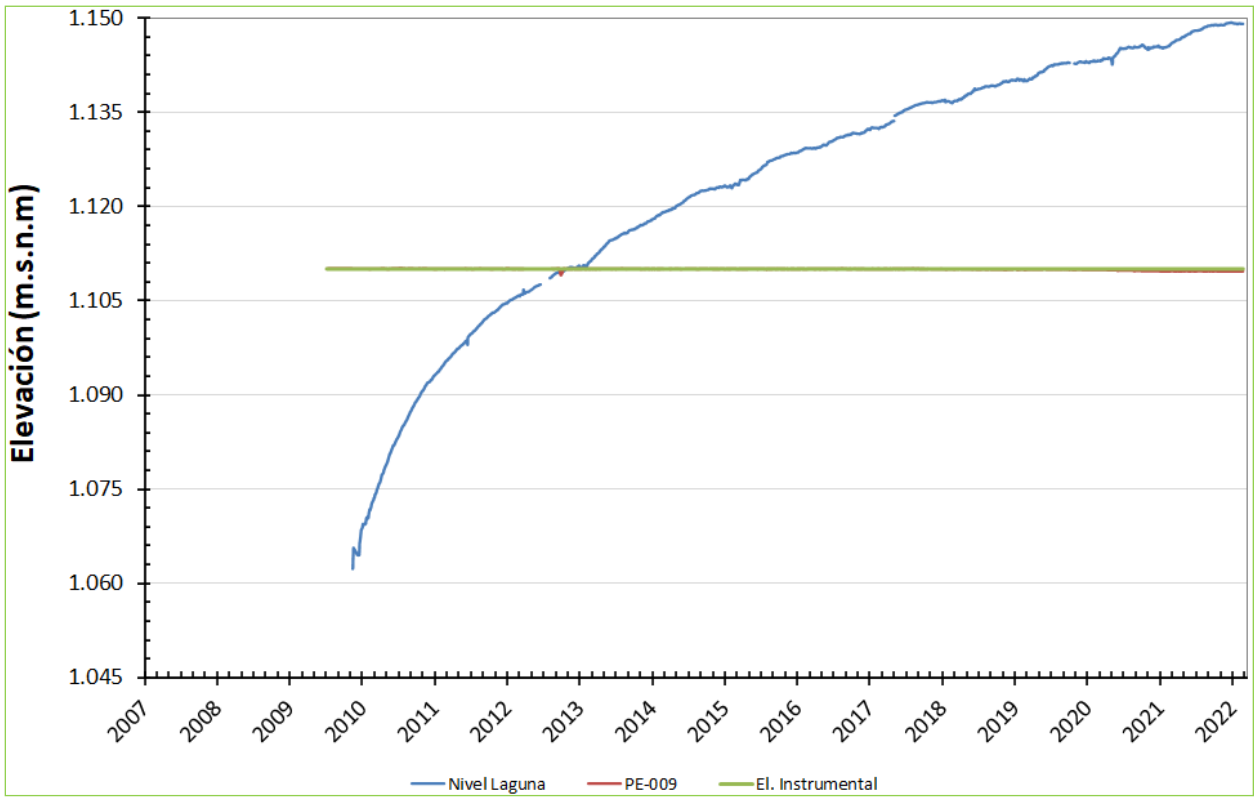


Figura 4-25: MO, Grafico Piezométrico PE – 009A Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

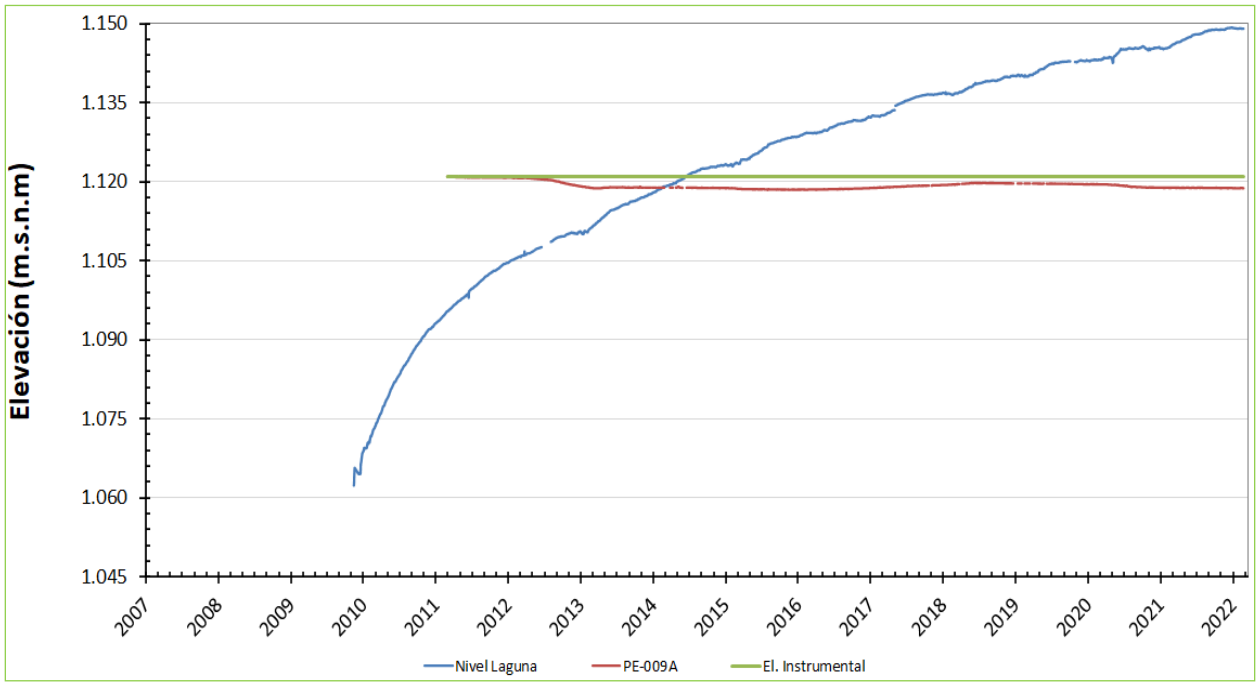
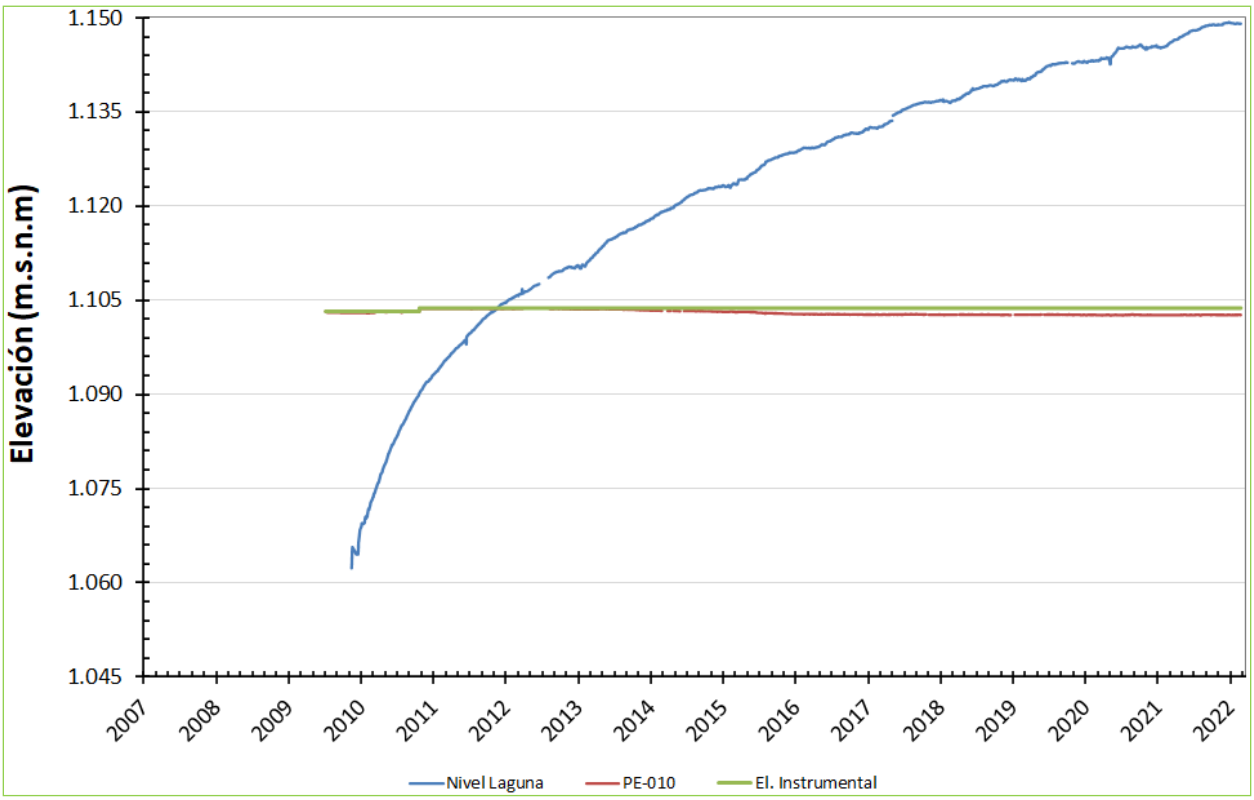


Figura 4-26: MO, Grafico Piezométrico PE – 010 Histórico, 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.1.6. Lecturas Piezómetros MO(S)

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, El piezómetro PE-013 presenta un incremento de + 0,02 cm/d desde fines de junio de año 2018 (+ 0,02 cm/d al término del año 2020), en tanto el instrumento PE-014 presenta un incremento de + 0,01 cm/d desde fines de junio de año 2018 (+ 0,01 cm/d al término del año 2020). Sin embargo se aprecia una estabilización del nivel freático medido en el instrumento PE-013 desde el Q2 del año 2021.

Hasta el año 2019, las lecturas históricas de los piezómetros del MO(S) presentaban un salto (hacia arriba) de 2,5 m aproximadamente respecto de la lectura cero (L0, en adelante), durante el periodo anterior, el proveedor de la instrumentación geotécnica (GeoMediciones) revisa esta condición y detecta que la conversión de unidades brutas, se estaba haciendo sobre la base de las fórmulas de cálculo para la consola con la cual el proveedor determinó las L0 al momento de instalar los instrumentos en el año 2016 (modelo MB3T, marca Roctest), las que difieren respecto de aquellas fórmulas para la consola que se utiliza en el monitoreo de la TMF Teck CdA (modelo VW2106, marca RST) en el sitio. Al igual que el año 2020 a continuación se presentan los gráficos corregidos.

Figura 4-27: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

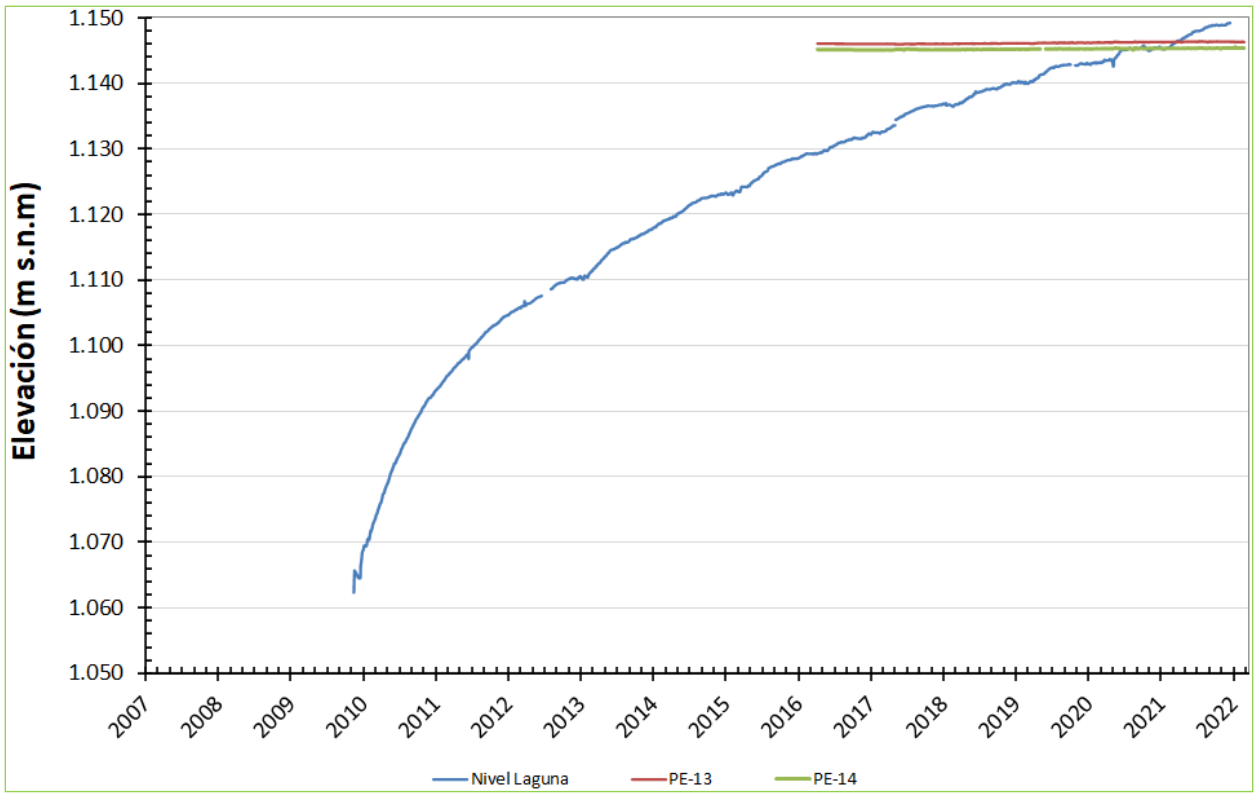
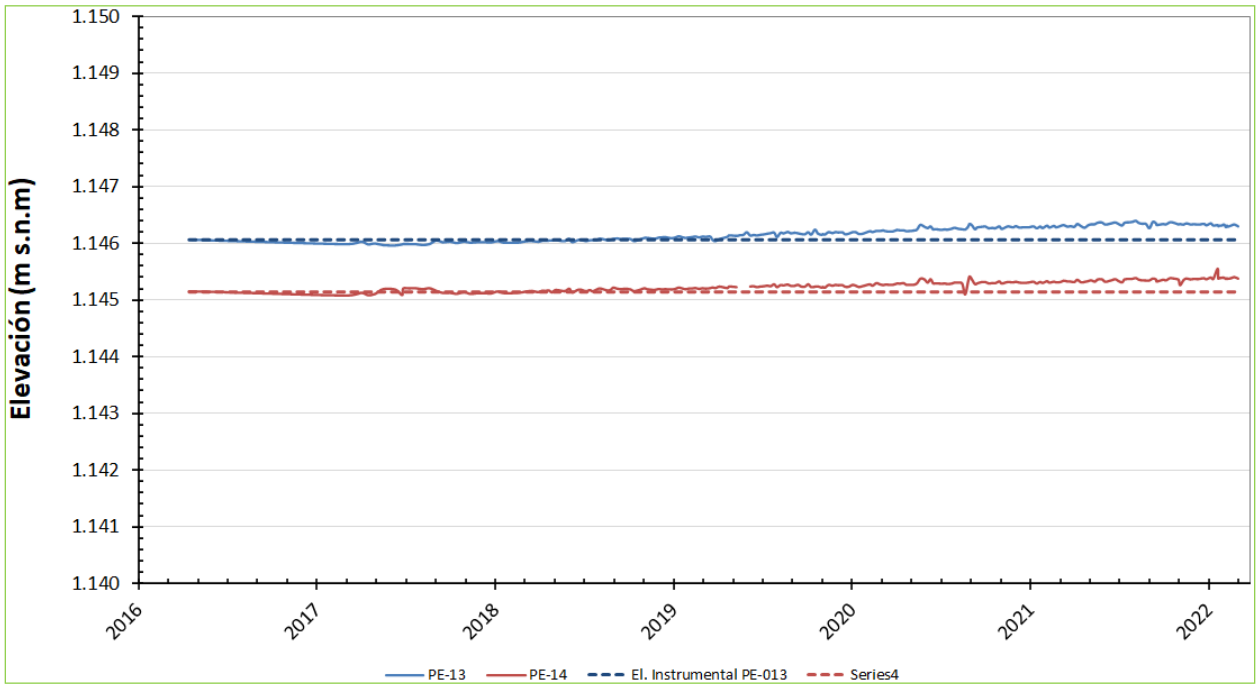


Figura 4-28: MO(S), Grafico Piezométrico Histórico, sin El. Laguna, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)



4.1.7. Lecturas Piezómetros MP

Al momento de escribir el presente informe, se encuentran habilitados y funcionando los piezómetros instalados en el muro Poniente durante la Campaña de Sondajes 2021. Todos los piezómetros muestran niveles estables y/o con tendencia a la estabilización como es el caso de los piezómetros Casagrande MP 1 y MP 2, tal como se puede apreciar en las siguientes figuras. Los gráficos se incluyen de manera ilustrativa, dado que representan la actividad de un lapso de dos (2) meses (enero y febrero 2022) posterior al periodo de tiempo que es materia de análisis en la presente inspección, el que es muy reducido para emitir conclusiones respecto de su comportamiento aún.

Sin embargo, cabe destacar que todos los piezómetros detectan un nivel freático entre las cotas El. 1.143 msnm y El. 1.148 msnm aproximadamente, presentando la laguna de aguas claras una elevación del pelo de agua de El. 1.149,3 msnm a mediados de marzo del 2022. Respecto de la ubicación de laguna, se puede indicar que se encuentra posicionada a 700 m aproximadamente hacia el sur oriente 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 muy secas.

Se debe continuar con el monitoreo minucioso de los niveles freáticos detectados en el muro MP, dado que se espera para el mediano plazo, una disminución considerable del volumen de la laguna de aguas claras, al momento que cese la operación de la planta Supérgeno en el mes de abril de 2022, y por consiguiente, disminuya el Make Up de agua fresca a la planta, debido a la caducidad de los 40 L/s asociados con la operación de la planta SW / ER.

Figura 4-29: MP, Grafico Piezométrico Sondajes MP1 y MP2 (Casagrande), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)

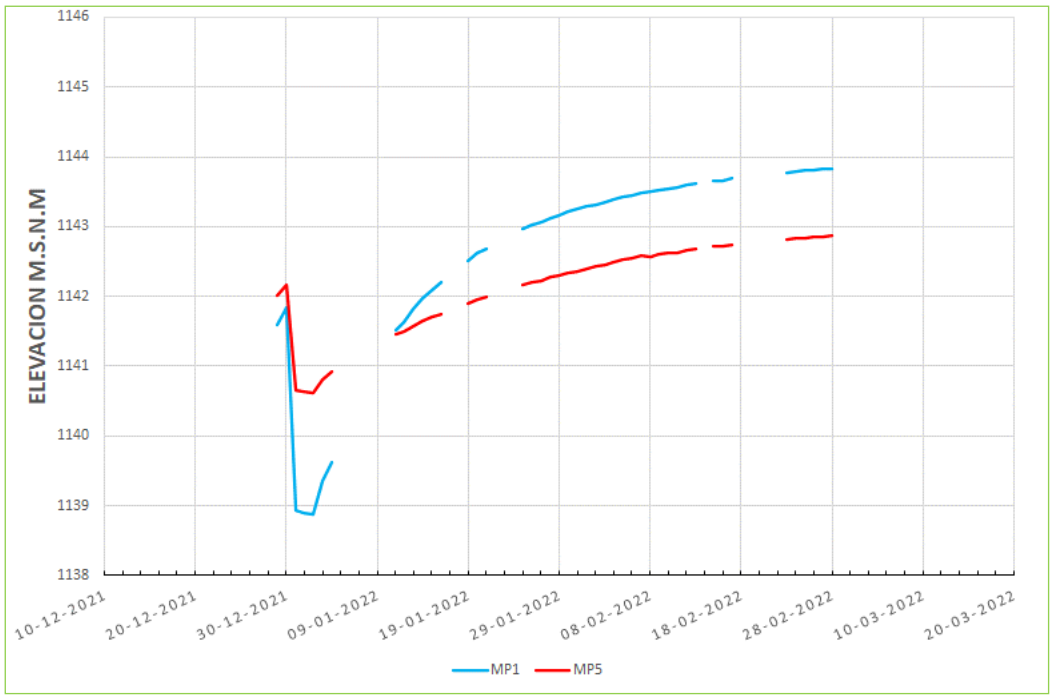


Figura 4-30: MP, Grafico Piezométrico Sondaje MP2 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)

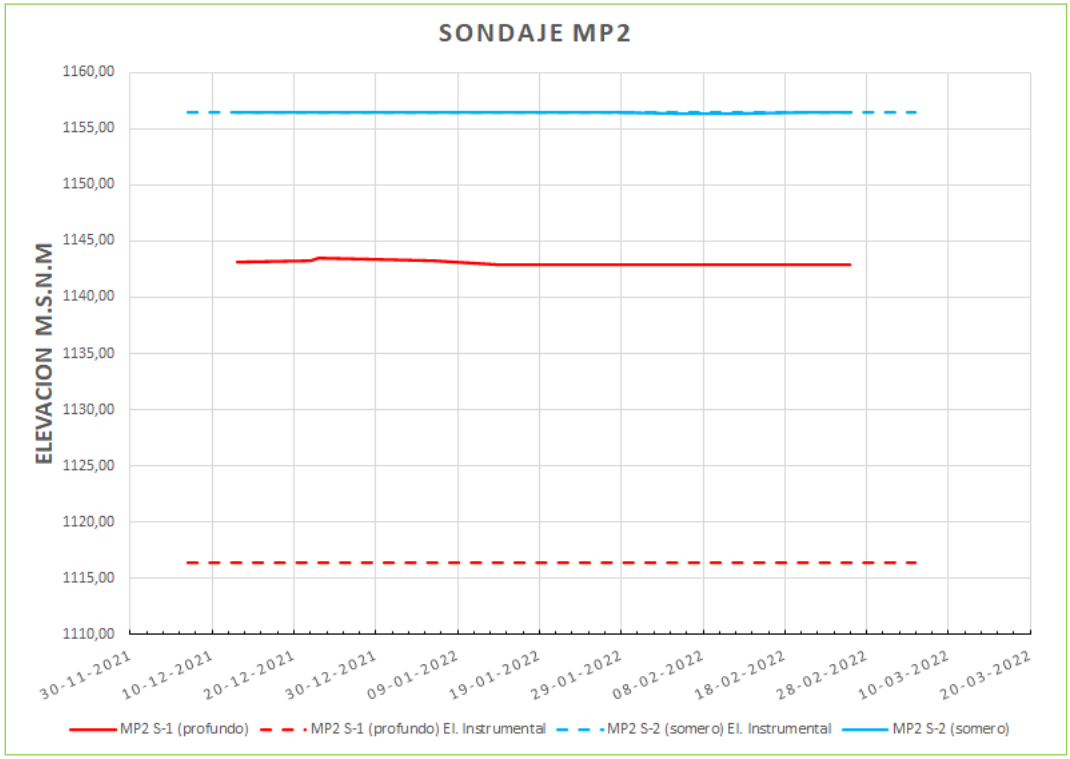


Figura 4-31: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP3 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)

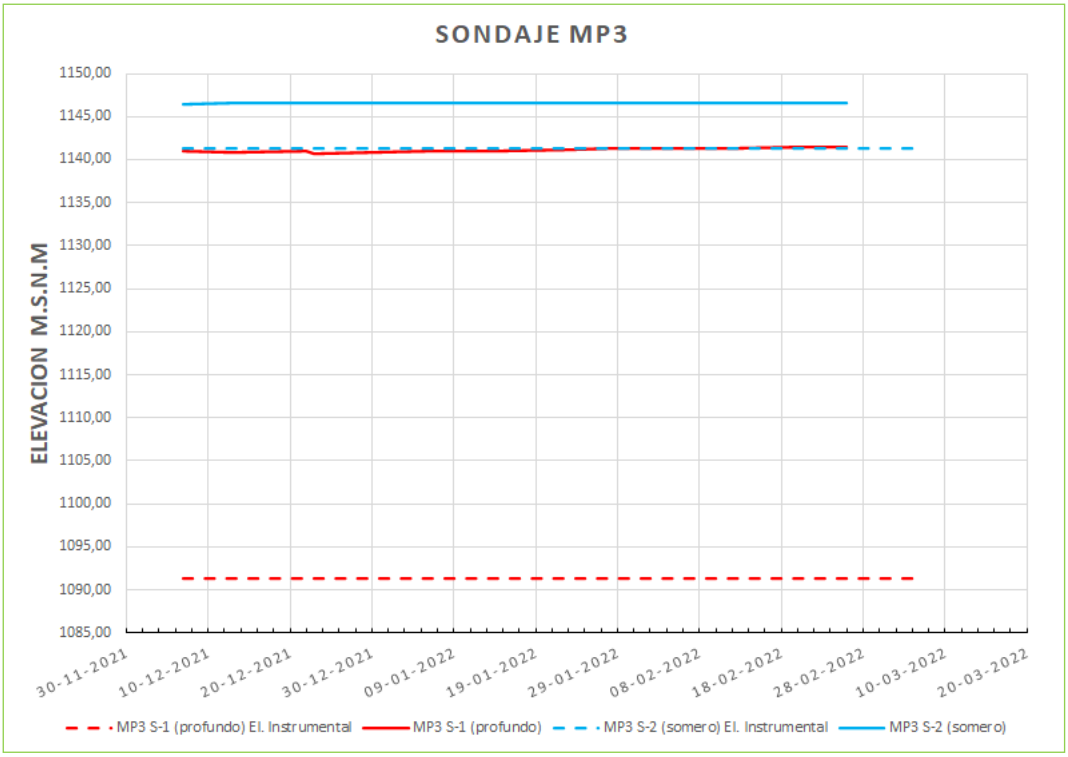
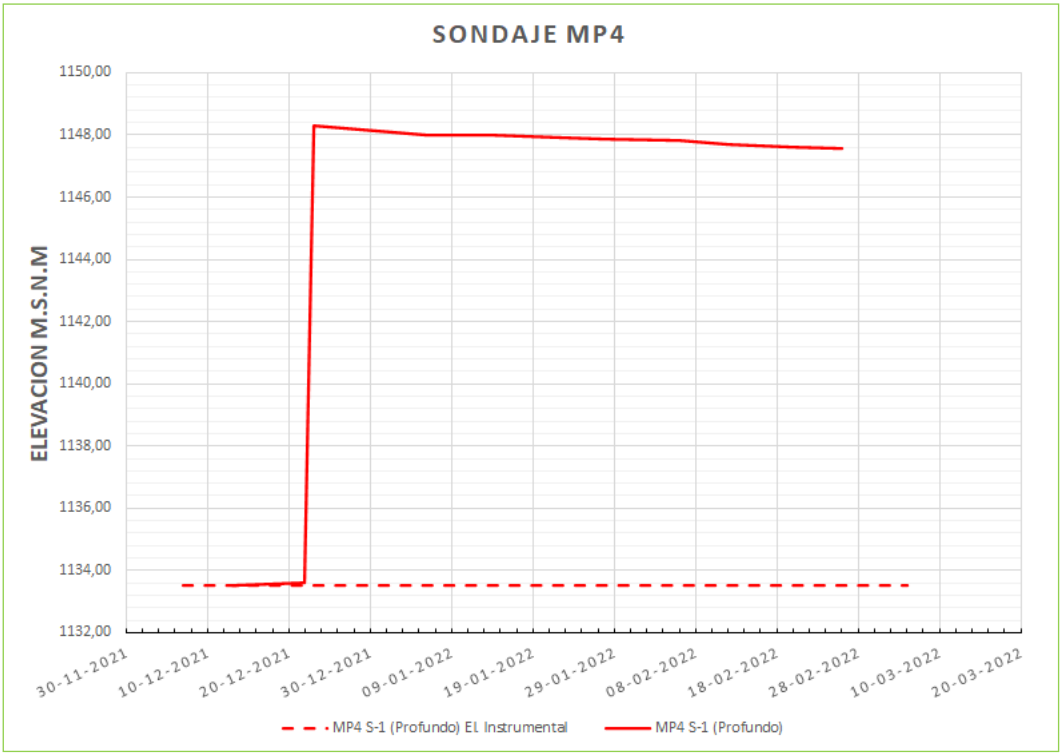


Figura 4-32: MP, Grafico Piezométrico sondaje MP4 (VW), al 28 de febrero de 2022 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)



4.1.8. 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 presentan lecturas estables en todos los casos, lo que indica que el nivel freático en el interior de los muros está controlado por el sistema de drenaje, con una tendencia ligeramente creciente en el tiempo, en el caso particular de los piezómetro PE-03, PE-04, PE-06, PE-013, PE-014, PE-19 y DH-03. Los piezómetros de cuerda vibrante del MNO, presentan niveles concordantes con los medidos en el piezómetro DH-03 (Casagrande) asociado a la misma estructura.

Uno de los aspectos que había llamado la atención hasta el período anterior, es que el piezómetro DH-6 (6100) no ha mostrado variación, siendo que el DH-6 (6200) registraba un nivel prácticamente igual al nivel de instalación del DH-6 (6100). En caso de que los piezómetros instalados en el sondaje DH-6 (6100 y 6200) estén funcionando correctamente, se esperaba que si el nivel del piezómetro DH-6 (6200) seguía subiendo, en corto plazo el nivel del piezómetro DH-6 (6100) debería comenzar a variar, sin embargo esto no se observó hasta abril de 2021, cuando el DH-6 (6200) ya había sobrepasado el nivel de instalación de DH-6 (6100) y dejó de registrar. El piezómetro DH-7 (Casagrande) no ha mostrado un incremento de niveles, hasta el momento de escribir el presente informe, lo que podría explicarse por su mayor distancia a la playa de relaves, hacia aguas abajo de los piezómetros habilitados en el sondaje DH-6.

Se debe continuar con el monitoreo periódico del nivel piezométrico leído, monitoreando con rigurosidad el comportamiento del piezómetro DH-6 (6100) ante cualquier cambio en su tendencia, la que hasta el momento ha sido estable, y por debajo de la elevación instrumental.

Al término del año 2021 la TMF cuenta con 30 piezómetros instalados, de los cuales el 80% se encuentran operativos (24 c/u), lo que significa un aumento efectivo del 33% del monitoreo piezométrico de los muros respecto de los 18 piezómetros operativos al término del periodo anterior.

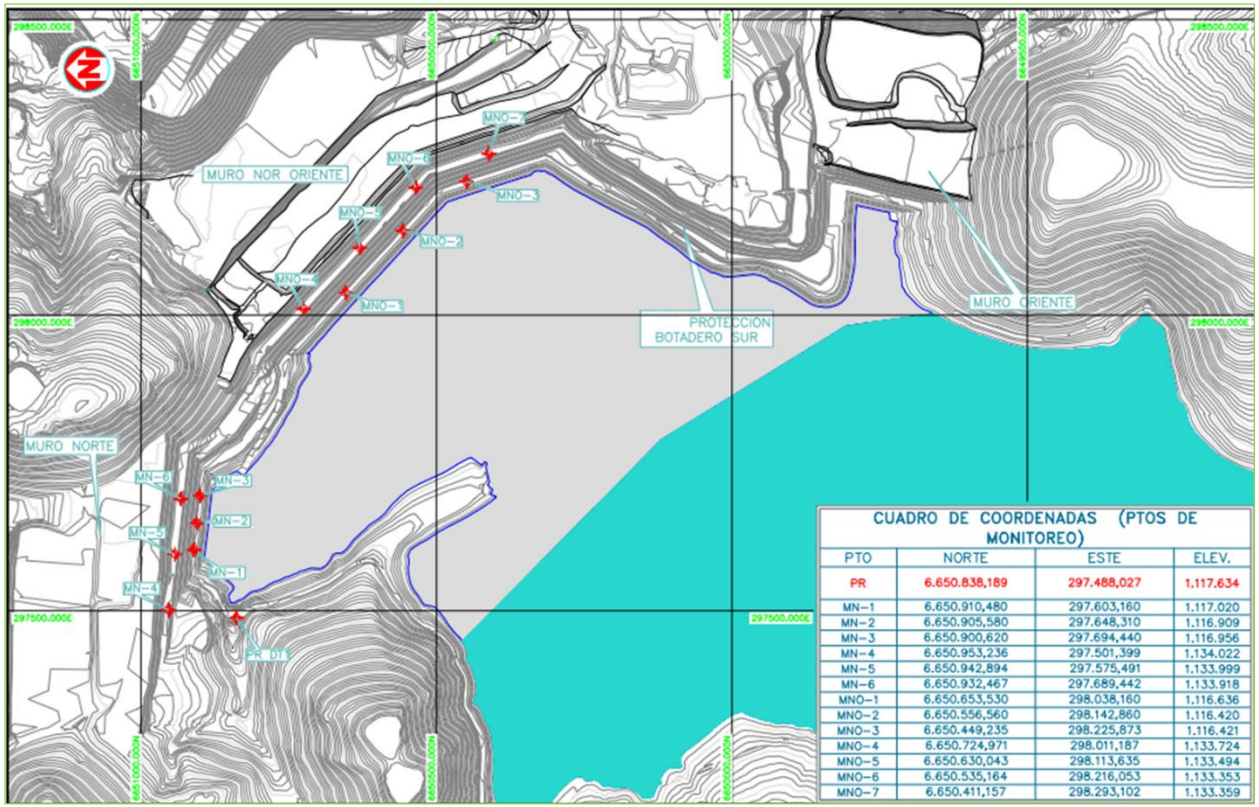
4.2. Deformaciones

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, Etapas 1 y 2.

La Figura 4-33 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 4-33: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. Wood)



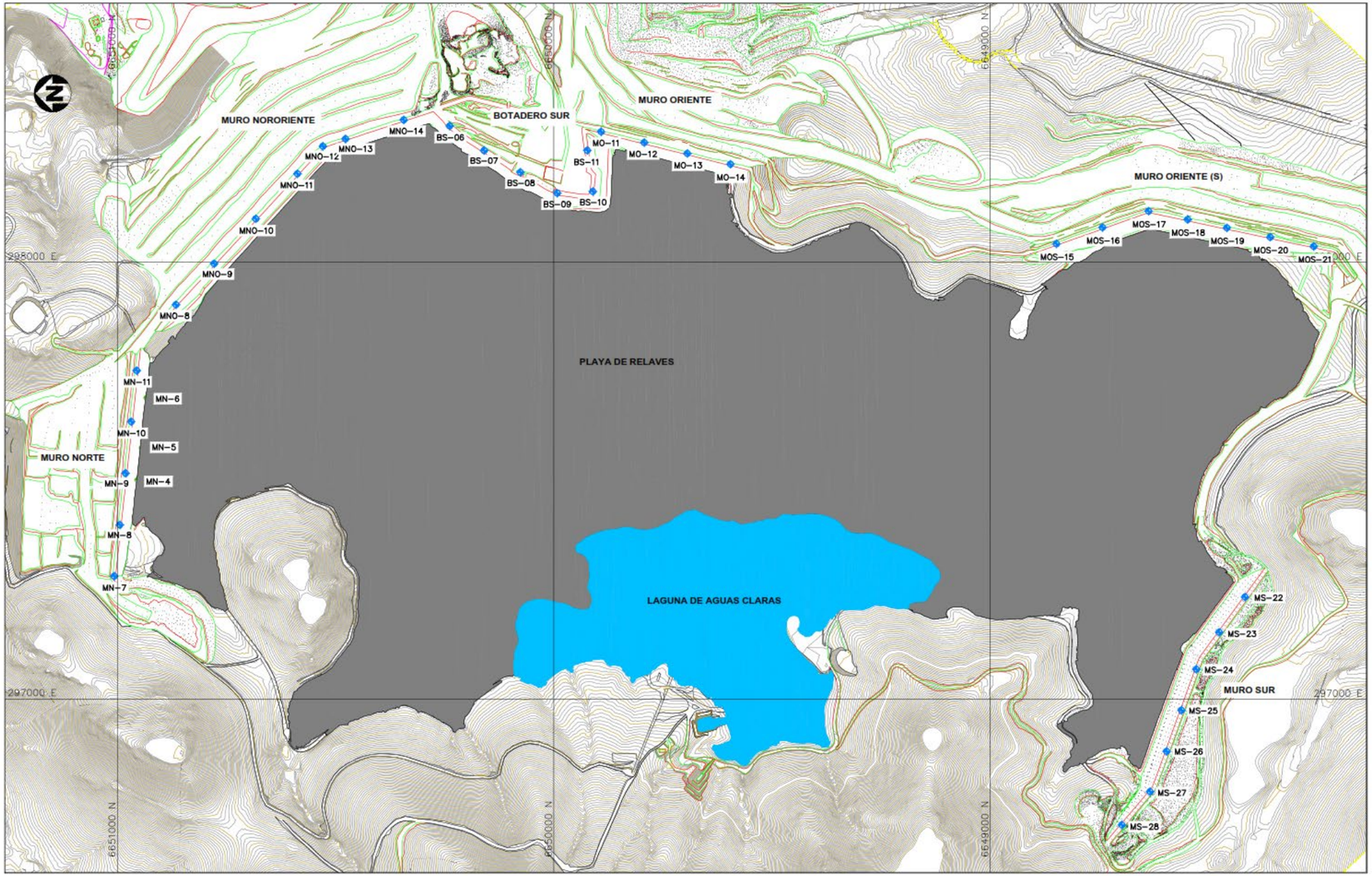
CUADRO DE COORDENADAS (PTOS DE MONITOREO)

PTO	NORTE	ESTE	ELEV.
PR	6.650.838,189	297.488,027	1.117.634
MN-1	6.650.910,480	297.603,160	1.117.020
MN-2	6.650.905,580	297.648,310	1.116.909
MN-3	6.650.900,620	297.694,440	1.116.956
MN-4	6.650.953,236	297.501,399	1.134.022
MN-5	6.650.942,894	297.575,491	1.133.999
MN-6	6.650.932,467	297.689,442	1.133.918
MNO-1	6.650.653,530	298.038,160	1.116.636
MNO-2	6.650.556,560	298.142,860	1.116.420
MNO-3	6.650.449,235	298.225,873	1.116.421
MNO-4	6.650.724,971	298.011,187	1.133.724
MNO-5	6.650.630,043	298.113,635	1.133.494
MNO-6	6.650.535,164	298.216,053	1.133.353
MNO-7	6.650.411,157	298.293,102	1.133.359

4.2.2. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3.

En la Figura 4-34, 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 4-35 a 4-37 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 4-34: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 3, plano As Built, al 31 de diciembre de 2016 (ref. Wood)



MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-7	6.651.007,37	297.281,62	1.149,50	
MN-8	6.650.994,46	297.398,96	1.149,50	
MN-9	6.650.981,44	297.517,24	1.149,50	
MN-10	6.650.968,43	297.635,51	1.149,50	
MN-11	6.650.955,59	297.752,19	1.149,50	

MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-8	6.650.865,69	297.902,84	1.149,50	
MNO-11	6.650.587,49	298.202,70	1.149,50	

MURO ORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MO-11	6.649.891,74	298.299,04	1.149,50	
MO-12	6.649.792,93	298.274,20	1.149,50	
MO-13	6.649.694,13	298.249,34	1.149,50	
MO-14	6.649.595,40	298.224,55	1.149,50	

BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-10	6.649.910,56	298.162,39	1.149,50	
BS-11	6.649.923,27	298.256,41	1.149,50	

MURO ORIENTE (S)				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MOS-15	6.648.848,29	298.042,31	1.149,50	
MOS-16	6.648.742,83	298.079,72	1.149,50	
MOS-17	6.648.637,36	298.117,13	1.149,50	
MOS-18	6.648.547,67	298.098,02	1.149,50	
MOS-19	6.648.457,98	298.078,91	1.149,50	
MOS-20	6.648.358,42	298.057,70	1.149,50	
MOS-21	6.648.258,85	298.036,49	1.149,50	

MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-4	6.650.953,236	297.501,399	1.134	
MN-5	6.650.942,894	297.575,491	1.134	
MN-6	6.650.932,467	297.689,442	1.134	

MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-9	6.650.778,348	297.996,98	1.149,5	
MNO-10	6.650.682,917	298.099,842	1.149,5	
MNO-12	6.650.529,089	298.265,648	1.149,5	
MNO-13	6.650.477,322	298.282,554	1.149,5	
MNO-14	6.650.343,947	298.326,108	1.149,5	

BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-06	6.650.238,576	298.312,097	1.149,5	
BS-07	6.650.159,69	298.255,989	1.149,5	
BS-09	6.649.992,005	298.158,28	1.149,5	
BS-08	6.650.076,396	298.206,21	1.149,5	

MURO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MS-22	6.648.416,18	297.233,79	1.149,5	
MS-23	6.648.475,35	297.153,18	1.149,5	
MS-24	6.648.527,77	297.068,71	1.149,5	
MS-25	6.648.561,93	296.974,72	1.149,5	
MS-26	6.648.595,88	296.880,67	1.149,5	
MS-27	6.648.633,91	296.788,56	1.149,5	
MS-28	6.648.698,44	296.712,22	1.149,5	

PLANTA GENERAL
Esc. 1/10000

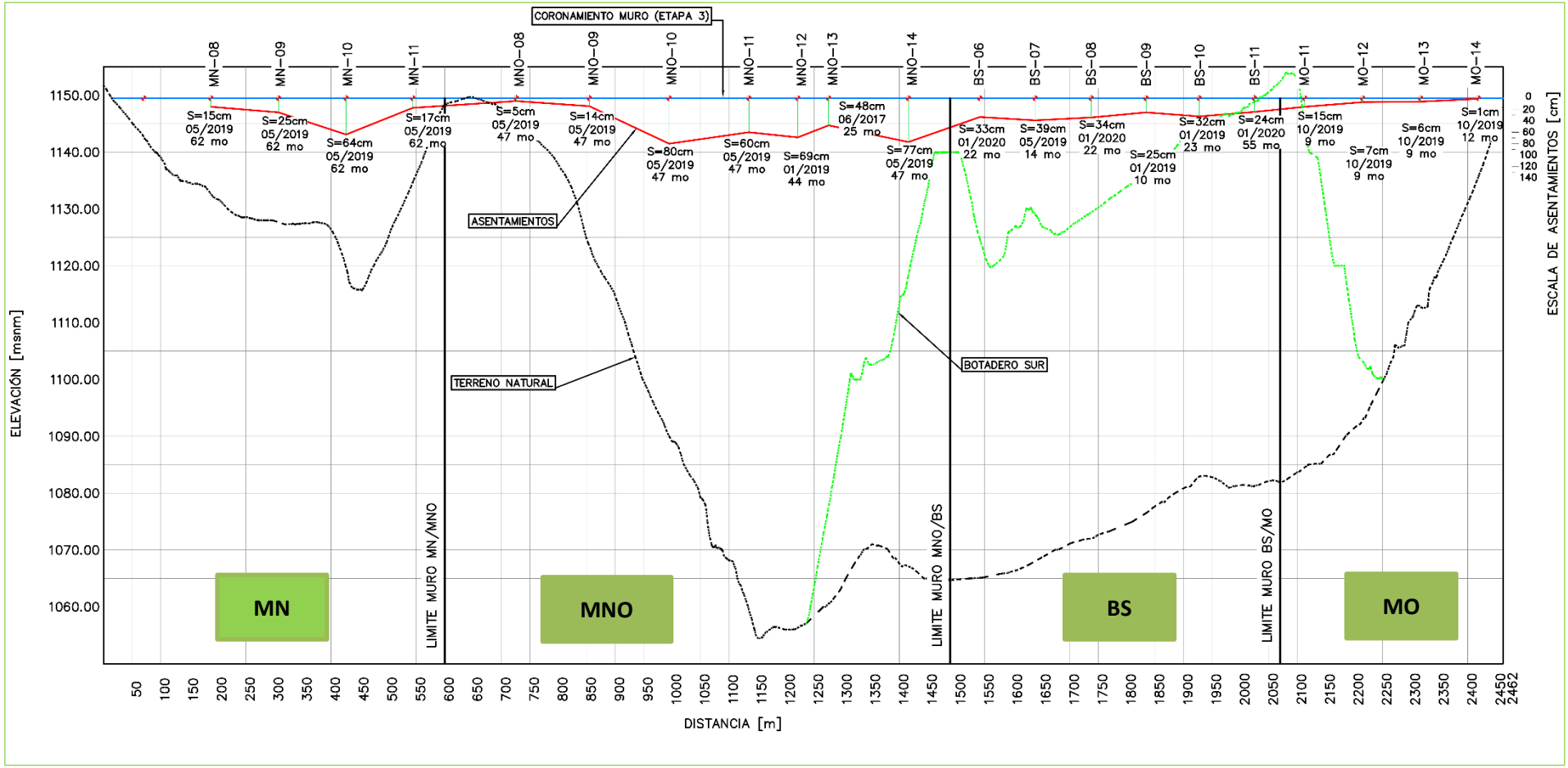
LEYENDA

- *MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS*

NOTAS

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

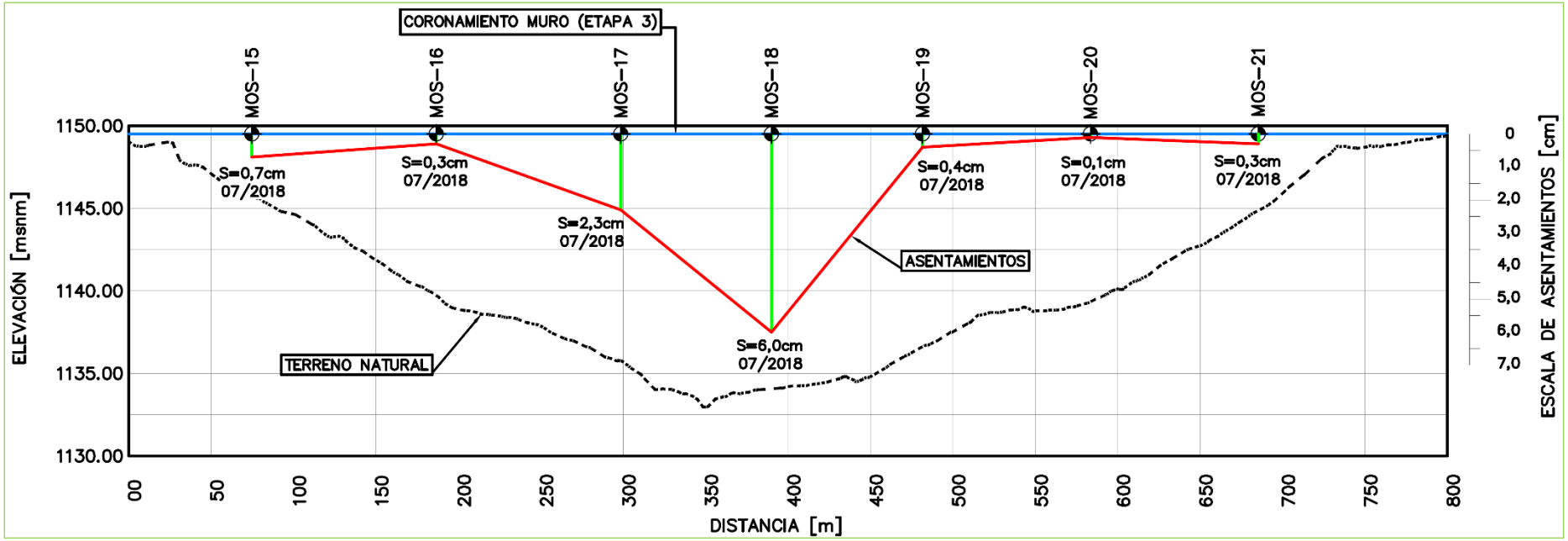
Figura 4-35: TMF, Perfil Etapa 3 MN, MNO, BS y MO (ref. Wood).



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 4-36: MO(S), Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. Wood).



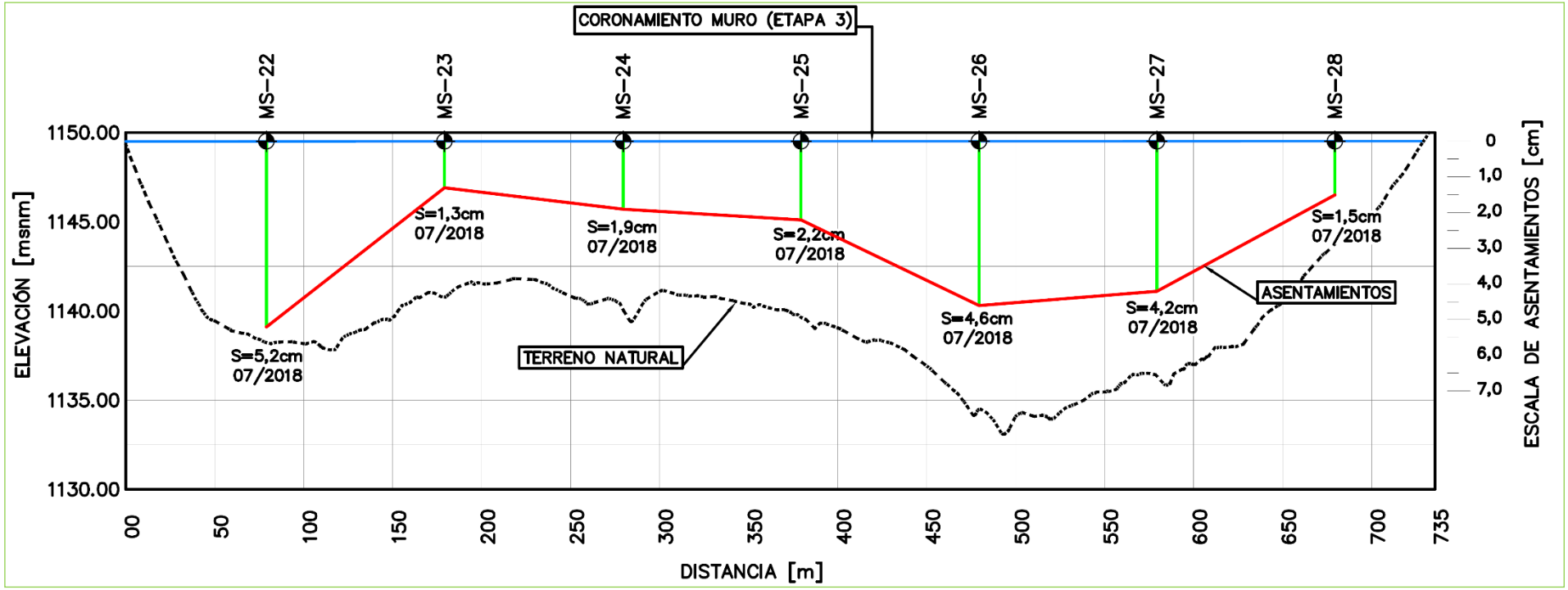
Nota: La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de diseño de la E3 (El.= 1.149,5 msnm);

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 4-37: MS, Perfil Etapa 3 (15 mo) (ref. Wood).



Nota: La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional 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.

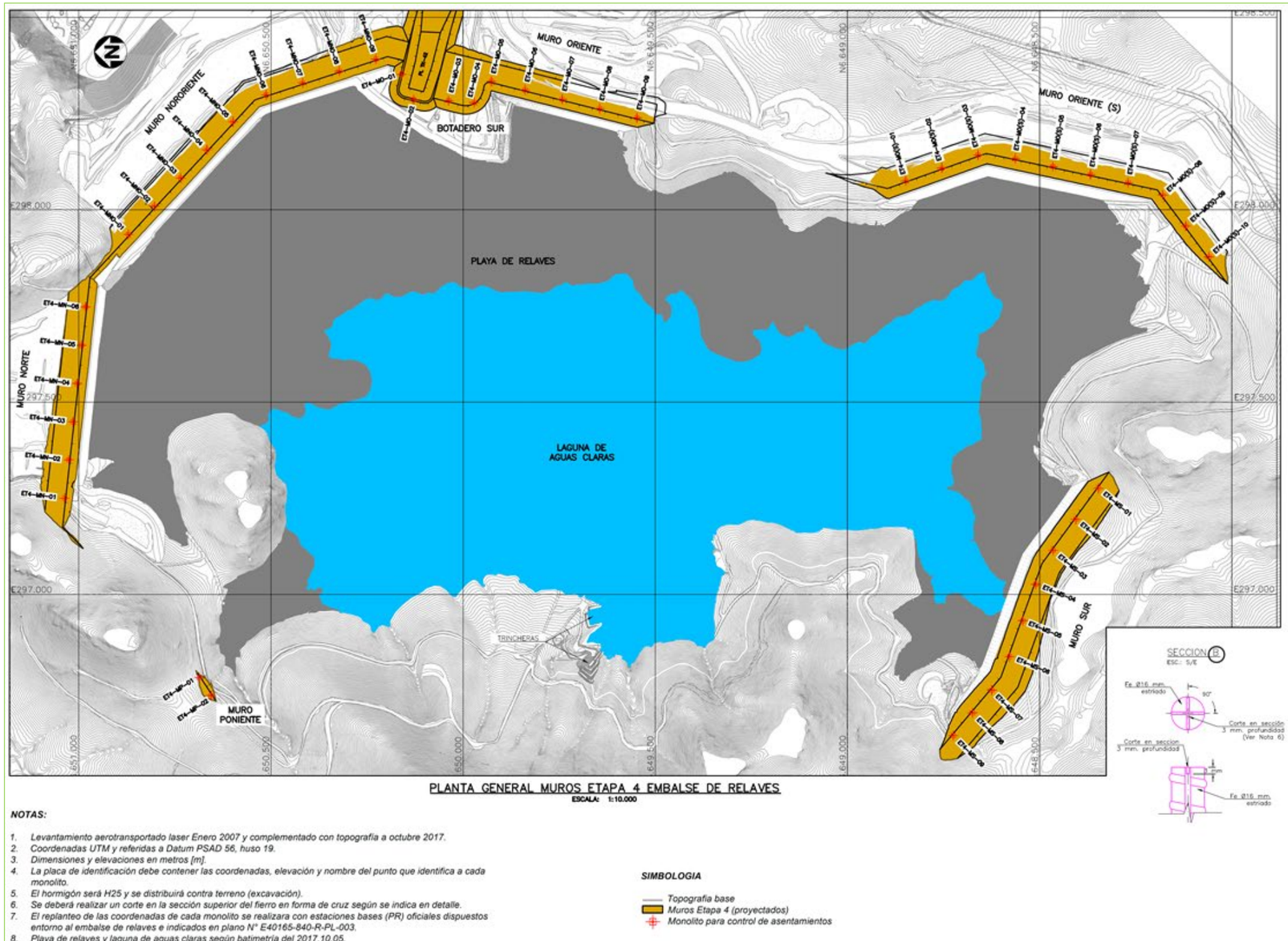
4.2.3. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 4

En la Figura 4-38, se presenta la distribución de los monolitos para la E4. Al momento de escribir el presente reporte, se encuentran todos construidos, salvo los del muro MNO y se dispone para el periodo de las nivelaciones en los muros MN, MNO y MO(S) (ver figuras 4-39 y 4-40). En dichas figuras, para el caso de 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 todos los 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 todas las 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 4-39 y azul en la figura 4-40.

Para el resto de los muros BS, MO, MS y MP los monolitos fueron construidos durante el Q1 del año 2022, posterior al término de los trabajos relativos a la construcción de la E4 del relleno de transición, por lo que a primera nivelación cerrada se hará a comienzos del Q2 del próximo periodo.

Está pendiente la construcción de los monolitos del MNO, a la espera que finalice el montaje de la cañería de distribución de relaves, al hombro de la plataforma operacional al coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido.

Figura 4-38: TMF, Monolitos para control de Asentamientos Etapa 4 (ref. Wood)



PLANTA GENERAL MUROS ETAPA 4 EMBALSE DE RELAVES
ESCALA: 1:10.000

NOTAS:

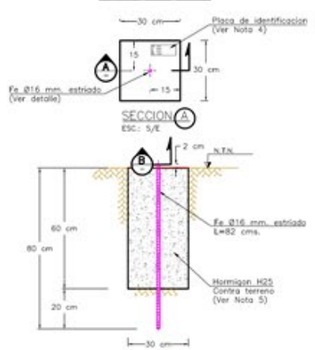
1. Levantamiento aerotransportado laser Enero 2007 y complementado con topografía a octubre 2017.
2. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56, huso 19.
3. Dimensiones y elevaciones en metros [m].
4. La placa de identificación debe contener las coordenadas, elevación y nombre del punto que identifica a cada monolito.
5. El hormigón será H25 y se distribuirá contra terreno (excavación).
6. Se deberá realizar un corte en la sección superior del fierro en forma de cruz según se indica en detalle.
7. El replanteo de las coordenadas de cada monolito se realizara con estaciones bases (PR) oficiales dispuestos entorno al embalse de relaves e indicados en plano N° E40165-840-R-PL-003.
8. Playa de relaves y laguna de aguas claras según batimetría del 2017.10.05.

SIMBOLOGIA

- Topografia base
- Muros Etapa 4 (proyectados)
- Monolito para control de asentamientos

SECCION B
ESC.: S/E

MONOLITO CONTROL ASENTAMIENTO
VISTA EN PLANTA



Cuadro de coordenadas Monolitos para control de asentamientos				
Ubicación	Coordenadas			Monolito
	Norte	Este	Elevación	
Muro Norte	6.651.036,79	297.250,09	1.162,50	ET4-MN-01
	6.651.025,85	297.349,49	1.162,50	ET4-MN-02
	6.651.014,92	297.448,89	1.162,50	ET4-MN-03
	6.651.003,98	297.548,29	1.162,50	ET4-MN-04
	6.650.993,04	297.647,69	1.162,50	ET4-MN-05
	6.650.982,10	297.747,09	1.162,50	ET4-MN-06
Muro Nororiente	6.650.870,53	297.935,56	1.162,50	ET4-MN0-01
	6.650.802,51	298.008,87	1.162,50	ET4-MNO-02
	6.650.734,50	298.082,18	1.162,50	ET4-MNO-03
	6.650.666,49	298.155,49	1.162,50	ET4-MNO-04
	6.650.598,47	298.228,80	1.162,50	ET4-MNO-05
	6.650.512,30	298.298,27	1.162,50	ET4-MNO-06
	6.650.417,24	298.329,32	1.162,50	ET4-MNO-07
	6.650.322,18	298.360,36	1.162,50	ET4-MNO-08
	6.650.227,12	298.391,40	1.162,50	ET4-MNO-09
Muro Oriente	6.650.159,49	298.352,30	1.162,50	ET4-MO-01
	6.650.128,45	298.286,28	1.162,50	ET4-MO-02
	6.650.037,77	298.283,42	1.162,50	ET4-MO-03
	6.649.971,28	298.278,75	1.162,50	ET4-MO-04
	6.649.926,38	298.333,56	1.162,50	ET4-MO-05
	6.649.838,96	298.311,66	1.162,50	ET4-MO-06
	6.649.741,96	298.287,35	1.162,50	ET4-MO-07
	6.649.644,95	298.263,04	1.162,50	ET4-MO-08
	6.649.547,95	298.238,73	1.162,50	ET4-MO-09
Muro Oriente (S)	6.648.848,94	298.074,98	1.162,50	ET4-MOS-01
	6.648.754,69	298.108,41	1.162,50	ET4-MOS-02
	6.648.660,44	298.141,84	1.162,50	ET4-MOS-03
	6.648.563,44	298.133,19	1.162,50	ET4-MOS-04
	6.648.465,64	298.112,32	1.162,50	ET4-MOS-05
	6.648.367,85	298.091,46	1.162,50	ET4-MOS-06
	6.648.270,05	298.070,59	1.162,50	ET4-MOS-07
	6.648.179,93	298.037,71	1.162,50	ET4-MOS-08
	6.648.119,94	297.957,70	1.162,50	ET4-MOS-09
	6.648.059,95	297.877,69	1.162,50	ET4-MOS-10
Muro Sur	6.648.346,99	297.275,63	1.162,50	ET4-MS-01
	6.648.406,13	297.195,00	1.162,50	ET4-MS-02
	6.648.465,28	297.114,37	1.162,50	ET4-MS-03
	6.648.510,23	297.026,16	1.162,50	ET4-MS-04
	6.648.544,20	296.932,11	1.162,50	ET4-MS-05
	6.648.578,18	296.838,06	1.162,50	ET4-MS-06
	6.648.624,82	296.751,34	1.162,50	ET4-MS-07
	6.648.674,87	296.692,22	1.162,50	ET4-MS-08
	6.648.724,92	296.633,09	1.162,50	ET4-MS-09
Muro Poniente	6.650.686,21	296.783,48	1.162,50	ET4-MP-01
	6.650.655,74	296.737,07	1.162,50	ET4-MP-02

Figura 4-39: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MN (14 mo) y MNO (9 mo), (ref. Wood)

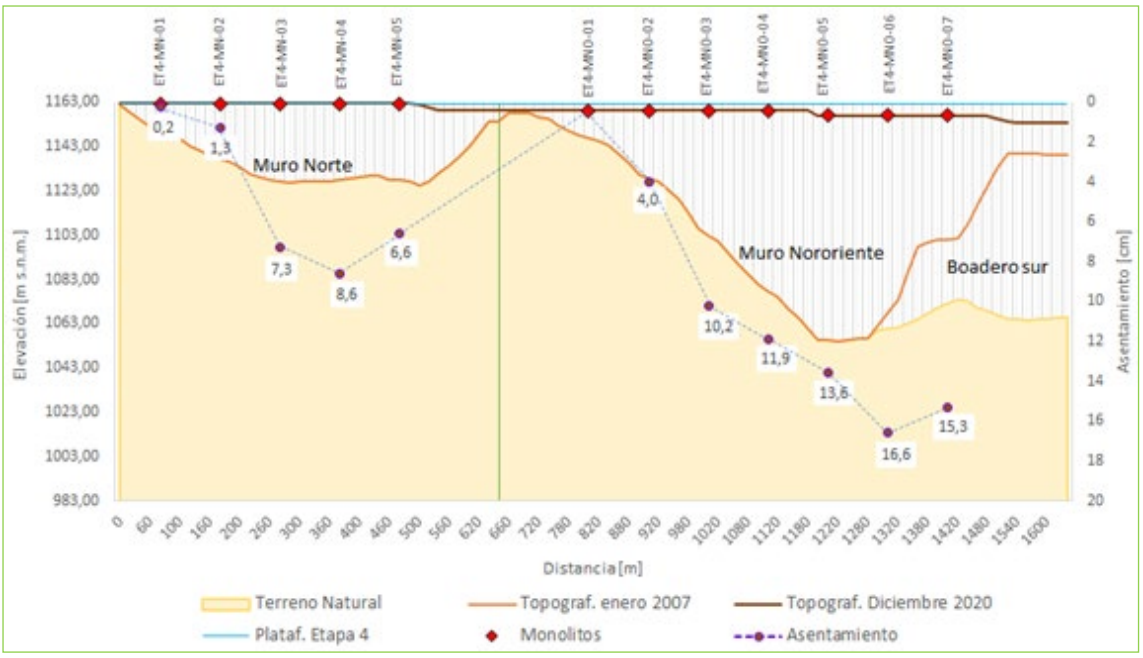
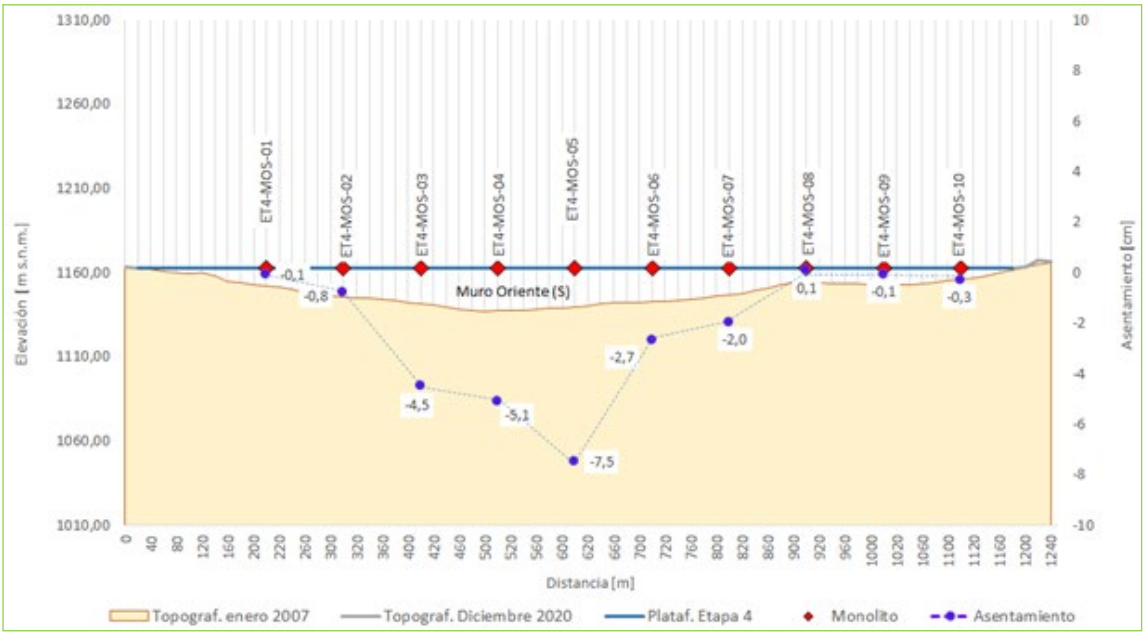


Figura 4-40: TMF, Gráfico de Asentamientos Etapa 4, MO(S) (12 mo) (ref. Wood)



4.2.4. Comparación de Asentamientos Totales

Durante el periodo anterior 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”, 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;

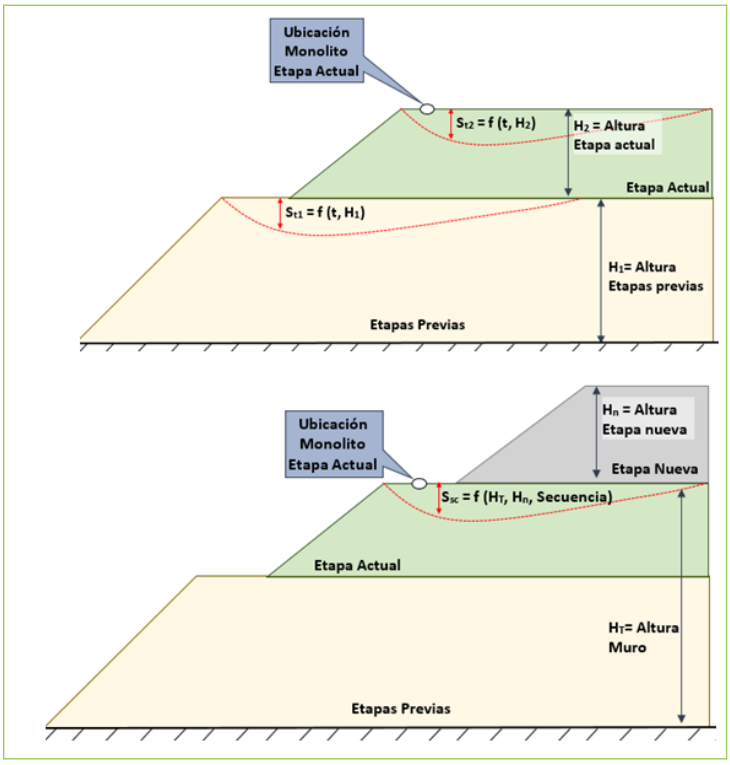
- Asentamientos post construcción de etapa actual (S_{t2}). Corresponde al asentamiento por peso propio que experimenta la sección de muro en la cual está instalado el monolito; y

- 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 4-41 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 4-41: 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 4-42 y 4-43 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 4-42: Asentamientos Totales (menores a 2,5%)

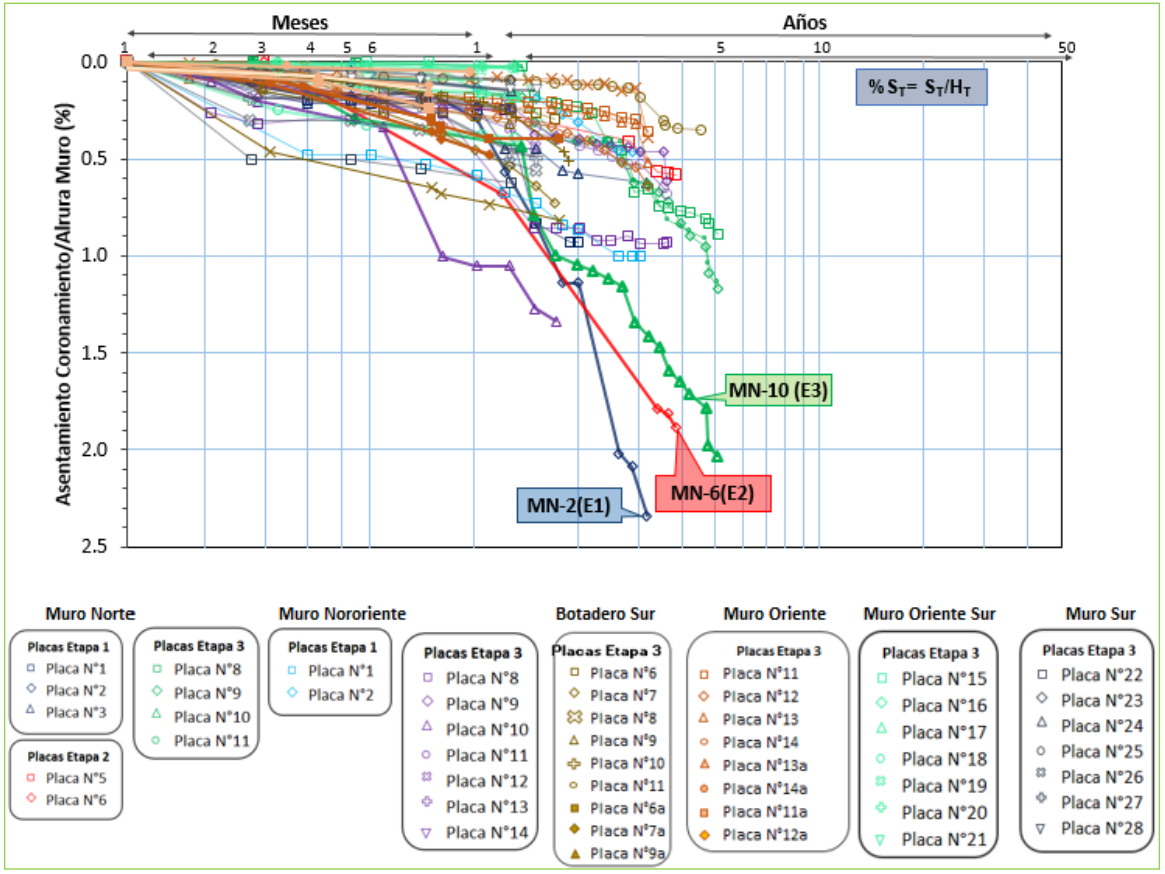
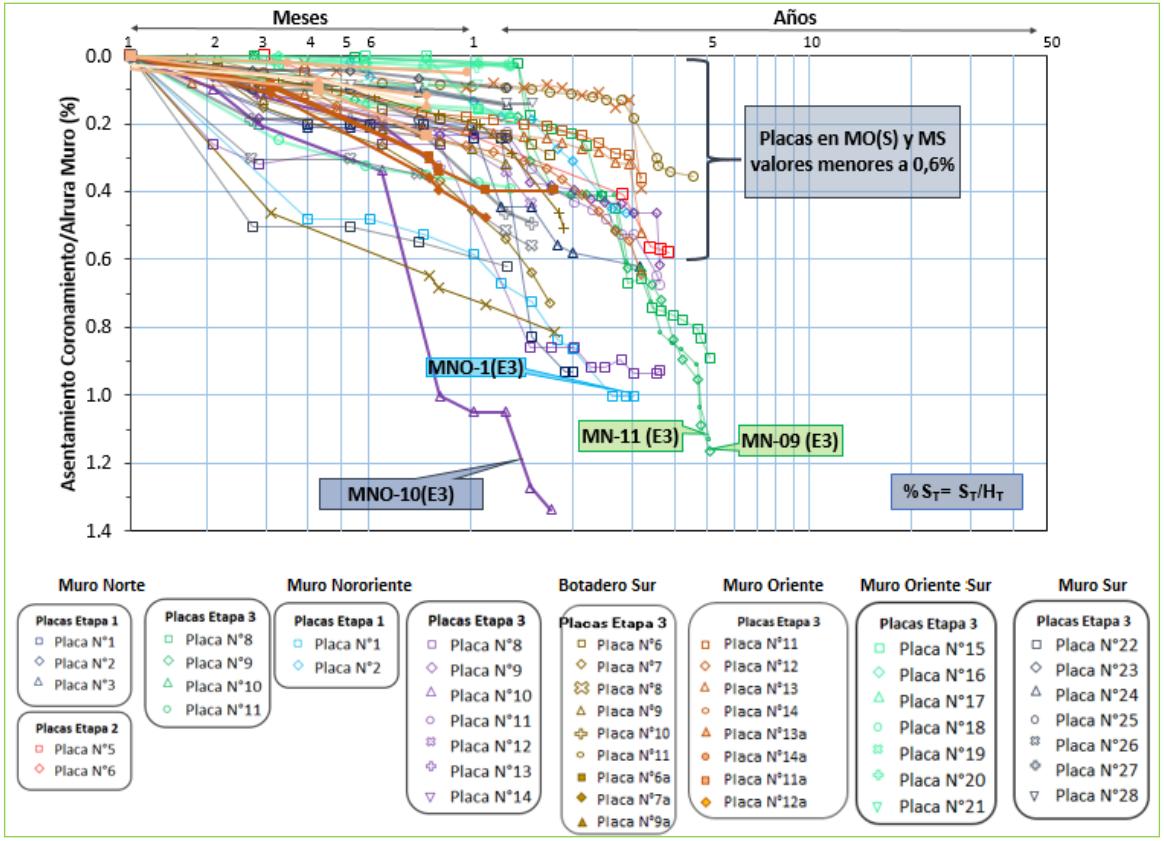


Figura 4-43: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%)



Con el fin de presentar un resumen de las figuras anteriores, la Tabla 4-1 muestra los asentamientos porcentuales registrados respecto a la altura del muro en la ubicación de la placa.

Tabla 4-1: 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
MO(S)	Placa 15					0,18%	3,8
	Placa 16					0,03%	9,8
	Placa 17					0,17%	13,6
	Placa 18					0,39%	15,4
	Placa 19					0,03%	12,8
	Placa 20					0,02%	10,0
	Placa 21					0,02%	4,5
MS	Placa 22					0,62%	8,4
	Placa 23					0,10%	13,7
	Placa 24					0,15%	13,1
	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 4-44 presenta las curvas de asentamiento para cada muro en sus distintas etapas (S_{t2}), 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.

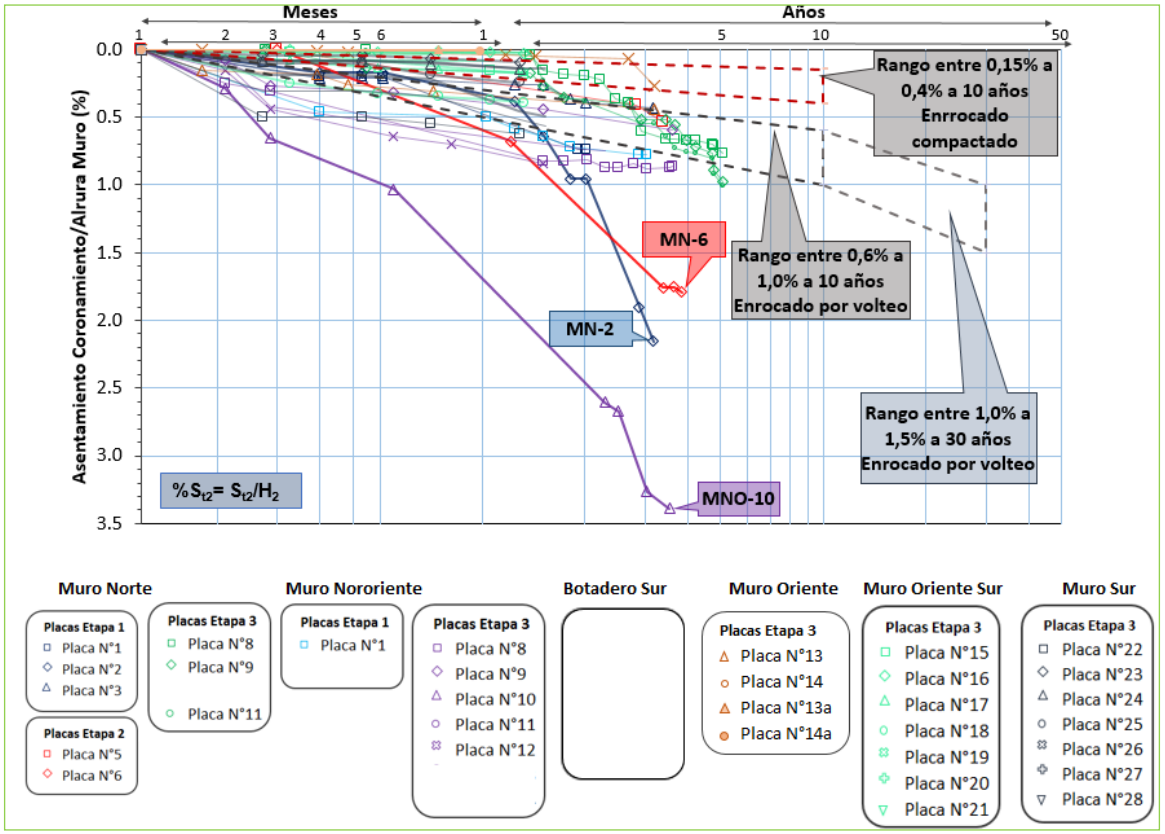
En general los asentamientos registrados son menores a 1,5% y en los muros del depósito presentan una trayectoria intermedia entre los enrocados colocados por volteo y aquellos compactados, lo cual resulta consistente con el método constructivo empleado. Los valores que se alejan en mayor medida de los 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.

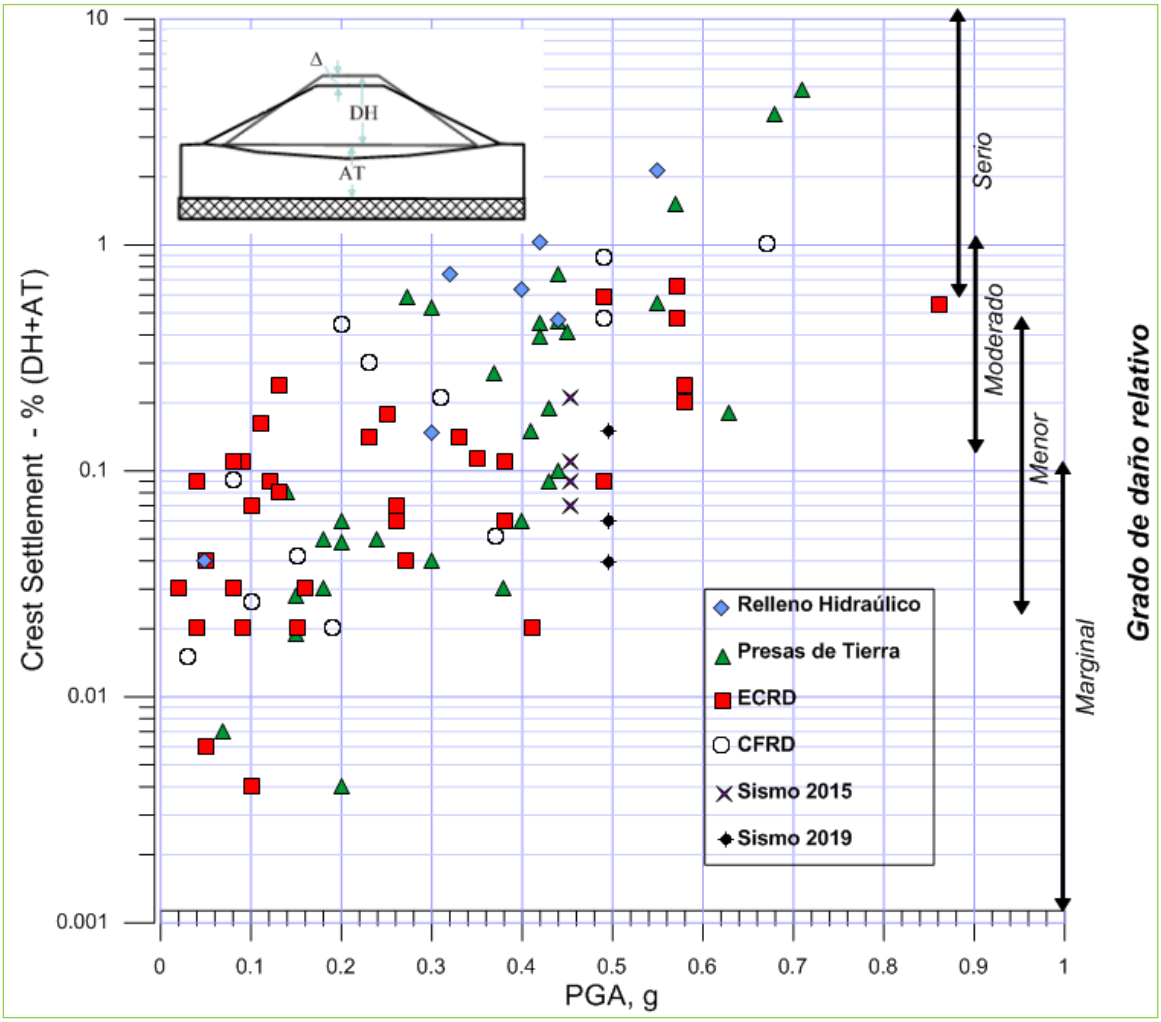
Figura 4-44: Asentamientos Capa Actual en Comparación con Asentamientos Propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales).



4.2.5. Comparación de Asentamientos Sísmicos

En la Figura 4-45 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).

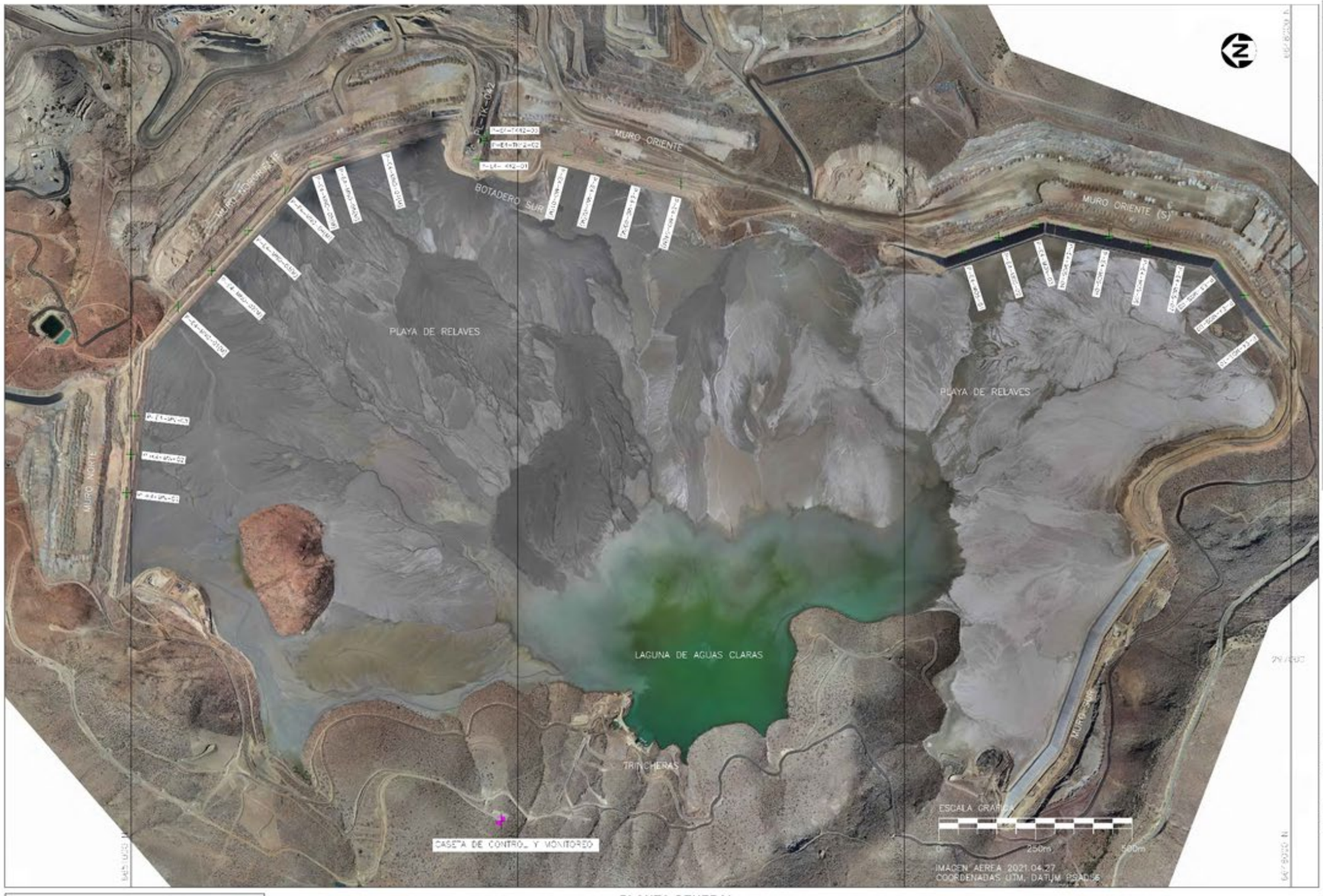
Figura 4-45: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos



En la Figura 4-45 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 4-45 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.

Figura 4-46: TMF, Prismas para Control de Asentamientos Etapa 4 (ref. Wood)



LEYENDA

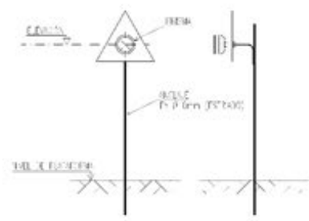
- Caseta control y monitoreo embalse de relaves
- Prisma de control

PLANTA GENERAL
Escala: 1:11.000

Cuadro de coordenadas Prismas control de asentamientos Muros

Muro	ID Prisma	Coordenadas Norte	Coordenadas Este	Elevación Plataforma	Elevación Prisma	Altura Prisma
Muro Norte	P-E4-MN-01	6.651.012,52	297.448,63	1.162,49	1.163,57	1,08
	P-E4-MN-02	6.651.001,40	297.548,06	1.162,52	1.163,58	1,06
	P-E4-MN-03	6.650.990,41	297.647,42	1.162,49	1.163,64	1,15
Muro Nororiente	P-E4-MNO-01 (M)	6.650.878,54	297.928,39	1.161,11	1.162,32	1,21
	P-E4-MNO-02 (M)	6.650.791,51	298.022,58	1.161,05	1.162,20	1,15
	P-E4-MNO-03 (M)	6.650.696,23	298.125,79	1.160,85	1.161,99	1,14
	P-E4-MNO-04 (M)	6.650.601,18	298.229,95	1.160,76	1.161,96	1,20
	P-E4-MNO-05 (M)	6.650.524,99	298.295,01	1.160,68	1.161,88	1,20
	P-E4-MNO-06 (M)	6.650.467,18	298.314,88	1.160,71	1.161,99	1,28
	P-E4-MNO-07 (M)	6.650.343,19	298.352,83	1.160,73	1.161,81	1,08
Plataforma Pi TK-42, Botadero Sur	P-E4-TK42-01	6.650.105,51	298.309,24	1.176,84	1.177,78	0,94
	P-E4-TK42-02	6.650.086,95	298.357,92	1.176,83	1.177,72	0,89
	P-E4-TK42-03	6.650.081,30	298.372,01	1.176,80	1.177,69	0,89
Muro Oriente	P-E4-MO-01 (M)	6.649.872,43	298.320,73	1.160,76	1.161,88	1,12
	P-E4-MO-02 (M)	6.649.786,42	298.303,04	1.160,81	1.162,02	1,21
	P-E4-MO-03 (M)	6.649.682,22	298.273,88	1.161,01	1.162,23	1,22
	P-E4-MO-04 (M)	6.649.578,23	298.247,65	1.161,07	1.162,19	1,12
Muro Oriente (S)	P-E4-MOS-01	6.648.849,18	298.074,49	1.162,60	1.163,75	1,15
	P-E4-MOS-02	6.648.755,61	298.107,92	1.162,63	1.163,79	1,16
	P-E4-MOS-03	6.648.661,25	298.141,10	1.162,62	1.163,76	1,14
	P-E4-MOS-04	6.648.563,14	298.132,39	1.162,61	1.163,67	1,06
	P-E4-MOS-05	6.648.470,22	298.112,00	1.162,71	1.163,74	1,03
	P-E4-MOS-06	6.648.369,42	298.089,91	1.162,63	1.163,79	1,16
	P-E4-MOS-07	6.648.270,67	298.070,36	1.162,63	1.163,95	1,32
	P-E4-MOS-08	6.648.178,32	298.037,05	1.162,67	1.163,79	1,12
	P-E4-MOS-09	6.648.120,25	297.958,87	1.162,66	1.163,81	1,15
	P-E4-MOS-10	6.648.061,33	297.879,09	1.162,73	1.163,79	1,06

DETALLE TIPO PRISMA DE CONTROL



NOTAS:

1. *Imagen aérea base georeferenciada, tomada con vuelo dron el 2021.04.27. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *Los prismas instalados en los muros nororiente y muro oriente se encuentran colocados sobre el relleno masivo, debido a que la fecha esta pendiente de construcción parte de los rellenos con transición correspondientes a la etapa 4, entre el estribo oriente del muro norte hasta el muro oriente. Estos prismas seran reubicados en su posicion definida una vez se concluyan los trabajos de la etapa 4.*

4.2.6. Prismas para control de Asentamientos

La Figura 4-46 indica la ubicación de los prismas instalados para el monitoreo de la Etapa 4.

En las figuras 4-47 a 4-51 se presentan los gráficos de elevación en el tiempo, de los prismas instalados en los muros MN, MNO, Pl. TK-042 (BS), MO y MO(S), medidos mediante la estación total destinada del proyecto DTMS (ex TAPD2017) para un periodo de control, en general de 12 meses equivalentes al año 2021.

Se deja establecido que, para el día 19 de octubre de 2021, en todos los muros y en todos los prismas que se encontraban habilitados, se muestra gráficamente una caída de 20 cm en la elevación medida, esta caída coincide con maniobras de mantención de la estación, por lo que esta singularidad se consideran un error de medición y no un asentamiento uniforme y de igual magnitud en todos los muros, lo que es muy poco probable que ocurra y/o improbable incluso en circunstancias excepcionales (terremoto). Se deja establecido que para dicha fecha no se verificó ningún sismo relevante en el sitio.

Respecto de los datos medidos para el muro MN se pueden apreciar distintos quiebres asociados al retiro y reposicionamiento de los primas, debido a los trabajos en el sector a lo largo de 2021, a saber la construcción del relleno de transición y el reposicionamiento de la cañería de distribución de relaves. Para el mes de octubre se puede apreciar claramente el descenso de 20 cm antes mencionado y posteriormente para fines de noviembre e inicios de diciembre se puede apreciar un segundo descenso, esta vez de 5 cm, que está relacionado con el retiro de la estación para calibración en laboratorio, momento en el que se instaló y habilitó una estación de reemplazo. Con los datos medidos para el Q4 del año 2021, se puede indicar que la tasa de asentamientos se ha mantenido constante, sin aceleración, aunque a simple vista difiere del comportamiento para los dos periodos de lectura anteriores durante el año, es decir a comienzos y mediados de 2021, para los cuales se puede apreciar un tasa de asentamientos mucho menor.

En el caso del MNO, se puede indicar lo mismo que en el caso del MN para inicios y mediados de año: una tasa de asentamientos muy baja, para luego durante el Q4 presentar una tasa de asentamientos levemente mayor, y con la mencionada caída de 20 cm en la elevación medida el día 19 de octubre. No hay lecturas para fines del año 2021, dado que se retiraron los prismas para finalizar la construcción del relleno de transición.

Para el caso de la plataforma TK-042 (BS) el prisma existente, arroja un comportamiento similar al descrito anteriormente para los muros MN y MNO, detectando además las caídas de 20 cm (octubre) y de 5 cm (noviembre / diciembre) ya señaladas.

Respecto del muro MO, los primas se retiran durante el Q4, para permitir la construcción del relleno de transición pendiente, por lo que no muestran ninguna de las dos (2) caídas antes descritas, presentando las lecturas un comportamiento bastante estable a lo largo del periodo.

Con relación a los prismas asociados al MO(S), se puede indicar que presentan un comportamiento similar al descrito para los muros MN, MNO y Pl. TK-042 (BS). Se debe tener en consideración que dado que el MO(S) es el que se encuentra más alejado respecto de la estación total robotizada, la mediciones sobre los prismas en este muro, siempre arrojan mayor dispersión de los datos, lo que se espera quede resuelto con la instalación de la segunda estación total, hacia el sur del depósito de relaves, cercana al estribo poniente del muros Sur. No obstante lo anterior, se puede apreciar un comportamiento bastante estable en la medición de los asentamientos.

Cabe destacar que durante el año 2021, se avanzó considerablemente respectos de las incertezas descritas sobre la calidad de los datos medidos que se tenían hasta el periodo anterior, principalmente en el error de los datos medidos y las variaciones de hasta 20 cm entre lecturas consecutivas, lo anterior mediante reuniones entre Teck CdA y Wood, con el proveedor del equipo de monitoreo Appareil Ltda., y con la implementación de las medidas sugeridas por este último, las que se pueden resumir en las siguientes actividades:

- Calibración de la Estación total robotizada: se desmontó la estación y fue reemplazada por un equipo en arriendo, el que permanece montado al momento de escribir el presente documento;

- Instalación de prismas de control, conformando un triángulo equilátero mediante tres (3) prismas destinados y ubicados a distancias similares a las de lectura desde la estación total robotizada; y

- Se habilitó el sensor de temperatura, que permite compensar las lecturas.

Con lo anterior se cumple el programa que se tenía estipulado para el periodo.

Las tendencias en el largo plazo que se pueden apreciar en los gráficos de asentamiento construidos con los datos de los prismas, son consistentes con la información obtenida de las nivelaciones cerradas trimestrales que se realizan como parte de las actividades de monitoreo que realiza Wood en el sitio, lo que se traduce en un control redundante para la variable operacional “asentamiento”, lo que es favorable desde el punto de vista del monitoreo de la TMF y de la seguridad de las estructuras..

Figura 4-47: MN, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA).

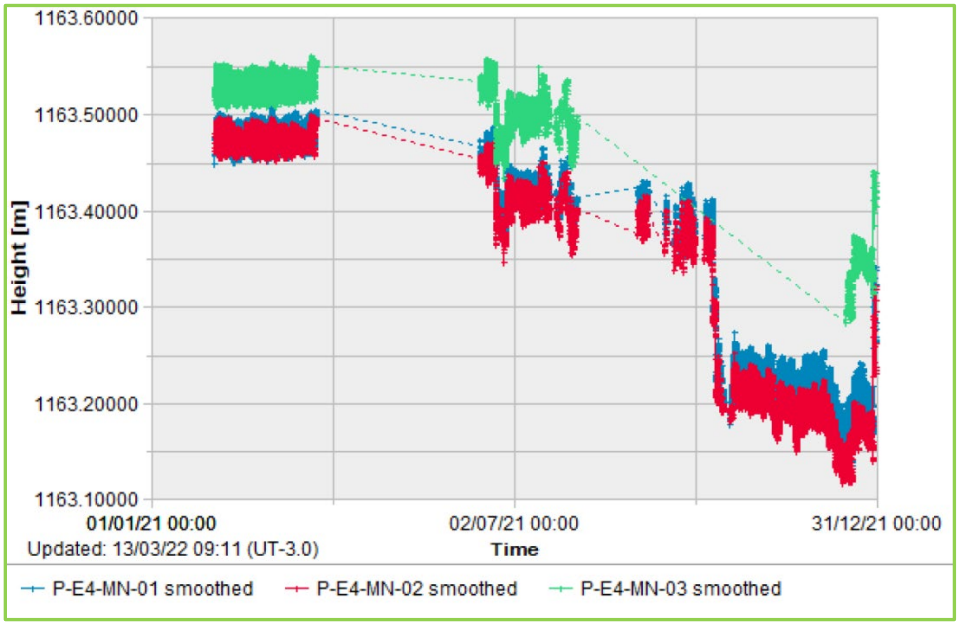


Figura 4-48: MNO, Asentamiento Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA).

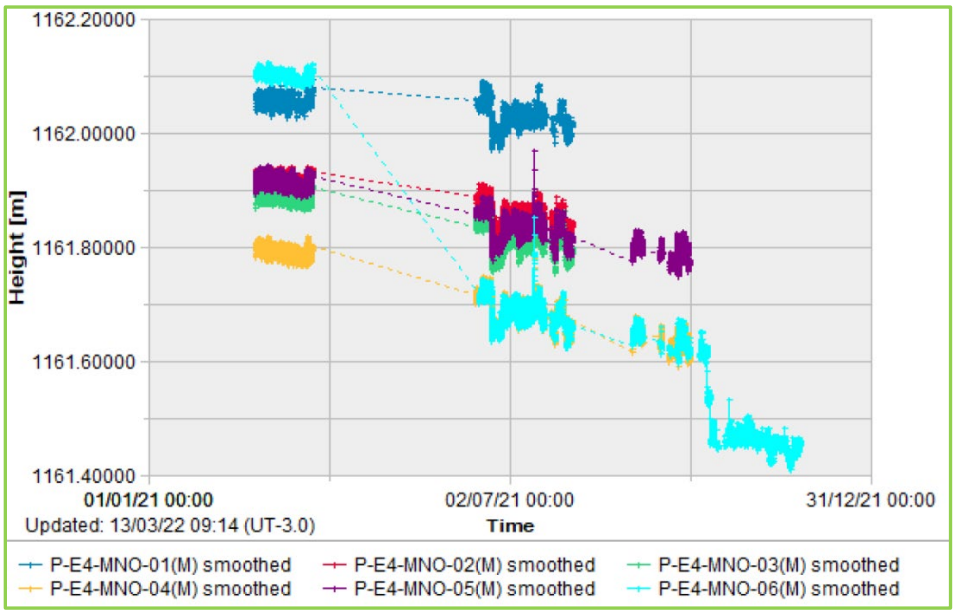


Figura 4-49: BS Pl. TK-042, Asentamientos Prismas Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA)

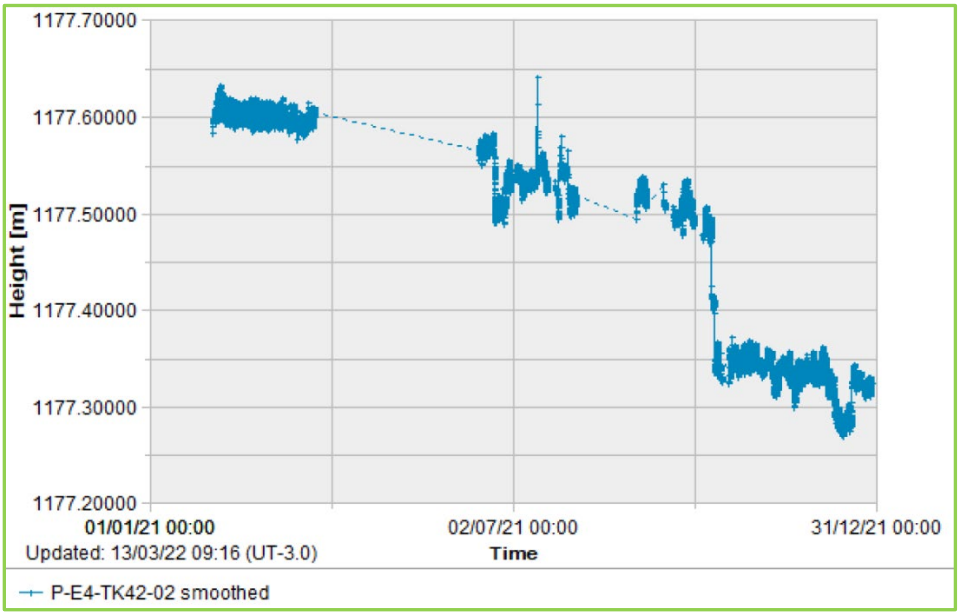


Figura 4-50: MO, Asentamientos Prismas Etapa 4 (10 mo) (ref. DTMS, Teck CdA).

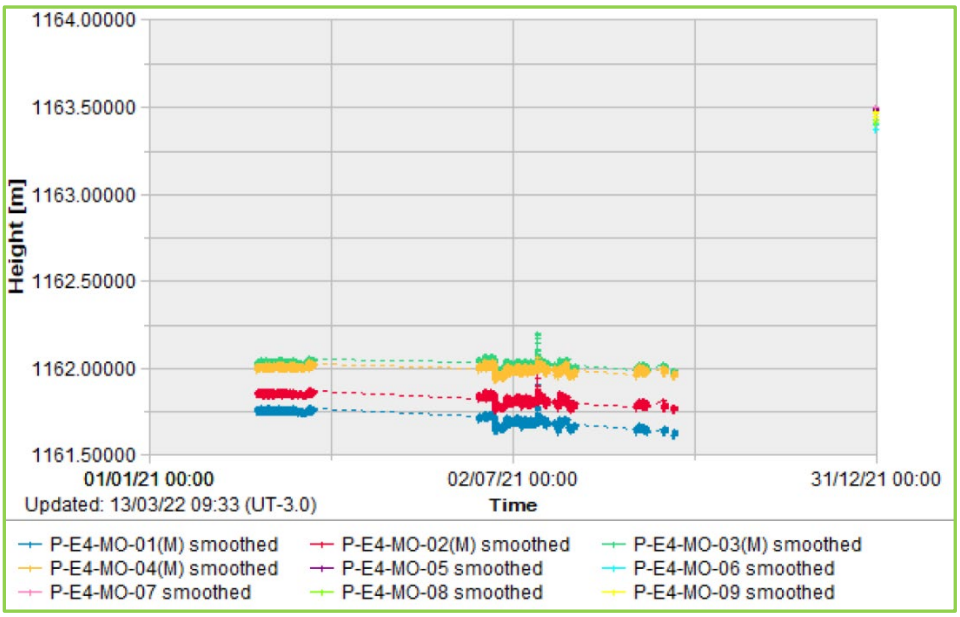
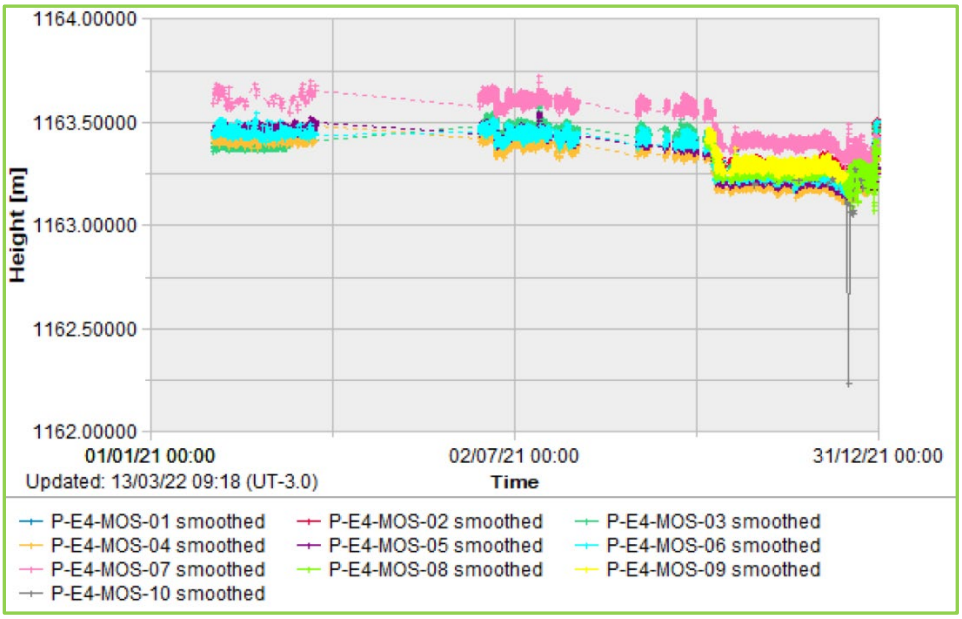


Figura 4-51: MO(S), Asentamientos Prismas, Etapa 4 (12 mo) (ref. DTMS, Teck CdA).



4.2.7. Monitoreo InSAR

Durante el Q4 de 2021 se retoma el monitoreo InSAR de la instalación de relaves, según se puede apreciar en las siguientes figuras.

Figura 4-52: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2021.08.22 @ 2021.09.27 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).

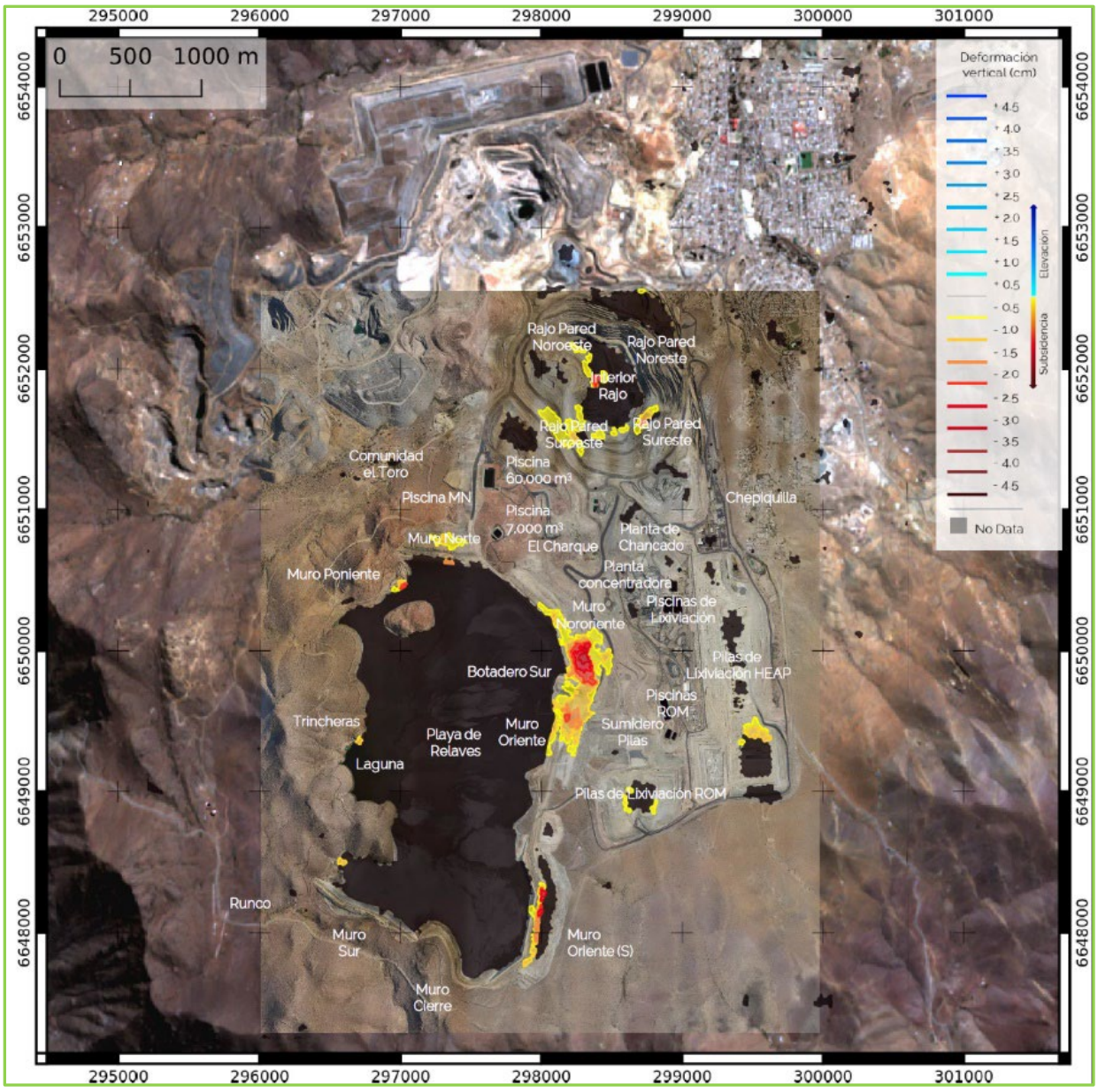


Figura 4-53: TMF, InSAR Deformación Vertical Periodo 2021.11.26 @ 2022.01.01 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).

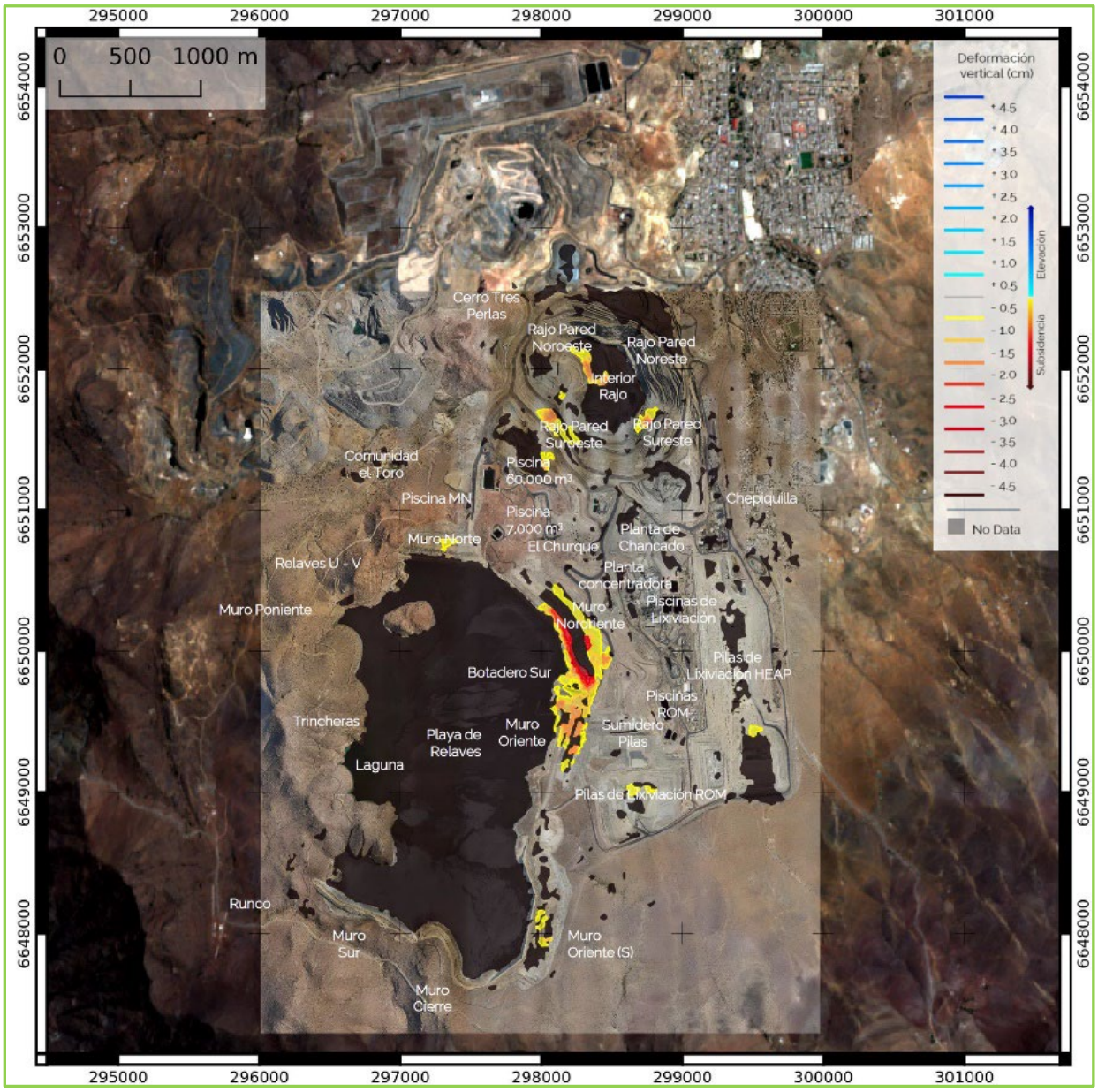


Figura 4-54: TMF, InSAR Deformación Horizontal Periodo 2021.08.22 @ 2021.09.27 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).

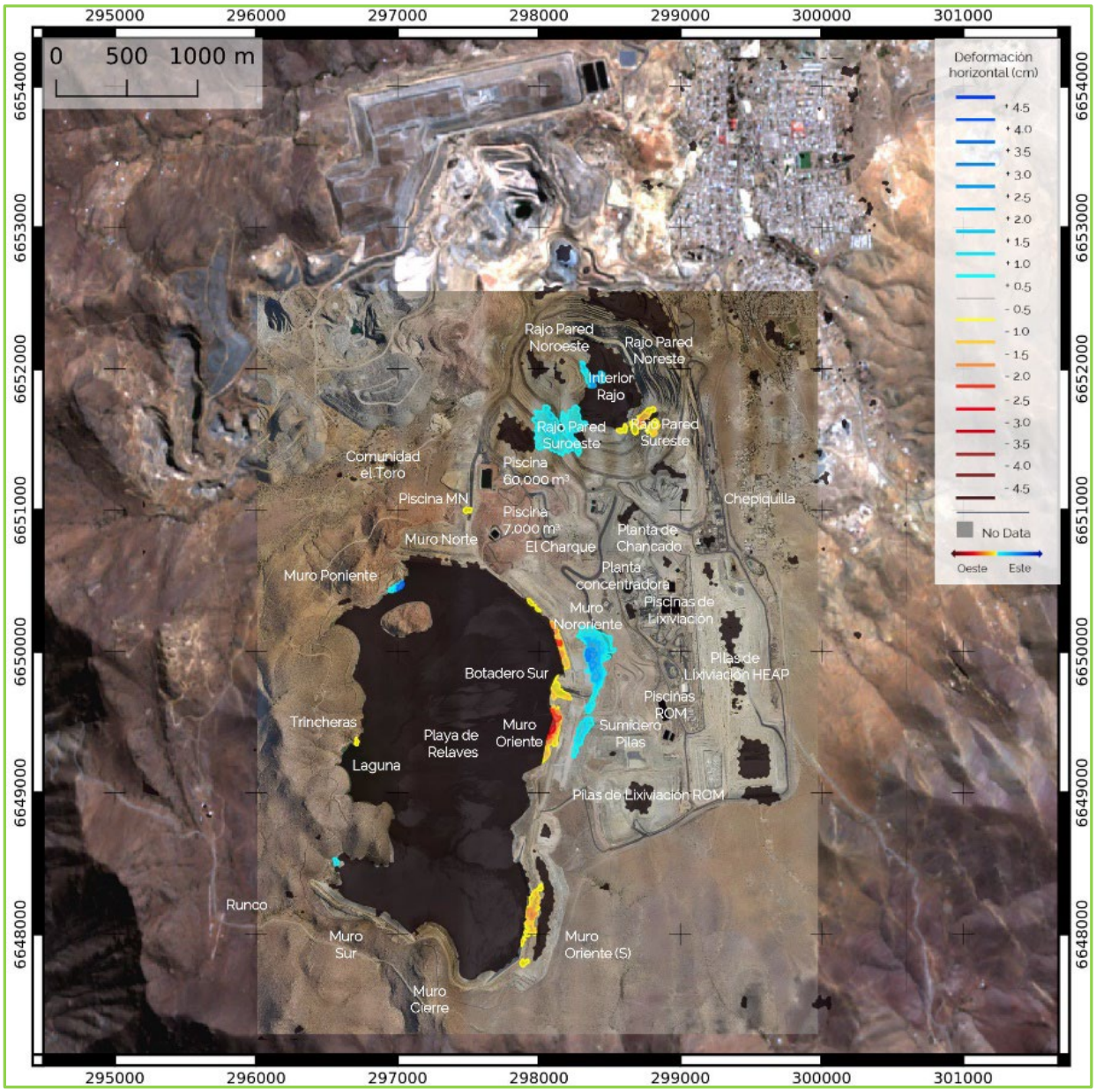
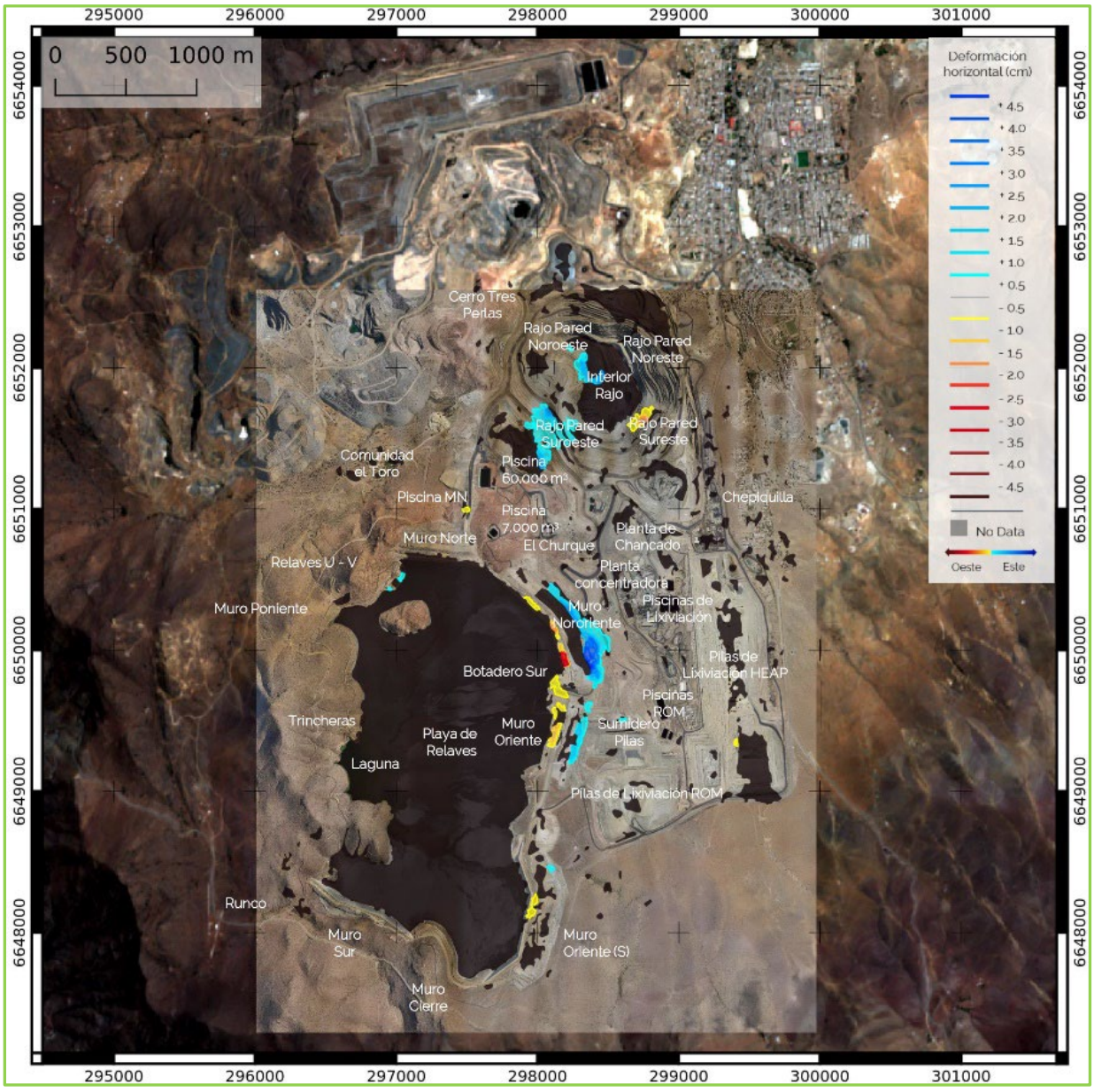


Figura 4-55: TMF, InSAR Deformación Horizontal Periodo 2021.11.26 @ 2022.01.01 (ref. Monitoreo Mensual, Teck CdA).



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 segundo control redundante para la variable operacional “asentamiento”, lo que es favorable desde el punto de vista del monitoreo de la TMF y de la seguridad de las estructuras.

Respecto de la deformaciones horizontales, los datos entregados por InSAR son consistentes con las actividades de construcción en la TMF, y se monitorearan 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.

5.0 ESTABILIDAD

Durante la inspección de terreno para la Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves, no se observaron agrietamientos en las plataformas operacionales al coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido de los muros MN, MNO, BS, MO y MP, salvo dos (2) pequeños agrietamientos ambos en el relleno de transición correspondiente a la Etapa 4 de crecimiento diferido: uno en el estribo oriente del muro MS y el otro en el MO(S) al costado de un camellón para el anclaje de la cañería de distribución de relaves.

Esta condición sin agrietamientos, es similar a la verificada durante la visita a terreno para el periodo anterior (ver ATFI.2021) y muy diferente a la observada durante los años previos a 2020 en la que se podían apreciar extensos agrietamientos en las fotografías informadas para las inspecciones DSI 2017, DSI 2018, DSI 2019 y DSI 2020. 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 excelente 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 06 de diciembre de 2021, contando con la participación de los siguientes profesionales:

- Marco Barrientos Reyes: Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile;
- Luis Alvarez Lepeley: Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile; y
- John Pottie: Gerente Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago, Chile.

Se incorporan además las observaciones emitidas por el Sr. Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro, Wood, Santiago de Chile; quién visitó la TMF los días 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2021.

7.2. Programación

Las actividades se desarrollaron de acuerdo con el siguiente programa:

Tabla 7-1: Programación AFPR 2022

Inicio	Término	Actividad	Estructura											
			Coronamiento	Talud AArriba	Estribos	Playa	Talud AAbajo	Pie	Sistema Colector de Filtraciones	Aforador	Piscina	Instrum.	Taludes	Terreno Natural
Lunes 06 de diciembre														
8:00	8:30	Ingreso a Faena												
8:30	9:00	Reunión de Inicio												
9:00	9:30	Visita Mirador BS												
9:30	9:50	Inspección MNO	☑	☑	☑	☑								
9:50	10:15	Inspección MN	☑	☑	☑	☑								
10:15	10:40	Inspección BS	☑	☑	☑	☑								
10:40	11:00	Inspección MO	☑	☑	☑	☑								
11:00	11:50	Inspección MO(S)	☑	☑	☑	☑								
11:50	12:15	Inspección MS	☑	☑	☑	☑								
12:15	12:35	Inspección Trincheras									☑	☑	☑	☑
12:35	13:00	Inspección MP	☑	☑	☑	☑								☑
13:00	13:10	Water Pond 7.000 m^3												
13:10	13:30	Inspección MN					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
13:30	13:45	Inspección MNO					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
13:45	15:00	Almuerzo												
15:00	15:45	Inspección MS					☑	☑						
15:45	16:45	Inspección MO(S)					☑	☑	☑			☑		
16:45	17:15	Inspección MO					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
17:15	17:30	Inspección BS					☑	☑	☑	☑	☑			
17:30	18:30	Reunión de Cierre												
18:30		Fin TFI 2022												

Abreviaturas:

AAbajo / AArriba: aguas abajo / aguas arriba; y

Instrum.: Instrumentación;

7.3. Inspección

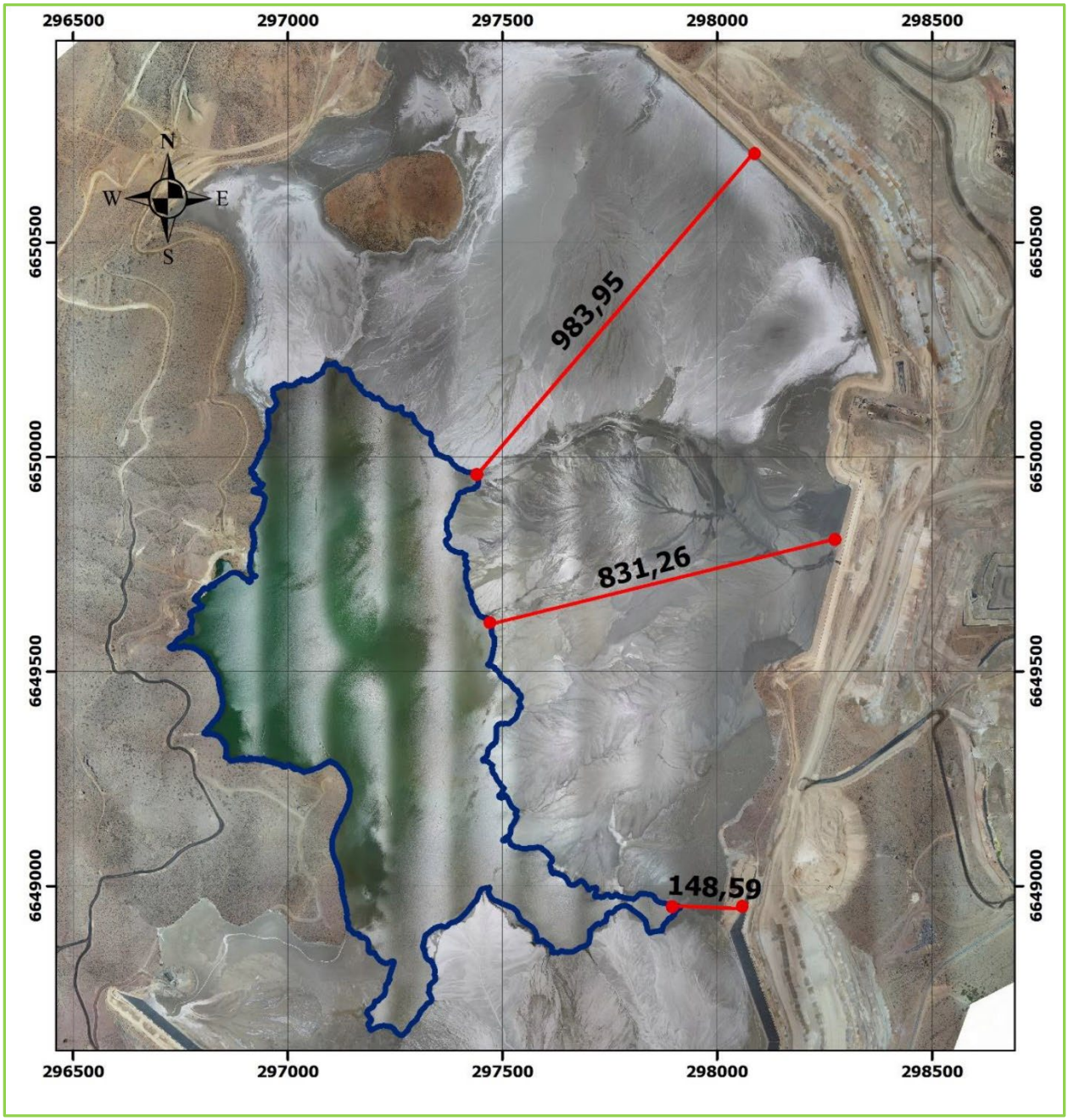
Se realizó una inspección detallada de todas las obras asociadas al depósito de relaves, según se describe a continuación.

7.3.1. Extensión de Playas

A diferencia de los periodos anteriores, al momento de la visita la laguna de aguas claras presenta un tamaño considerablemente mayor, de ~ 600.000 m^3 según batimetrías del día 03 de diciembre de 2021 (~ 80.000 m^3 para el término de 2020) y se encuentra confinada en la cola del depósito y bastante alejada de las estructuras de contención (Fotografías 01 y 02, Anexo A) manteniéndose durante todo el 2021 a una distancia superior a 570 m de los muros sin impermeabilizar del sector norte y centro del depósito (ver Figura 7-1) y a más de 100 m de los muros impermeabilizados del sector sur. En el Muro Nororiente estribo sur y sobre la plataforma operacional al coronamiento de la E3 de crecimiento diferido, se observa la playa húmeda sin agua somera (Fotografías 03 y 04, Anexo A), dada la reciente operación de las descargas Rebose norte y D4A.

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, son muros diseñados para no 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.

Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2021.12.22 (ref. Control Batimétrico, Teck CdA).



7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición

En las anteriores visitas a terreno para DSI y ATFI (hoy AFPR) previas al año 2020, se observaron agrietamientos en la zona de transición para los muros MN, MNO, BS y MO. Durante la presente visita no se aprecian agrietamientos en dichas estructura, sino en dos (2) sectores muy específicos y acotados: uno (1) en el muro MO(S) y otro (2) en el muro MS, los que son muy menores y superficiales (ver Fotografías 26 y 29 respectivamente, Anexo A). Se deja establecido, que el resto de los muros no presentan

agrietamientos, manteniendo la condición del periodo anterior y marcando una diferencia sustancial respecto de los años anteriores al 2020, en general el relleno de transición que se puede inspeccionar durante la presente visita a terreno, corresponden a los rellenos colocados en el periodo 2019 – 2021, por lo que son relativamente recientes comparados con los rellenos visitados durante las inspecciones anteriores los que en algunos casos se encontraban construidos desde el año 2013 y expuestos sin relaves, en alturas de hasta ~ 30 m por extensos periodos de tiempo. Tal como se indicó durante la inspección anterior, de particular interés es la zona de la plataforma operacional sobre el BS, a la elevación de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, la cual al momento de la visita se encuentra completamente cubierta por una playa de relaves de 3,0 m de espesor aproximadamente, y que se puede apreciar en excelentes condiciones, sin la presencia de ninguna evidencia de formación de hundimientos, sinkholes u otras singularidades.

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), 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 (Wood, 2019), y para la Evaluación de la Impermeabilización del coronamiento a la Etapa 3 de crecimiento diferido del Botadero Sur (ver capítulo 9.3.1 ATFI.2021), 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 mayo del año 2017, 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, la profundidad de las grietas medidas se han informado 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.

7.3.3. Filtraciones

Durante la visita, se observan filtraciones permanentes al pie aguas abajo del MNO del orden de los 13,3 L/s al término del periodo 2021 equivalente a un 8% más que el flujo registrado para el término del período 2020 (Fotografías 17 y 18, Anexo A). Del flujo total aproximadamente 1/3 corresponde al sistema de drenaje del MNO y el resto corresponde al flujo que no es captado por el sistema de drenaje, denominados CHQ Afloramiento (norte) y CHQ Afloramiento (sur).

Del mismo modo, se observan filtraciones permanentes al pie aguas abajo del MN, de 0,5 L/s al término del periodo equivalente a un 150% más que el flujo registrado para el período anterior (0,2 L/s para 2020), las cuales no son captadas por el sistema de drenaje del MN (ver ítem 8.4.2).

Para explicar el aumento de estos flujos respecto del año 2020, se debe tener en consideración que la cantidad de relaves descargada por los Spigots D2 y D3, también aumentó, específicamente un 282 % respecto de la descarga del periodo anterior (6,11 Mt en 2021, comparados con los 1,60 Mt del año 2020), concentrándose esta descarga principalmente durante el Q4 del año 2021. Está demostrado que el flujo de afloramientos depende directamente de 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.

A mediados del mes de septiembre, se reporta la aparición de un flujo de agua en la cañería de conducción de drenajes desde el muro MO(S), con pH ~ 3 y un flujo en torno a los 0,3 L/s, el que se mantuvo constante hasta el término del periodo. Se deja establecido que al momento de la visita, la playa de relaves se encuentra completamente seca frente al MO(S), habiendo finalizado el día 30 de agosto de 2021 la depositación de relaves en el sector sur de la TMF.

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 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

Durante el año 2021 no se construye relleno masivo en el muro MN (ver Anexo A, Fotografía 7). Se encuentra finalizado el 100% del relleno de transición, correspondiente a la E4 de crecimiento diferido, incluido el estribo poniente del muro en el empalme con el MNO (ver Anexo A Fotografía 8). Tal como se indicó en el periodo anterior, se encuentra suspendido definitivamente el perfilado del relleno de transición, es decir el retiro del sobre ancho de construcción no compactado desde la cara del talud interno del muro, habiéndose alcanzado solo 1/3 del avance y no será retomado de acuerdo a lo ya indicado en el documento ATFI.2021 para el periodo anterior (ver Anexo A, Fotografía 9). Se puede apreciar que algunos monolitos para control de asentamientos, fueron dañados por la circulación de equipo de movimientos de tierras que desarrollaron trabajos de reposicionamiento de la cañería de distribución de relaves en el sector (ver Anexo A, Fotografía 10).

Al momento de la visita, se encuentra en explotación el acopio de material fino ubicado en el coronamiento del MN, el que estaba siendo utilizado en la construcción de los

rellenos de transición tanto del muro MP, como de los muros MNO y Pl. TK-042 (BS) (ver Anexo A, Fotografía 11).

La playa de relaves se encuentra húmeda dada la reciente operación de las descargas D2 / D3. El sector aguas arriba del muro MN y su coronamiento, se encuentran en excelentes condiciones (Fotografías 08 y 09, Anexo A).

7.3.5. Muro Norte (MN) - Aguas Abajo

La fotografía 14 del Anexo A muestra la piscina recolectora de drenajes y filtraciones, aguas abajo del Muro Norte. Al momento de la visita a terreno, se mantienen activos tanto el drenaje del MN, como el flujo de afloramientos no captados por la cañería colectora de drenajes, sumando ambos flujos un caudal en torno a 1 L/s. Cabe recordar que estos flujos están directamente relacionados con el funcionamiento de las descargas D2 / D3 las que se han operado consistentemente desde inicios del mes de septiembre de 2021, además dichos afloramientos muestran actividad posterior a la ocurrencia de precipitaciones (ver ítem 8.4.2, Figura 8-5). El aforador para los drenajes del muro MN se encuentra ahogado por nivel alto – alto en la piscina, dado la falla a mediados del mes de noviembre de la bomba flotante destinada, y a la operación intermitente de la motobomba de respaldo suministrada por el Área de Mina, que se encuentra en el sector (ver Anexo A, Fotografía 15).

El sector, que hasta el periodo anterior se encontraba totalmente inundado y sin un manejo integral de los flujos de agua involucrados, se encuentra saneado, ordenado y seco (ver Anexo A Fotografía 16).

Sin trabajos en el sector durante la visita.

El sector aguas abajo del muro MN y sus obras auxiliares, se encuentran en buenas condiciones.

7.3.6. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba

Se encuentra pronta a finalizar la construcción del relleno de transición en el sector sur del tramo central y en el estribo sur del muro sobre el BS.

Al momento de la visita, al igual que el año pasado, se encontraba en construcción el relleno masivo en el estribo sur aguas abajo del muro, esta vez a la elevación de coronamiento de la E5 de crecimiento diferido y hasta el pie de la E6, sobre el BS en el empalme con la estructura denominada plataforma TK – 042, en cuyo coronamiento se encuentra el sistema de distribución de relaves.

Las zanjas revestidas con geomembrana de HDPE utilizadas para la prueba Watershed, se encuentran abandonadas en el sector del estribo sur del MNO (ver Anexo A, Fotografía 19).

La cañería de distribución de relaves, se encuentra posicionada hacia aguas abajo de la plataforma operacional a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento

diferido (El. 1.162,5 msnm), debido a los trabajos para la construcción del relleno de transición.

Tanto hacia el estribo poniente, como hacia el estribo sur del muro MNO, la playa de relaves se encuentra húmeda dada la reciente operación de las descargas D2 / D3 en el primer caso (asociadas al MN) y de las descargas Rebose norte / D4A en el segundo caso. En el tramo central del muro MNO, la playa se encuentra seca.

El talud interno se encuentra sin perfilar y en general el sector aguas arriba del muro MNO y su coronamiento, se encuentran en excelentes condiciones (Fotografías 12 y 13, Anexo A).

7.3.7. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo.

Las fotografías 17 y 18 (Anexo A) muestran las obras recolectoras de drenajes, filtraciones y afloramientos, las que se emplazan aguas abajo del muro. El caudal del sector CHQ Afloramiento (norte) se encuentra en el orden de los 4,5 L/s (3,6 L/s al término de 2020), el del sector CHQ Afloramiento (sur) se encuentra en el orden de los 4,7 L/s (igual que al término de 2020) y el escurrimiento en el sistema de drenaje está cercano a 4,1 L/s (4,4 L/s al término de 2020), totalizando 13,3 L/s al término del periodo (12,7 L/s al término de 2020). A diferencia del año pasado, ninguno de los aforadores presenta acumulación de algas, dado que fueron mantenidos según las instrucciones del manual OMS. Cabe mencionar, que se encuentran habilitados en cada uno de los aforadores sistemas de lectura de caudal remotos, en base a sensores de nivel.

La humedad que se apreciaba durante la visita del año pasado, en las inmediaciones del CHQ Afloramiento (norte) ha desaparecido posterior a la limpieza del sistema colector existente, realizada durante el mes de octubre de 2021.

En el caso del CHQ Afloramiento (sur), se puede apreciar vegetación en algunos sectores del lecho de bolones (ver Anexo A, Fotografía 37).

Al igual que el año anterior, se observa agua acumulada en el fondo de la subsidencia detectada al pie del cerro Arenas, en diciembre del año 2016.

Sin trabajos en el sector durante la visita.

El sector aguas abajo del muro MNO y sus obras auxiliares, se encuentran en excelentes condiciones.

7.3.8. Botadero Sur (BS)

El botadero sur es una gran protrusión (alto y ancho) de desechos mineros vaciados hacia la cubeta del depósito (ver Anexo A, Fotografía 4), 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 ya se encuentra totalmente cubierta por la playa de relaves con un espesor de ~ 3 m (ver Anexo A, Fotografías 03, 05 y 06).

Es de especial interés el seguimiento del llenado con relaves de esta plataforma, pudiéndose indicar al momento de escribir el presente informe, que este ha sido lento y uniforme, libre de lagunas parásitas, sin observarse hundimientos a lo largo de la superficie que sean atribuibles a la saturación de los rellenos.

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. La playa de relaves frente al BS, se encuentra húmeda tanto en el sector norte, como el sector sur de la mencionada plataforma, dada la reciente operación de las descargas Rebose norte / D4A y D5 respectivamente, en el sector central de la plataforma, la playa se encuentra seca (ver Anexo A, Fotografías 03, 05 y 06)

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 Wood, indican que la ocurrencia de un sinkhole en el sector no es creíble, incluso ante la presencia de agua.

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 han aparecido en el pasado y podrían seguir apareciendo 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. En la medida que aumente el tamaño de la TMF, esta área se volverá más crítica. El monitoreo de las filtraciones, el nivel freático, los asentamientos y la aparición de eventuales grietas, son clave para garantizar la seguridad de este sector.

Se inspeccionó la parte superior de la plataforma a la El. de coronamiento de la E5 de crecimiento diferido, en donde se emplaza el TK 42, el sistema de bombeo y las tuberías de distribución. No se observaron agrietamientos en los rellenos de material de estéril. Se pueden apreciar residuos de relaves lo que es normal en una instalación de estas características, en que se generan descargas menores de pulpa.

Se encuentra pronto a finalizar la construcción del relleno de transición en todo el frente de la cara aguas arriba del BS.

A comienzos del año 2022, se instalará y dejará operativo el segundo acelerógrafo montado en relleno, sobre la plataforma TK-042 (ver Figura 9-3).

El talud interno se encuentra sin perfilar y en general el sector aguas arriba del BS y su coronamiento, se encuentran en excelentes condiciones (Fotografías 04 y 05, Anexo A).

Las Fotografía 36 (ver Anexo A), muestran la piscina de recolección y monitoreo de filtraciones aguas abajo del MNO / BS, respectivamente. Al momento de la visita estos afloramientos se encontraban activos, lo que se atribuye a la normal operación de las instalaciones, tanto de la planta concentradora, como de la planta de electro obtención ya que en el pasado estos afloramientos se han relacionado con el riego de Pilas de Lixiviación (Pilas ROM), que se ubican aguas arriba de la mencionada piscina.

7.3.9. Muro MO – Aguas Arriba.

Se puede apreciar un playa extensa y húmeda frente al talud interno del muro dada la reciente operación de la descarga D5, la que se encontraba funcionando al momento de la visita (Fotografía 20, ver Anexo A). Se puede apreciar a simple vista una baja concentración de sólidos en el relave que se está descargando a la TMF, lo que se traduce en una acentuada canalización de la pulpa de relaves hacia la laguna de aguas claras, que atenúa la formación de los característicos abanicos de depositación. Durante la visita se informa que la planta concentradora presenta problemas con el tonelaje, lo que explicaría esta condición.

El relleno de transición para la etapa 4 de crecimiento diferido se encuentra finalizado hasta la cota de coronamiento a la El. 1.162,50 msnm (Fotografía 22, ver Anexo A) y la cañería de distribución se encuentra posicionada al hombro del talud.

Al momento de la visita en el estribo norte del muro MO se estaba extendiendo el piezómetro Casagrande DH-07, de manera de continuar con el monitoreo del nivel freático bajo la fundación de la E4, la que en dicho sector se encuentra construida sobre el BS.

El talud interno está sin perfilar y en general el sector aguas arriba del MO y su coronamiento, se encuentran en excelentes condiciones (Fotografía 21, Anexo A).

7.3.10. Muro MO – Aguas Abajo.

La cañería de HDPE de descarga del sistema de drenaje basal del MO, se encuentra protegida con un dado de hormigón y cubierta con material de relleno (Fotografía 34, ver Anexo A).

El aforador “V Notch ” no presenta flujo de agua (Fotografía 35, ver Anexo A).

El sector aguas abajo del muro MO y sus obras auxiliares, se encuentran en excelentes condiciones.

7.3.11. Muro MO(S) – Aguas Arriba

Al momento de la inspección, la colocación de la geomembrana en el talud interno de la E4 de crecimiento diferido del muro MO(S) se encontraba finalizada y la playa de relaves frente al muro MO(S) se encontraba totalmente seca (Fotografía 24, ver Anexo A).

La plataforma operacional a la elevación de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido, se encuentra obstruida en varios sectores por el derrame de la construcción del relleno masivo relativo a la Etapa 5 de crecimiento diferido (Fotografías 38 y 39, ver Anexo A).

Las zanjas de anclaje laterales se encuentran erosionadas por la escorrentía superficial producto de las escasas precipitaciones que cayeron durante el año 2021 (ver Fotografía 43, Anexo A).

Hacia el estribo sur del muro MO(S), se pueden apreciar sectores en que la geomembrana de HDPE sobresale de la zanja de anclaje superior (ver Fotografía 25, Anexo A).

Sin trabajos en el sector durante la visita.

Salvo por una grieta longitudinal de 2 m de largo y muy superficial al costado de un camellón para anclaje de la cañería de distribución de relaves (Fotografía 26, ver Anexo A), el talud aguas arriba y el coronamiento del muro MO(S) se encuentran en excelentes condiciones (Fotografía 24, ver Anexo A).

7.3.12. Muro MO(S) – Aguas Abajo

Sobre la traza aguas abajo del tramo central del MO, hacia el norte del estribo norte del muro MO(S), se pueden apreciar una serie de antiguos piques mineros abandonados y distribuidos en dirección norte y nororiente (Fotografías 40 y 41, ver Anexo A).

Además, se visitó el sector de empalme de la cañería del sistema de drenajes del muro MO(S) (Fotografía 42, ver Anexo A), y que está siendo conducida provisoriamente hasta el área de contención de las pilas ROM, hacia el norte de la conexión, para su reutilización en el proceso ver capítulo 8.5.2.1

El sector aguas abajo del muro MO(S) y sus obras auxiliares, se encuentran en excelentes condiciones.

7.3.13. Muro MS – Aguas Arriba.

Al momento de la inspección, la colocación de la geomembrana en el talud interno de la E4 de crecimiento diferido del muro MS, se encontraba finalizado y la playa de relaves frente al muro MS se encontraba seca.

La plataforma operacional a la elevación de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido, se encuentra despejada y libre de obstrucciones (ver Fotografía 27, Anexo A).

Las zanjas de anclaje laterales se encuentran erosionadas por la escorrentía superficial producto de las escasas precipitaciones que cayeron durante el año 2021 (ver Fotografía 44, Anexo A).

En un sector hacia el estribo oriente del muro MS, se pueden apreciar que la geomembrana de HDPE sobresale de la zanja de anclaje superior (ver Fotografía 28, Anexo A).

Se mantiene el aire atrapado bajo la geomembrana constatado durante la visita anterior para el ATFI.2021.

Sin trabajos en el sector durante la visita.

El talud aguas arriba y el coronamiento del muro MS (Fotografía 27, ver Anexo A), se encuentran en excelentes condiciones, salvo por una grieta transversal de aproximadamente 2 m de largo, muy superficial hacia el estribo oriente del muro (ver Fotografía 29, Anexo A), la que se puede atribuir a la condición de fuerte pendiente que presenta la topografía base en ese sector sobre la cual se construyó el muro.

7.3.14. Muro MS – Aguas Abajo

No se observó ningún problema en el sector aguas abajo del muro sur.

7.3.15. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.

Se inspeccionó la Trinchera # 8A del sistema de recuperación de aguas claras, desde donde se continúa recirculando el agua de la laguna hacia el proceso de la planta concentradora (Fotografía 30, ver Anexo A). Al 31 de diciembre de 2021, el stock de agua en la laguna está en torno a los 637.000 m^3 (~ 80.000 m^3 al término de 2020). El stock es inusualmente alto para la época estival, lo que se atribuye al conocimiento ganado durante la operación crítica del año 2020, durante la cual se logró operar satisfactoriamente con volúmenes mínimos de agua almacenados. Al momento de la vista, se reporta una profundidad de la interfaz agua / relaves de 3,3 m (~ 1 m para el término del año 2020), lo que se encuentra muy por encima del mínimo de 0,80 m que permite operar las bombas de recuperación de agua, sin la succión de sólidos.

Al momento de esta visita a terreno, las actividades de perforación para la tronadura para Trinchera #9, se encontraban suspendidas.

7.3.16. Muro Poniente – Aguas Arriba.

Al momento de la visita se encontraba en pleno desarrollo la construcción de la E4 de crecimiento del muro MP (Fotografías 31 y 32, ver Anexo A), finalizando los trabajos la última semana de diciembre 2021.

Del mismo modo, se encontraba en pleno desarrollo la campaña de Sondaje 2021 MP, que contempla la habilitación de los piezómetro de cuerda vibrante y Casagrande ya descritos. La campaña finalizó durante el mes de diciembre 2021.

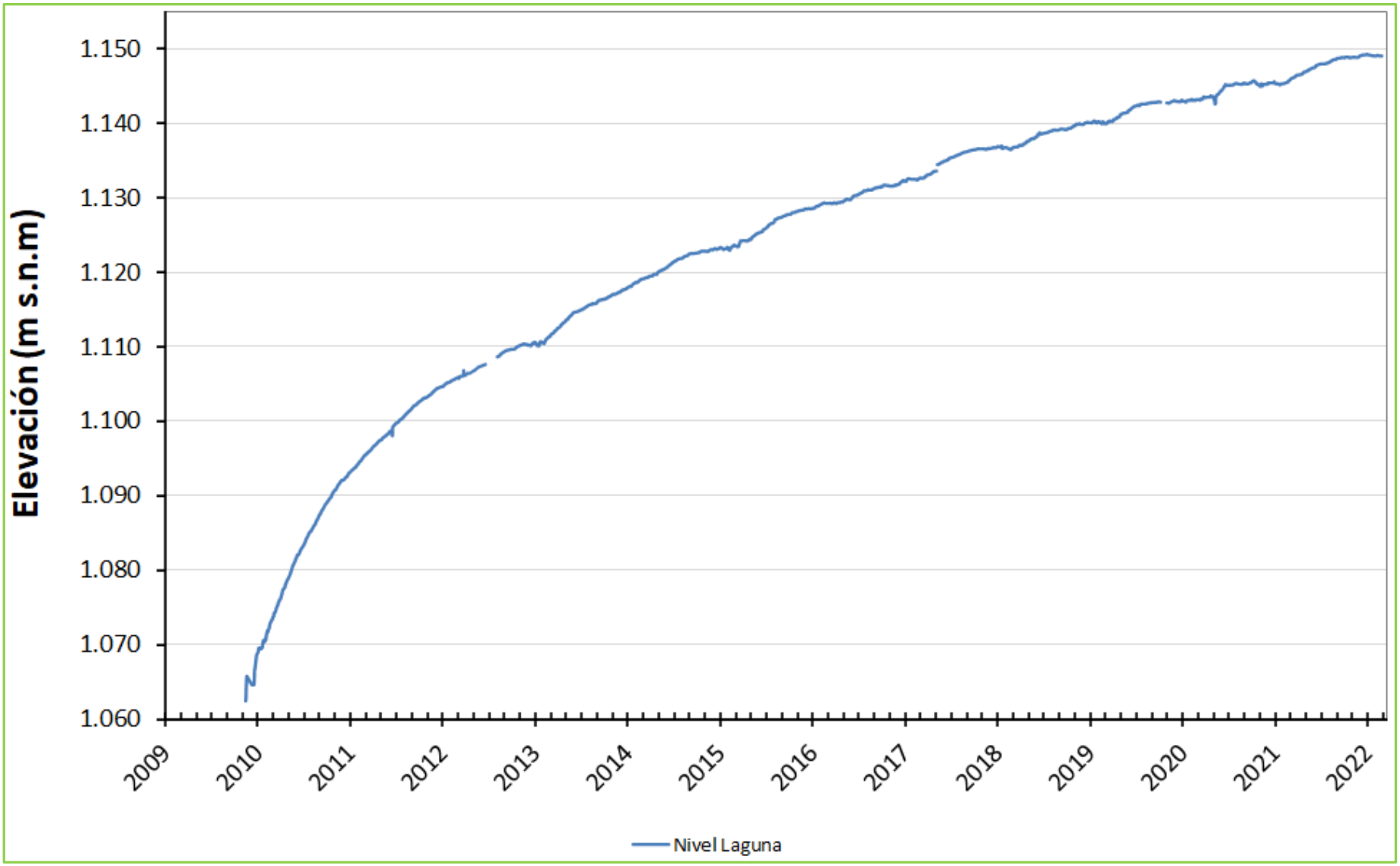
7.3.17. Instrumentación y Monitoreo

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 7-2: TMF, Elevación de la Laguna de Aguas Claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



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 Wood).

Ítem	Criterio de Diseño	Estatus Durante el Período
Pendiente media de depositación 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 2021); y Bajo Laguna: 0,58% (operacional al 2021).
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 período, el MP se impermeabilizará con talud aguas arriba 1,6 (H) / 1 (V), según justificación del capítulo 9.3;
Densidad de Compactación en Muros de Estéril	Entre 1,7 t/m^3 y 1,9 t/m^3	En promedio E1 @ E5 1,83 t/m^3; en el periodo 2021 el promedio es de 1,93 t/m^3, alcanzándose sistemáticamente para los controles superficiales densidades de compactación secas de 2,0 t/m^3. El promedio para los controles superficiales es de 1,99 t/m^3 en el periodo, en tanto aquellos ensayos realizados a 1 m de profundidad, arrojan un promedio de 1,87 t/m^3;
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, 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 actualizarse el análisis de estabilidad dinámico, una vez finalizados los ensayos de laboratorio en el MNO y BS (pendiente);
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_{24h}= 444 mm, y la PMP_{3d} = 809 mm, valores que se consideran conservadores, y con holgura para precipitaciones de 24h T_{50}, T_{100} y T_{200}
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, si bien la lista de tipos de falla que se detallan en la Tabla 8-2 es extensa, todos los modos de falla son hipotéticos. En principio el overtopping, sería un modo de falla para la TMF en estudio, sin embargo, los análisis desarrollados durante el periodo pasado, respecto de la capacidad de almacenamiento de la CMP, para distintos periodos de retorno, han demostrado que los volúmenes de crecida pueden ser almacenados 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 y MO (no impermeabilizados).

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*[13], con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. 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 períodos 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 hacia el exterior 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.

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

[13] Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.

La actualización del taller de riesgos se realizó mediante un taller FMEA el Q4 del año 2021, y para el próximo periodo (año 2022) el chequeo se hará según las recomendaciones y conclusiones de dicho taller, las que al momento de escribir el presente informe están en proceso de redacción.

Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (1 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
CUBETA	**Overtopping**	En Muros Sur y MO (S): descarga hacia la cuenca del Limarí / Inestabilidad de los muros / Destrucción de la planta / Pérdida de vidas humanas / Destrucción de bienes	Controlado mediante la revancha operacional;
	Volumen excedido, entra en contacto con muros	Incremento filtraciones de los muros / Piping	Sin eventos de lagunas parásitas durante el año 2021. La posición de la laguna se ha controlado operacionalmente durante el período para los muros de los sectores Norte y Centro de la TMF, con longitudes de playa mínima de 570 m y de 100m para los muros del sector sur;
	Filtraciones por la fundación	Contaminación de la napa subterránea / Filtración de agua y relaves hacia aguas abajo	Existen indicios los cuales apuntan a que hay una condición de mezcla de aguas (naturales + industriales) en las filtraciones del sector norte del embalse de relaves, principalmente. Lo anterior está en proceso de estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital, actualmente en desarrollo por WSP;
MN, MNO, MO, MP	**Falla de los taludes AArriba**	Deterioro de la estructura del muro / Pérdida de la resistencia global del muro	No se aprecian grietas superficiales del relleno de transición durante la visita;
	Inestabilidad de los taludes AAbajo	Daño a instalaciones agua abajo.	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;
	Erosión del talud AArriba	Deterioro de la capa de transición y del estéril	Los taludes aguas arriba, No presentan erosión por escorrentía superficial, ni por operación de las descargas de relaves;
	Deformación excesiva de los muros	Agrietamiento transición / Reducción del espesor efectivo / Mal aspecto de los taludes / Pérdida de la funcionabilidad	Las principales deformaciones se refieren a los asentamientos propios de la consolidación de los rellenos, los que a la fecha no indican compromiso de las estructuras;
	Falla de la Fundación / Falla de la pared sur del rajo / Piping	Deslizamiento o grietas en los taludes / Asentamientos mayores a diseño / Desplazamiento del muro MNO / Formación de sink hole / Pérdida de Relaves / Lavado de Finos	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;

Tabla 8-3: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (2 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
MO(S), MS	**Filtración por el muro**	Infiltraciones en la pata del talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Deformación excesiva de los muros	Rotura membrana	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Filtración por la fundación	Contaminación de la napa subterránea	Continúan los afloramientos de agua hacia aguas abajo del MO(S), pero la evidencia indica que no se trata de agua proveniente del depósito de relaves;
	Inestabilidad talud aguas arriba	Rotura Membrana / Afectación de la Zona de Transición, causando grietas y comprometiendo la Estabilidad del Embalse / Pérdida capacidad estructural	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Inestabilidad talud aguas abajo	Daño a instalaciones (futuras) / Alarma en la comunidad	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Rotura de la membrana	Filtraciones	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante la visita;
SISTEMA DE DRENAJE BASAL DE LOS MUROS	**Inestabilidad de taludes**	Incremento de filtraciones por el talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado / levantamiento del nivel freático / Pérdida de la capacidad de drenar	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante el período;
BS	**Deformación excesiva del enrocado**	Agrietamientos de la transición	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Piping	Formación de sink hole.	Sin evidencia de la presencia de sinkholes, en la estructura contenedora;
	Falla de la fundación aguas abajo	Falla del talud aguas abajo / Posible destrucción de instalaciones	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el periodo;

Tabla 8-4: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (3 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
SISTEMA DE RECUPERACIÓN	**Estabilidad trinchera**	Suspensión de la operación / Daño en las instalaciones de recuperación	Se aprecia que los bancos de contención han recibido la roca meteorizada desprendida desde los taludes, protegiendo a las persona y las instalaciones;
	Rotura cañería	Erosión en la zona de la falla de la cañería / Suspensión recuperación de agua.	Sin eventos de rotura de la cañería de agua recuperada durante el periodo;
	Suspensión energía	Suspensión recuperación de agua / Crecimiento de la laguna	Sin eventos de suspensión de energía durante el periodo;
	Calidad del agua no es adecuada para la operación	Detención del sistema de recuperación	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Laguna de aguas claras desplazada	Suspensión operación sistema de recuperación	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Exceso relaves en el agua	Deterioro bombas	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;

Tabla 8-5 Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla Durante el Período 2021 (4 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
SISTEMA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE RELAVES	**Rotura cañería**	Erosión rellenos transición y estéril del muro	Sin eventos de rotura de cañería durante el periodo;
	Embanque cañería de relaves	Suspensión de transporte de relaves	Sin eventos de embanque durante el periodo;
	Suspensión de energía	Descarga de relaves suspendida	Sin eventos de suspensión de energía durante el período;
	Falla tanque de Distribución TK-42	Descarga de relaves suspendida	Sin eventos de falla del TK-042 durante el periodo;
	Deformación del terreno a lo largo del trazado	Suspensión temporal de descarga por ramal	Sin evidencia de este tipo de falla durante el periodo;
CERROS NATURALES	**Erosión / deslizamientos masivos**	Eventual impacto en infraestructura	Sin eventos durante el período;
	Filtraciones	Contaminación de la napa subterránea al exterior	En proceso de Estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital;
		Interrupción del sistema de recuperación de agua	
		Reducción de la revancha	
SISTEMA DE DESVIO DE CONSTRUCCIÓN	**Rotura, deterioro tubería**	Flujo de agua y relaves hacia aguas abajo, sector El Churque	Sin eventos durante el período;
COMUNIDAD	**Accidente de personal extraño**	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el período;
MEDIO AMBIENTE	**Estéril ARD / Tailings ARD**	Acidificación del agua	No existe evidencia concluyente respecto del ARD, en desarrollo pruebas estáticas y dinámicas con las muestras extraídas de la campaña de sondajes;
	Paralización por orden de la autoridad	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el período;
	Presencia de animales en el área del depósito	Puede requerir suspensión de la descarga de relaves / Contenido de metales en el agua	Sin eventos durante el período;
	Generación de polvo por viento en las playas	El polvo afecta zonas externas e internas al proyecto	Sin eventos durante el periodo.

En opinión de Wood, al momento de escribir el presente informe 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.

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.

Hasta la operación de la Etapa 3 de crecimiento diferido, 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 Wood en cuanto a su actividad y posteriormente reparadas según requerimiento. Durante las últimas dos (2) inspecciones de desempeño, estas grietas han 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.

A juicio de 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 favorece la deformación del muro / estructura soportante por acción del llenado con relave (aguas arriba) transmitiéndose a la capa de transición y/o por acción de la construcción del Relleno Masivo (hacia aguas abajo), sumado a la inclinación 1,6 (H) / 1 (V) de los taludes internos en los muros sin impermeabilizar.

Se identifican dos (2) factores que pueden estar contribuyendo para la ausencia de agrietamientos importantes durante la presente visita:

- Los rellenos de Transición correspondientes a la E4 de crecimiento diferido, son relativamente nuevos en los muros sin impermeabilizar de los sectores norte y centro del Depósito, ya que han sido construidos con un año aproximadamente de desfase respecto de su puesta en operación; y

- Dada la suspensión de la construcción de la Etapa 4 del relleno de transición durante el periodo pasado, la altura de los rellenos expuestos en los muros MNO, BS y MO no alcanzó al coronamiento de la E4 de crecimiento diferido, sino hasta iniciado el año 2022, es decir presentan una revancha operacional entre los 7, 7 m y los 13, 3 m al aproximadamente al término del periodo (ver Tabla 2-2).

Ambos factores mencionados, constituyen un cambio respeto de la construcción de las etapas E2 y E3, en donde el relleno de transición permanecía expuesto hasta 3 años desde su construcción hasta su puesta en servicio, y con revanchas de hasta ~ 30 m de altura libre en algunos casos, tal como se ha indicado anteriormente.

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 fundamentar 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 aumentó un 33% 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 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 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.

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 encargó a S y S Ingenieros Consultores un nuevo estudio de riesgo sísmico, para las instalaciones de Teck CdA, el que contemplara los terremotos recientes del Maule 2010, 8,8 (Mw); Iquique 2014, 8,2 (Mw); Illapel 2015, 8,3 (Mw). Los resultados se presentan en el documento # 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.

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

Tabla 8-6: Parámetros de los Terremotos MC y Op para el Sitio del Depósito de Relaves Teck CdA (ref. S y S, 2016).

Sismo	Magnitud	Máxima Acel. Horizontal en el sitio	Distancias		
			Focal (H)	Epicentral (D)	Hipocentral (R)
	[Mw]	[g]	[km]		
Estudio Riesgo Símico 2016 (actualización del diseño)					
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
Sismos Relevantes					
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 edifico 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 edifico 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 8-7) 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 8-7: Parámetros de los Sismos Relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG).

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

Tabla 8-8: 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)

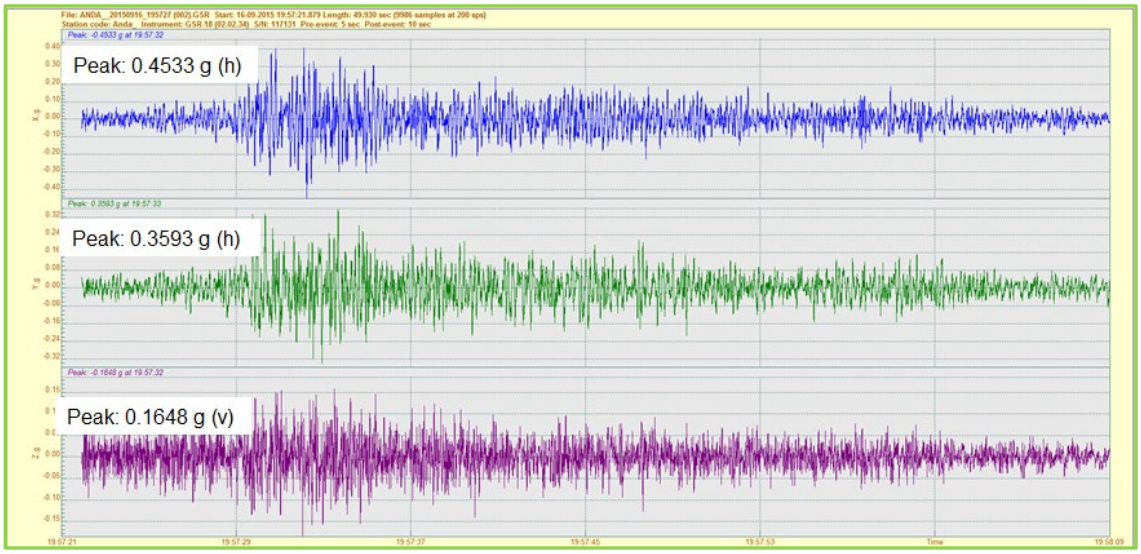


Figura 8-2: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA)

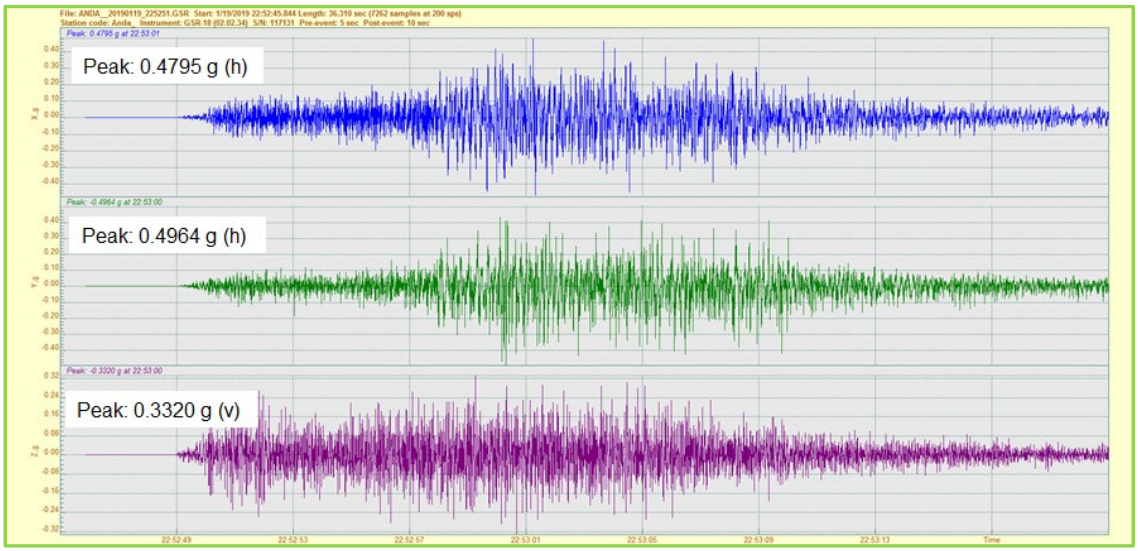
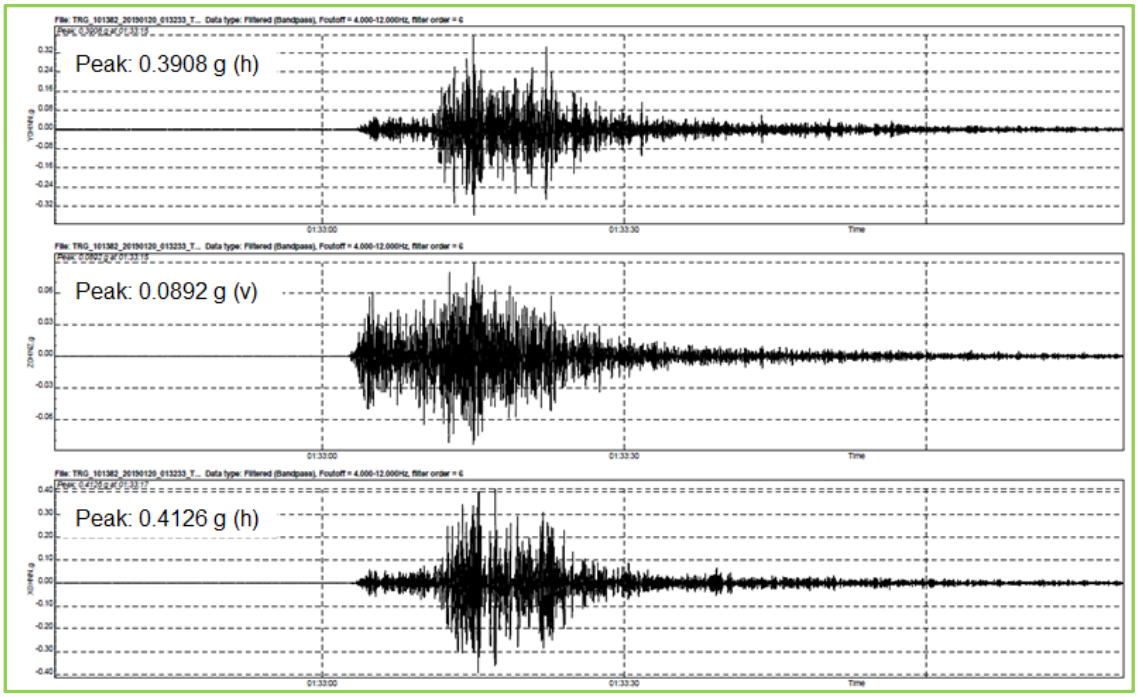


Figura 8-3: Registro Sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones)



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. 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 2021

Respecto a la actividad sísmica en el área de la TMF, a continuación, se resumen los eventos significativos:

- El día 21 de junio a las 23:47 h la TMF soportó un sismo interplaca subductivo de baja intensidad, magnitud 4,3 (Mw), cuyo epicentro se ubicó en la Región de Coquimbo, a 16 km al oriente de Andacollo, con coordenadas 71,440°W y 30,241°S, y una profundidad focal de 53,9 km (según USGC), respecto de la TMF el epicentro se ubicó a una distancia de 13,5 km aproximadamente hacia el oriente.

- El día 04 de noviembre a las 01:18 h la TMF soportó un sismo interplaca subductivo de baja intensidad, magnitud 4,8 (Mw), cuyo epicentro se ubicó en la Región de Coquimbo, a 15 km al sur oriente de Andacollo, con coordenadas 71,269°W y 30,346°S, y una profundidad focal de 49,7 km (según USGC), respecto de la TMF el epicentro se ubicó a una distancia de 11,7 km aproximadamente hacia el sur oriente.

Cabe destacar que ambos epicentros se encuentran relativamente cerca, y de acuerdo con lo indicado en el manual OMS, sus características gatillaron la realización de una inspección detallada post evento, durante la cual, en ninguno de los dos casos se detectan desviaciones en las estructuras contenedoras de relaves, ni tampoco en sus instalaciones auxiliares. Se deja establecido que ninguno de los sismos generó condiciones que comprometieran la estabilidad física del depósito de relaves, lo que se considera un comportamiento satisfactorio de la TMF y de acuerdo a lo esperado según el diseño.

Respecto del sismógrafo de El Churque, instalado en terreno natural, al momento de escribir el presente informe, el instrumento se encuentra debidamente energizado y operativo.

Respecto del segundo sismógrafo, ubicado en la Pl. TK-042, instalado en relleno, sobre la Pl. 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 deja establecido que se montó y dejó operativo durante el Q1 del año 2022, y al momento de escribir el presente informe, el instrumento se encuentra debidamente energizado y operativo.

Se debe destacar que durante el periodo, se retomaron las inspecciones semestrales del proveedor GeoMediciones, con las cuales se da continuidad a la mantención de la instrumentación geotécnica del proyecto.

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^3, 4,0 Mm^3 y 3,7 Mm^3 respectivamente, se deja establecido que 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);

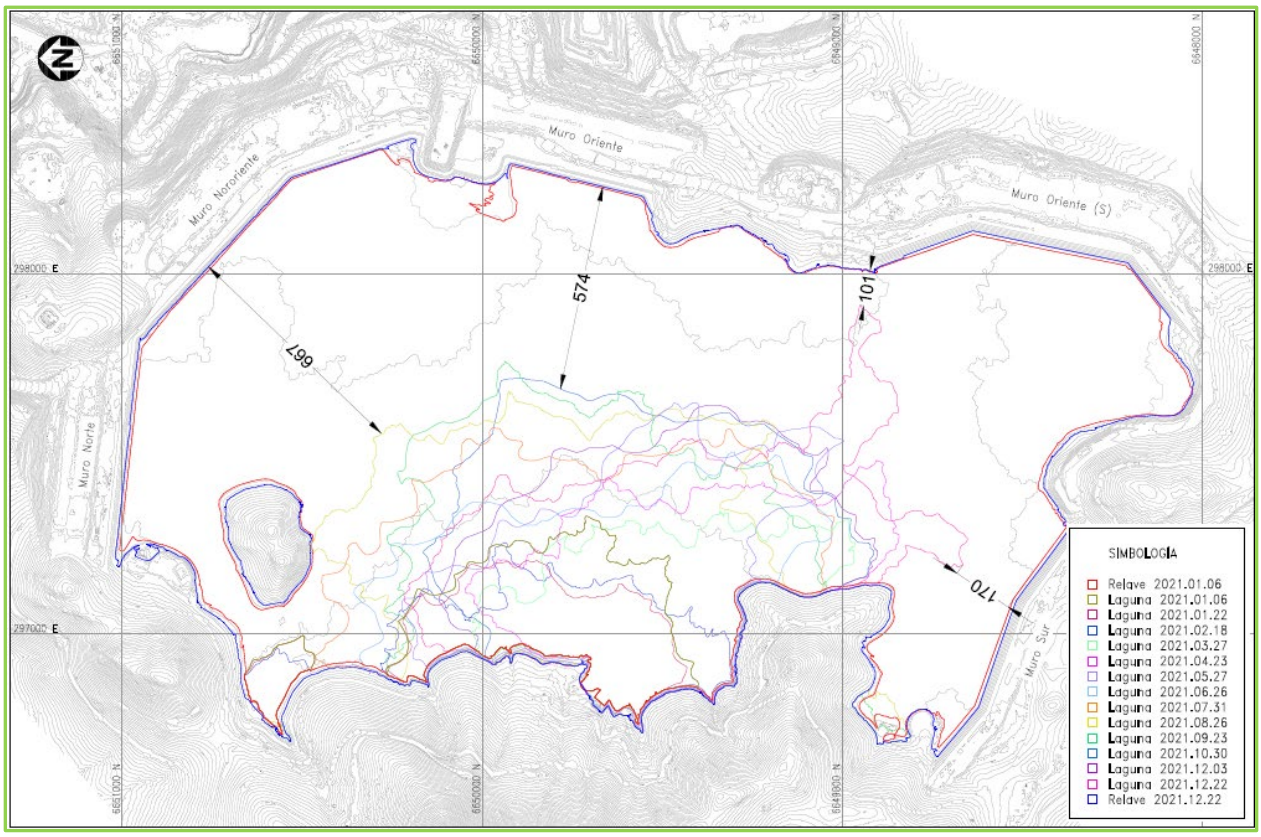
- Para almacenar de manera segura la CMP calculado durante un tiempo de un par de meses, se deben implementar ajustes al plan de llenado, que permitan alejar la laguna de aguas claras de un punto en el MN, otro en el MNO, otro en el BS (rebose sur ya habilitado al momento de escribir el presente informe), 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 2021, la máxima precipitación diaria se verificó día 23 de junio y fue de 14 mm, la segunda máxima precipitación diaria registró 1,5 mm el día 10 de octubre. En ambos casos la laguna de aguas claras producto de la crecida se mantuvo a más de 570 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 2021 (ref. presentación Desempeño 2022, Wood).



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.

Se tiene prevista las emisión de la revisión 6 del manual, para el Q4 del año 2022.

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 acumulado hasta la batimetrías y levantamiento de playas del día 22 de diciembre de 2021 es 118,0 Mm^3. 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^3).

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 por sobre los 2 t/m^3 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. La campaña estaba contemplada para realizarse el año 2020, con muestras recuperadas desde los testigos extraídos durante la campaña de sondajes del año 2018, sin embargo se vio pospuesta por la contingencia COVID 19, siendo además reformulada completamente durante el año 2021, respecto de que las muestras sean tomadas directamente desde el material colocado en los muros durante el periodo, reprogramándose la realización de los ensayos para el Q2 del 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 etapa 3, 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, los agrietamientos que se habían presentado anteriormente, los que no se constataron en el sitio durante la visita a terreno realizada el periodo anterior, y que salvo dos (2) singularidades detectadas durante el periodo que son muy menores, localizadas y decididamente superficiales, son consustanciales al diseño pues derivan de la colocación de una capa de material cohesivo compactado sobre un relleno granular de densidad media o sin compactación (como es el caso del relleno del Botadero Sur). Estas grietas no alcanzan a travesar el

espesor completo del relleno de transición y por ende no se pierde la continuidad de la capa. Tampoco se detecta un riesgo de inestabilidad local o global. La estabilidad general de los muros no está en riesgo, aunque se debe mantener el monitoreo y vigilancia intensivos sobre la TMF, de modo de detectar algún cambio de esta condición, en las etapas de crecimiento y operación futuras.

La presencia de grietas requiere un monitoreo topográfico periódico para controlar y analizar el movimiento tanto del muro, como de la capa de transición, durante la operación del depósito, para lo cual la estación total robotizada 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.

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.

Al momento de la visita, ambos puntos de control presentaban flujo, pero no se pudo verificar el caudal en el aforador dado que se encontraba ahogado. Se debe destacar que durante el periodo, el caudal recolectado por el sistema de drenaje del muro MN, presenta caudales levemente mayores respecto del comportamiento histórico anterior, pero del mismo modo, se debe insistir respecto de que se operaron consistentemente las descargas D2 / D3 durante el Q4 del año 2021, debido a que en el periodo anterior, se produjo un notorio déficit de llenado en el sector norte de la TMF, producto de las interferencias relativas a la construcción del relleno de transición de la Etapa 4 de crecimiento diferido. 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 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. La empresa encargada del estudio hidrogeológico integral WSP, 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.

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.

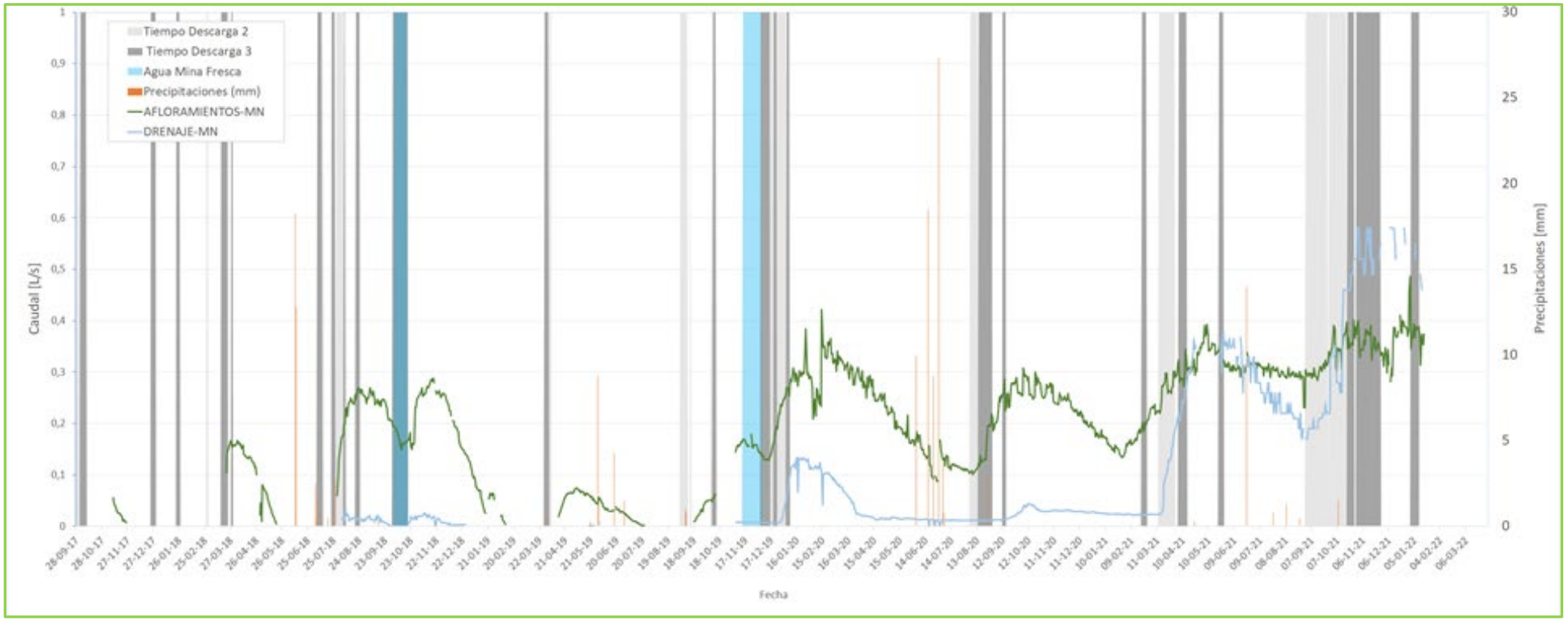
8.4.2.2. Muro MNO

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 ± 0,4 L/s, lo que comparados con los ± 1,5 L/s de las mediciones anteriores, indirectas y/o con reglas limnimétricas corroídas, se consideran una mejora sustancial desde el punto de vista del monitoreo y vigilancia de las instalaciones. En el corto plazo (año 2022) se considera reemplazar los sensores de nivel automáticos actualmente montados en los tres (3) aforados del sector, dado que consistentemente arrojan lecturas espurias, que no guardan relación con los caudales medidos manualmente en los mismos puntos.

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 estaba seca y el piezómetro de cuerda vibrante PE-009A, instalado en la fundación del MO y que desde el Q4 del año 2015 presentaba una tendencia leve pero consistente al aumento del nivel freático (ver Figura 4-22, Figura 4-23 y Figura 4-25), a mediados de 2018 detuvo esta tendencia, lo que se mantiene durante el periodo.

Figura 8-5: MN, Caudal de Afloramientos Histórico, al 31 de diciembre de 2021 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)



8.4.2.4. MO(S)

Respecto del flujo de agua ácida captado por el sistema de drenaje del muro MO(S), detectado el día 19 de septiembre de 2022, (ver capítulo 8.5.2.1) este se mantuvo estable hasta fines del periodo en torno a los 0,3 L/s, pero al momento de escribir el presente informe ha aumentado hasta estabilizarse en 0,7 L/s aproximadamente, sin que los piezómetros puedan detectar un aumento de la cota piezométrica que pueda justificar esta alza. 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. Del gráfico mostrado en la Figura 8-11, se puede inferir cierta relación respecto del caudal captado y la operación del Spigot D7, por lo que se deberá monitorear de cerca el comportamiento durante la próxima puesta en servicio de dicha descarga, programada para inicios del mes de abril de 2022.

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.

Considerando todo lo anterior, en opinión de Wood, no se debe descartar aún que el agua 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. La acidez de esta agua se explicaría por la 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 (Ver Fotografías 40 y 41, Anexo A).

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 8-11. Todos los flujos presentan agua limpia, sin turbiedad, 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 570 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): Agua en Cañería de Drenaje

Con fecha 19 de septiembre de 2021, durante el recorrido rutinario por el sector de aguas abajo del muro MO(S), personal Wood reporta el hallazgo de agua aflorando desde la cañería conductora de drenajes del muro, la que se encontraba acumulada en un pequeña calicata (ver Figura 8-6), el agua aflorante se aprecia limpia (ver Figura 8-7) y con pH 3.

Figura 8-6: MO(S), Acumulación de Agua, Descarga de Drenajes, 2021.09.19 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood).

Figura 8-7: MO(S), Agua en Cañería de Descarga de Drenajes, 2021.09.20 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood).

El día 20 de septiembre, se drena con bomba la calicata y se afora un caudal de 0,25 L/s y se decide conducirla mediante cañería de HDPE, diámetro D: 50 mm, desde el punto de afloramiento, hasta la obra de contención de derrames de la pila ROM ubicada aproximadamente a 300 m hacia el sur oriente.

Figura 8-8: MO(S), Conexión en Cañería de Drenajes, 2021.09.24 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)

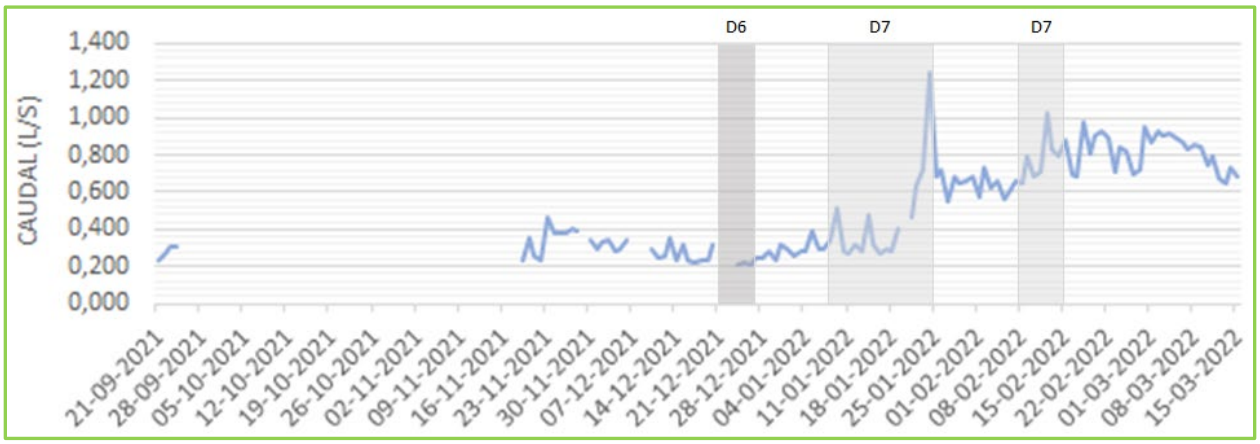
El día 24 de septiembre se ejecuta la conexión de la cañería de descarga, la que se ha mantenido operativa hasta el momento de escribir el presente informe.

Figura 8-9: MO(S), Conexión en Cañería de Drenajes, 2021.09.26 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)

Figura 8-10: MO(S), Descarga Cañería de Drenajes, 2021.12.27 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)

Posterior al término del periodo, por un lapso de 18 días (entre el 9 y el 26 de enero) se descargó relaves desde la D7, tal como se puede apreciar en la figura 8-11, verificándose un peak en el caudal el 24 de enero.

Figura 8-11: MO(S), Drenajes Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. Wood).



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, según lo señalado en la lista de verificación para la revisión del cumplimento de la gobernanza, de abril del año 2019.

La próxima revisión, se deberá emitir a más tardar, durante el Q4 del año 2022.

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 próxima revisión, se deberá emitir a más tardar durante el Q4 del año 2022.

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 8-9, Tabla 8-10 y Tabla 8-11, 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 los más pronto posible. Se deja establecido que el próximo DSR está programado para el año 2022.

Tabla 8-9: DSR; Recomendaciones (1 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (ref. Plan de Acción, Teck CdA).

#	ÍTEM	DETALLE	COMENTARIO EN DSR	ACCION	ENTREGABLE	ESTADO
			HALLAZGOS			
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.	*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 – 1:10.000 en el mejor de los casos.*	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.	*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"*	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.	*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.*	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.	*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.*	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 8-10: DSR, Recomendaciones (2 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (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	*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 cómo 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.*	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.	*Ambos documentos ("Informe Técnico Balance de Aguas. N° 2111-1IT-R-073. CDA, Proyecto Nº 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.*	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 extermo 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 estudfios 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	*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.*	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 8-11: DSR, Recomendaciones (3 de 3), al 31 de diciembre de 2021 (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 caracterizació, 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 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 del muro MNO, MO y MO(S);
- Rellenos de transición y/o rectificación: en desarrollo la finalización la construcción del relleno de Transición en el estribo sur del muro MNO y en el sector de la PI. TK-042 del BS. En pleno desarrollo la construcción de los rellenos de transición y rectificación de la E4 de crecimiento diferido en el muro MP;
- 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;
- Montaje de cañerías para impulsión / distribución de relaves y cañerías de agua: en desarrollo el montaje de la cañería de distribución de relaves en los muros MN y MNO; y
- Campaña de Sondajes 2021: Se encontraba en pleno desarrollo la campaña de perforaciones y habilitación de piezómetros en el muro MP.

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 se ha desarrollado siguiendo las recomendaciones del manual OMS. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales.

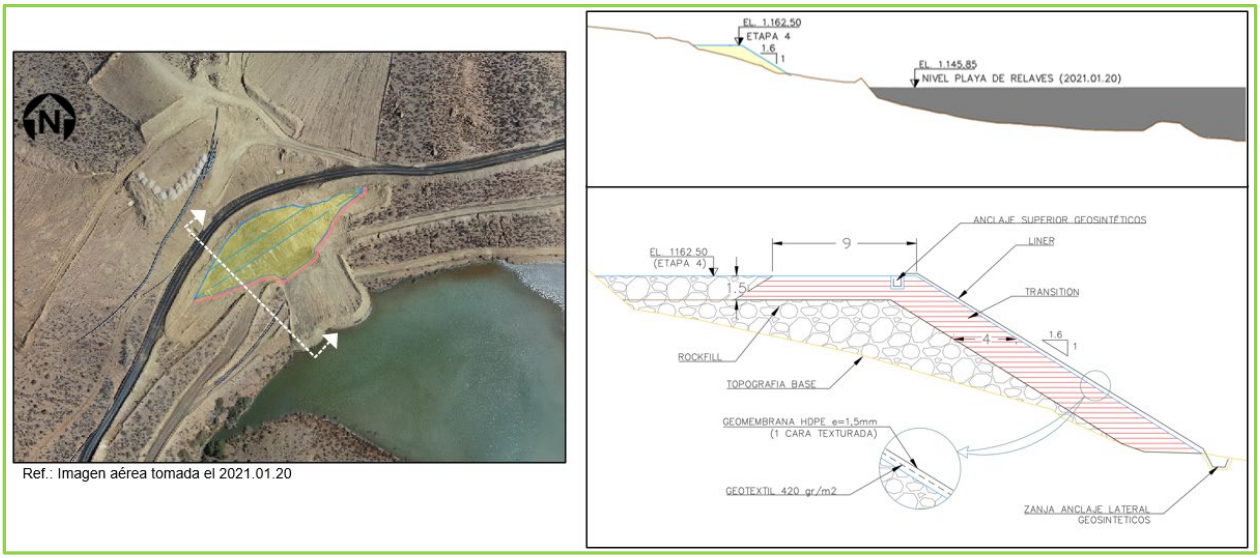
Las filtraciones que se registran en el depósito están dentro del rango estimado en el diseño.

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

9.3.1. Diseño muro MP, Etapa 4

Se analizó en detalle, el diseño de la etapa 4 (y futuras) del muro MP, respecto a los resultados de los ensayos de laboratorio, en específico para los valores de resistencia del material fino disponible en el sitio para la construcción de los rellenos de transición y su estabilidad para la inclinación del talud de diseño (1,6 (H) / 1 (V)), considerando además que por requerimiento para el almacenamiento de la crecida máxima probable, el talud interno del muro debe ser revestido con Geomembrana de HDPE. El criterio de diseño de la TMF contempla que todos los taludes impermeabilizados con liner deben construirse con un talud interno 2 (H) /1 (V).

Figura 9-1: MP, Diseño Etapa 4 (ref. Presentación muro Poniente 2021, Wood)



Finalmente el GRB emite su pronunciamiento formal, a continuación, se cita textual en *cursiva y* ***negrita***:

"Wood y el EoR concluyeron que los resultados son satisfactorios y Wood señaló su apoyo para dar inicio de la construcción de la Etapa 4 de Muro Poniente. Después de la revisión de la presentación actualizada de Wood del 2 de agosto de 2021, el GRB también apoya el diseño revisado propuesto del Muro Poniente Etapa 4."

9.3.2. Segundo Acelerógrafo

A inicios del año 2022, se materializó el cambio de posición del acelerógrafo montado provisoriamente en el sector El Churque hacia aguas abajo del muro MNO, y se instaló definitivamente en el relleno de plataforma TK-042, a la cota de coronamiento de la Etapa 5 de crecimiento diferido El. 1.177,5 msnm, a un costado de la Sub Estación Eléctrica, a través de la cual se alimenta el sistema de distribución de relaves.

En tanto, en el sector El Churque hacia aguas abajo del muro MNO, se instaló en el terreno natural dentro de la caseta destinada para la protección contra inundaciones (ver Figuras 3-15 y 3-16) el acelerógrafo recientemente suministrado ver Figura 9-3.

Al momento de escribir el presente informe, ambos instrumentos se encuentra operativos.

Con esto se regulariza el monitoreo sísmico, según la intención del diseño, restando solamente instalar un tercer acelerógrafo, esta vez en roca, para lo cual se ha seleccionado la ubicación de la estación total robotizada, hacia el poniente de la TMF, en la ladera del Co. Negro, la que cuenta con cerco perimetral para la protección de las instalaciones y equipos.

Figura 9-2: BS, PI.TK-042, Acelerógrafo, al 2022.03.17 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)

Figura 9-3: MNO, Acelerógrafo El Churque, al 2022.01.14 (ref. Inspecciones de Terreno, Wood)

9.3.3. Trinchera #10

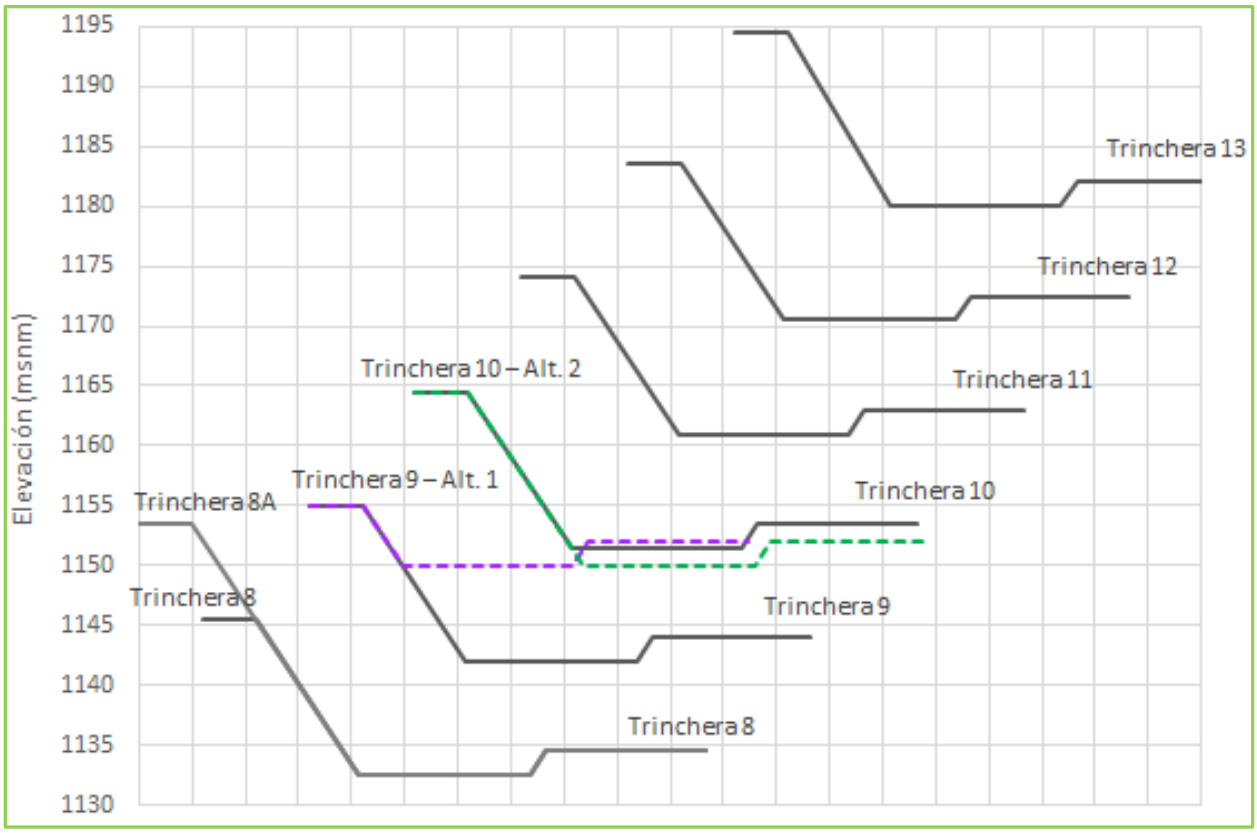
Tal cómo se indicó anteriormente la construcción de la Trinchera #9 se ha visto retrasada por diversos factores, ya por dos (2) periodos consecutivos al momento de escribir el presente reporte, por lo que se debió extender la vida útil de la Trinchera #8, desplazando el manifold de impulsión de agua recuperada desde su posición de diseño, hasta el banco para contención de derrames más elevado, configurando lo que se ha denominado la Trinchera #8A, la que se encuentra operativa desde mediados del año 2020 hasta la fecha.

Durante el año 2021, se estudiaron dos (2) alternativas que permiten dar continuidad a la operación de la TMF, según se detalla a continuación:

- Alternativa 1: Modificar el diseño de la Trinchera #9 y continuar con el diseño original a partir de la Trinchera #10 (destacado en color violeta en la Figura 9-4); y

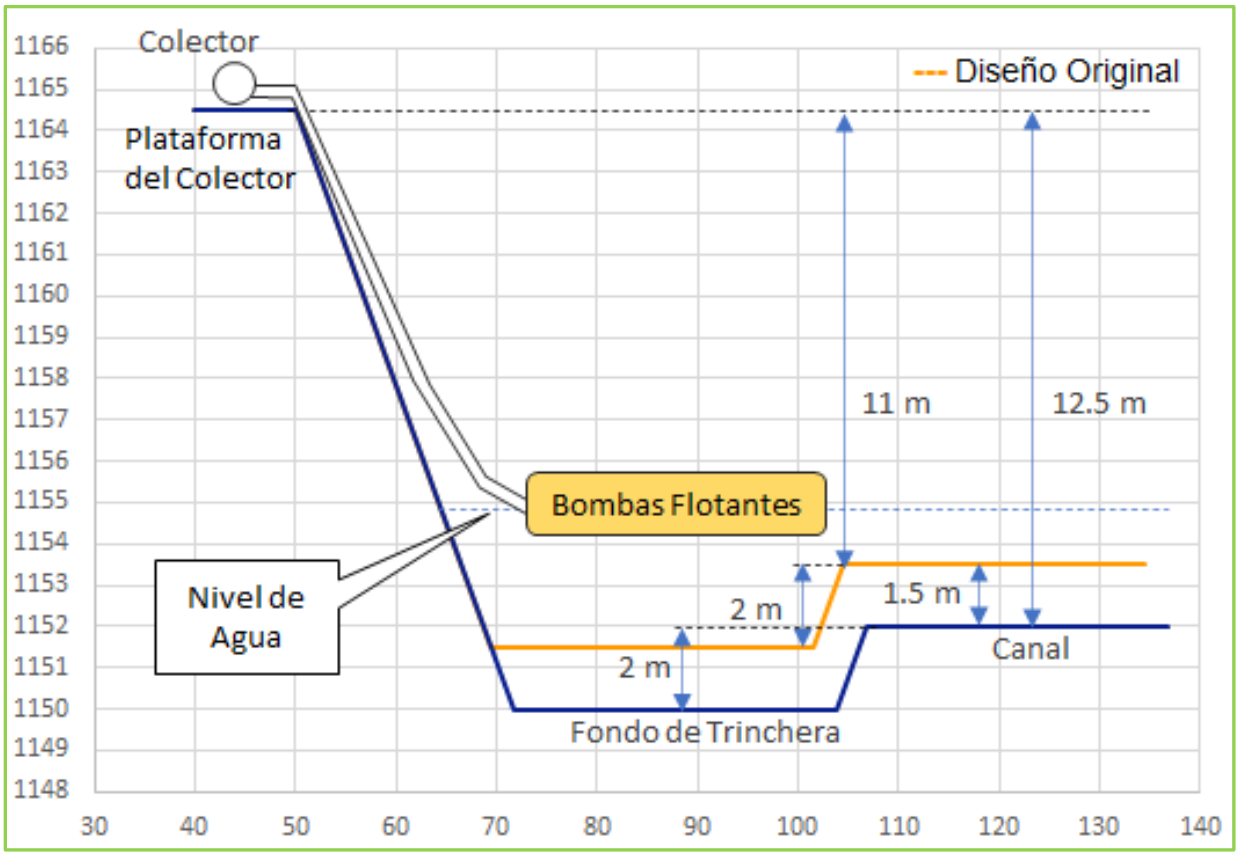
- Alternativa 2: Evitar la construcción de la Trinchera #9 y modificar el diseño de la Trinchera #10 (destacado en color verde en la Figura 9-4).

Figura 9-4: Alternativas 1 y 2 Diseño de Trincheras #9 y #10 (ref. presentación Revisión Diseño Trincheras 2022, Wood)



Del análisis realizado se desprende que si se construye la trinchera #9 modificada (Alternativa 1) esta solo alcanzaría a operar por un periodo de 4,5 meses, hasta que necesariamente deba entrar en operación la Trinchera #10 sin modificar, por lo tanto, luego de consulta con las áreas de Permisos y de Medio Ambiente de Teck CdA se ha optado por implementar la Alternativa 2, construyendo la Trinchera #10 con un diseño modificado tal y como se puede apreciar en la figura 9-5 a continuación:

Figura 9-5: Trinchera #10 modificada (ref. presentación Revisión Diseño Trincheras 2022, Wood)



El cambio de diseño se resume en la profundización del fondo de la Trinchera #10 de diseño, bajándolo 1,5 m de manera de empalmar el inicio de su operación, con el fin de la operación de la Trinchera #8A. Al momento de escribir el presente documento, se está en el proceso formal de Administración del Cambio por parte de Teck CdA, y la construcción de la denominada Trinchera #10A, deberá iniciar en el más corto plazo posible, de manera que comience su operación durante el año 2022.

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 ATFI 2021

ITEM	AREA	SUB ITEM	ESTRUCTURA	DETALLE	RESPONSABLE	FECHA	ESTADO
1	Construcción	1.1	MN / MNO / BS / MO	Terminar la construcción del relleno de transición de la Etapa 4 de crecimiento diferido	Teck CdA	2021.Q3	**Finalizado**
		1.2	MN	Regularizar condición de los afloramientos aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q4	**Finalizado**
		1.3	MN	Reparar la placa del aforador V – Notch aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q4	**Finalizado**
		1.4	MN	Canalizar el agua del nuevo afloramiento al pie del camino minero, y recuperarla en la piscina colectora de drenajes aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q1	**Finalizado**
		1.5	MO(S)	Terminar la impermeabilización del estribo sur.	Teck CdA	2021.Q2	**Finalizado**
		1.6	MS	Terminar la impermeabilización del muro	Teck CdA	2021.Q2	**Finalizado**
		1.7	BS	Recuperar revancha en el sector del rebose	Teck CdA	2021.Q1	**Finalizado**
2	Mantención	2.1	MNO	Realizar mantención al AFL - Poza aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q2	**Finalizado**
		2.2	BS	Volver a Sellar con arena fina / media las grietas que se aprecian en la nariz del BS	Teck CdA - Wood	2021.Q1	**Finalizado**
		2.3	TMF	Monitorear, Sellar / Reparar las grietas cuando se detecten	Teck CdA - Wood	Permanente	-
		2.4	MS	Sacar el aire atrapado bajo la lámina en el tramo central del muro, mediante la habilitación de venteos	Teck CdA - Wood	2021.Q2	Reprogramado 2022.Q2
3	Operación	3.1	TMF	Priorizar la descarga de relaves desde el sector norte y centro de la TMF, previo al periodo de lluvias	Teck CdA - Wood	2021.Q1	**Finalizado**
		3.2	TMF	Movilizar el agua atrapada en laguna parásita al pie del futuro MP	Teck CdA - Wood	2021.Q1	**Finalizado**
		3.3	TMF	Movilizar el agua atrapada en laguna parásita en el sector de la descarga D6	Teck CdA - Wood	2021.Q2	**Finalizado**
4	Estudios y Diseño	4.1	TMF	Optimizar la ubicación de las descargas adicionales durante la actualización del plan de llenado	Teck CdA - Wood	2021.Q4	En Proceso 2022.Q1
		4.2	TMF	Analizar cómo afecta en el proceso de depositación, el aumento de la concentración en peso (Cp) de los relaves descargados mediante el uso del reactivo Rheomax DR 1050	Teck CdA - Wood	2021.Q2	**Finalizado**
		4.3	MN / MNO / MO / MO(S) / MS / MP	Se debe mapear geológicamente y geotécnicamente el suelo de fundación previo a la construcción de los estribos	Teck CdA - Wood	Permanente	-
		4.4	MN	Realizar geofísica en el sector del Water Pond 7.000 m^3 para agua Fresca	Teck CdA	2021.Q2	**Finalizado**
		4.5	MO(S)	Analizar riesgo de la condición de montaje con una arruga longitudinal que se aprecia en el tramo central del muro	Wood	2021.Q3	Reprogramado 2022.Q2
		4.6	TRCH #8A	Evaluar el uso de una cortina flotante u otro sistema equivalente junto con el riesgo de no implementarlo	Wood	2021.Q2	**Finalizado**
		4.7	MP	Desarrollar la campaña de sondajes	Teck CdA	2021.Q2	**Finalizado**
		4.8	TMF	Analizar la posibilidad de habilitar un tercer acelerógrafo, en el Cerro Negro al poniente de la TMF	Teck CdA - Wood	2021.Q4	**Finalizado**
		4.9	MNO	Analizar la influencia de los pozos de agotamiento en el sector "El Churque", respecto la humedad superficial en el sector AFL-Poza	Wood	2021.Q2	**Finalizado**
5	Monitoreo, Control y Vigilancia	5.1	BS	Monitorear con vuelo de dron el llenado con relaves de la plataforma, semanalmente	Teck - Wood	Permanente	-
		5.2	BS	Retomar el monitoreo del nivel agua en de la poza aguas arriba de la piscina colectora en el sector del afloramiento Orica, con frecuencia semanal.	Wood	Permanente	-
		5.3	TMF	Instalar los prismas distribuidos a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento diferido	Teck CdA - Wood	2021.Q1	**Finalizado**
		5.4	MN / MNO / BS / MO	Formalizar la decisión de no perfilar la transición en los muros de los sectores norte y centro de la TMF	Wood	2021.Q2	**Finalizado**
		5.5	TMF	Retomar visitas semestrales del proveedor GeoMediciones	Teck CdA	2021.Q3	**Finalizado**
		5.6	MNO	Instalar en "El Churque", el acelerógrafo recientemente suministrado	Teck CdA	2021.Q3	**Finalizado**
		5.7	MNO / BS	Retirar el acelerógrafo existente en "El Churque" e instalarlo sobre la plataforma Pl. TK-042	Teck CdA	2021.Q3	**Finalizado**
		5.8	TMF	Implementar medidas que permitan mejorar la precisión de las lecturas de elevación a través de la estación total robotizada	Teck CdA - Wood	2021.Q3	En Proceso 2022.Q2
		5.9	TMF	Mantener una longitud de playa mínima de 100 m	Teck CdA - Wood	Permanente	-

Nota: El plan de acción ATFI 2021, presenta un 88% de cumplimiento (estatus Permanente / Finalizado), lo que se considera muy 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 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 verterse hacia aguas abajo de la TMF, en caso de que hubiese agua acumulada con alta carga hidráulica, sin embargo, recientes estudios desarrollados por Wood, han demostrado que esto no es creíble.

El criterio de diseño de los muros se basa en tener al menos 100 m de playa en el frente del muro. 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 norte y centro de la TMF, de manera de disponer de playas altas y extensas en frente de aquellos muros sin impermeabilizar, como medida de control adicional ante la proximidad del periodo de precipitaciones (abril – octubre).

Se tiene programada para comienzos del año 2022 la emisión de la actualización del plan de depositación de la TMF, se recomienda que considere la optimización de la ubicación de las descargas adicionales de relaves propuestas por la actualización 2019 del plan.

9.6.2. Agrietamientos en la Zona de Transición

Durante la presente visita no se constata la presencia de grietas en los muros sin impermeabilizar de los sectores norte y centro de la TMF, se debe mantener el monitoreo, en el caso que vuelvan a aparecer, sin embargo, se pueden apreciar dos (2) agrietamiento localizados, menores y muy superficiales en los muro MO(S) y MS, se recomienda su monitoreo y su sellado previo al periodo de precipitaciones (abril – octubre).

Aun cuando la causa especifica de la formación de las grietas requiere de 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.

9.6.4. MN – Aguas Arriba

Se debe restituir la condición de los monolitos para control de asentamientos dañados por la circulación de equipos para movimiento de tierras; y

Cerrar con barreras duras el acceso al botadero de Relaves U-V hacia el sur del estribo poniente del muro MN, dado que se encuentra muy deteriorada y presenta un claro riesgo para las personas y los equipos.

9.6.5. MN – Aguas Abajo

Se debe regularizar la condición de la bomba flotante de la piscina colectora de drenajes y filtraciones; y

Se debe ejecutar obra de conducción de los afloramiento, para finalizar el saneamiento del área.

9.6.6. MNO – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido;

Una vez finalizados los rellenos de transición, se debe reubicar la cañería de distribución de relaves, hacia el hombro de la plataforma operacional a la Etapa 4 de crecimiento diferido;

Se debe reubicar la descarga auxiliar D4A, hacia el sur de su posición actual, y montarla en el vértice que une el estribo sur del muro MNO, con la plataforma TK-042; y

Se deben desmantelar las zanjas para la prueba Watershed, de manera de liberar la parcela #1 hacia aguas arriba, para el carguío con relleno masivo, correspondiente a la Etapa 5 de crecimiento diferido.

9.6.7. MNO – Aguas Abajo

Se recomienda retirar la vegetación que se aprecia en el lecho rocoso de los afloramientos sur en el sector El Churque.

9.6.8. BS – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido;

Implementar una solución de ingeniería que permita la conducción controlada de posibles derrames de relave en la plataforma Pl. TK-042, con lo que se busca preservar la integridad tanto de las estructuras contenedoras, como de las instalaciones asociadas;

Se recomienda revestir la sentina que recolecta los derrames de la operación normal del sistema de distribución de relaves en la Pl. TK-042;

Reubicar los prismas montados en la Pl. TK-042, para que puedan ser leídos por la estación total robotizada; y

Reponer el babero bajo la cañería de descarga del rebose sur (geomembrana de HDPE), que preserva la integridad del relleno de transición del talud interno, de la operación de la descarga de relaves.

9.6.9. BS – Aguas Abajo

Sin observaciones.

9.6.10. MO – Aguas Arriba

Se recomienda que el terreno natural sea mapeado antes de colocar nuevos rellenos en el estribo sur.

9.6.11. MO – Aguas Abajo

Sin observaciones.

9.6.12. MO(S) – Aguas Arriba

Cortar la geomembrana de HDPE en aquellos sectores que sobresale desde la zanja de anclaje superior;

Limpiar la plataforma operacional a la elevación de la Etapa 4 de crecimiento diferido, del derrame con relleno masivo existente;

Construir Rip Rap que proteja de la escorrentía superficial, ambas zanjas de anclaje laterales; y

Reparar previo al periodo de precipitaciones (abril – octubre) el agrietamiento superficial detectado.

9.6.13. MO(S) – Aguas Abajo

Diseñar solución definitiva para el sistema de conducción de drenajes; y

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.

9.6.14. MS – Aguas arriba

Cortar la geomembrana de HDPE, en aquel sector que sobresale desde la zanja de anclaje superior;

Construir Rip Rap que proteja de la escorrentía superficial, ambas zanjas de anclaje laterales;

Reparar previo al periodo de precipitaciones (abril – octubre), el agrietamiento superficial detectado hacia el estribo poniente del muro MS; y

Posterior al periodo estival, sacar el aire atrapado debajo de la geomembrana de HDPE, mediante la habilitación de venteos tal y como se hizo al término de la E3 de crecimiento diferido.

9.6.15. MS – Aguas Abajo

Revisar la condición de la quebrada hacia aguas abajo del muro MS, en el sector del pozo de monitoreo PZ-1 de la red de monitoreo del depósito de relaves.

9.6.16. Trincheras.

Construir la Trinchera #10 para la recuperación del agua desde la laguna.

9.6.17. MP – Aguas Arriba.

Se debe finalizar la construcción de la E4 de crecimiento diferido.

9.6.18. Monitoreo y control.

Habilitar el tercer acelerógrafo, esta vez instalado en roca.

10.0 AFPR 2023

La próxima Revisión Anual del Desempeño de las Instalaciones de Relaves (AFPR), se programa para los días 5 y 6 de diciembre, del año 2022.

11.0 ANEXOS

- Anexo A Registro Fotográfico
- Anexo B Piezómetros Instalados y Proyectados
- Anexo C Registros de Inspección de Terreno
- Anexo C1 : Muro MN
- Anexo C2 : Muro MNO
- Anexo C3 : BS
- Anexo C4 : Muro MO
- Anexo C5 : Muro MO(S)
- Anexo C6 : Muro MS
- Anexo C7 : Muro MP

Wood - División de Medio Ambiente e Infraestructura

Anexo A REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: TMF, agua alejada de los muros – MO, vista hacia el norte.

Fotografía 2: TMF, agua alejada de los muros – Co. Tapadera, vista hacia el sur

Fotografía 3: MNO / BS, playa húmeda por operación D4A y Rebose – vista hacia el nor poniente.

Fotografía 4: BS, plataforma TK-042 – vista hacia el sur oriente.

Fotografía 5: BS, plataforma coronamiento E3, El. 1.149,5 msnm – vista hacia el norte.

Fotografía 6: BS, plataforma coronamiento E3, El. 1.149,5 msnm – vista hacia el sur.

Fotografía 7: MN, coronamiento E4 relleno masivo, vista hacia el poniente.

Fotografía 8: MN, coronamiento E4, El. 1.162,5 msnm – vista hacia el oriente.

Fotografía 9: MN, Talud E4 sin perfilar – vista hacia el poniente.

Fotografía 10: MN, Monolito para control de asentamientos dañado, plataforma operacional E4.

wood.	PROJECT: TECK CdA TMF				
	CLIENT: TECK	DATE: December 2021	JOB No.: E40221	PAGE: 5	REV.: 0

Fotografía 11: MN, Acopio material fino.

Fotografía 12: MNO, Coronamiento E4 relleno de transición – vista hacia el norte.

Fotografía 13: MNO, Talud aguas arriba sin perfilar E4 – vista hacia el oriente sur.

Fotografía 14: MN, Piscina colectora de drenajes aguas abajo.

Fotografía 15: MN, Piscina colectora de drenajes aguas abajo, bomba de respaldo.

Fotografía 16: MN, Afloramientos aguas abajo, sector instrumentación geotécnica seco.

wood.	PROJECT: TECK CdA TMF				
	CLIENT: TECK	DATE: December 2021	JOB No.: E40221	PAGE: 8	REV.: 0

Fotografía 17: MNO, Piscina colectora de drenajes, aguas abajo.

Fotografía 18: MNO, CHQ afloramientos (norte) (ex AFL-Poza), aguas abajo..

Fotografía 19: MNO, Zanjas para prueba Watershed abandonadas – vista hacia el nor poniente

Fotografía 20: MO, Descarga D5 operando - vista hacia el poniente.

Fotografía 21: MO, Talud aguas arriba relleno de transición, estribo norte – vista hacia el sur.

Fotografía 22: MO, Coronamiento E4 relleno masivo, estribo norte – vista hacia el norte.

Fotografía 23: MO, Terreno natural, estribo sur – detalle.

Fotografía 24: MO(S), Talud aguas arriba E4, impermeabilización con liner – vista hacia el nor oriente.

Fotografía 25: MO(S), Geomembrana sobresaliendo de zanja de anclaje superior

Fotografía 26: MO(S), Agrietamiento superficial, relleno transición.

Fotografía 27: MS, Talud aguas arriba E4, y playa – vista hacia el poniente.

Fotografía 28: MS, Geomembrana sobresaliendo de zanja de anclaje superior

Fotografía 29: MS, Agrietamiento superficial, relleno transición.

Fotografía 30: Trinchera N° 8A, para recuperación de agua.

Fotografía 31: MP, Construcción relleno de transición Etapa 4.

Fotografía 32: MP, Pie talud interno – agotamiento de agua.

Fotografía 33: MO, Talud aguas abajo.

Fotografía 34: MO, Aguas abajo, protección cañería descarga dren central.

Fotografía 35: MO, Aguas abajo, aforador (V-Notch).

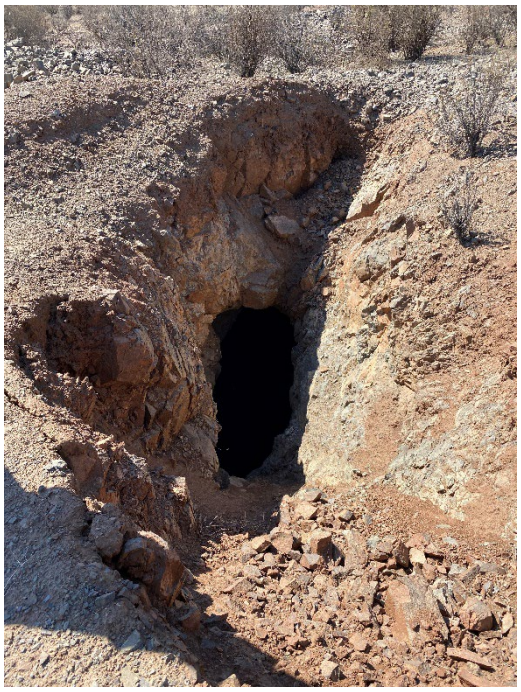
Fotografía 36 BS / MNO, Aguas abajo – filtraciones y piscina colectora y de monitoreo

Fotografía 37: MNO, CHQ afloramientos (sur) vegetación en lecho de rocas.

Fotografía 38 MO(S), Plataforma operacional E4,obstruida (1/2) – vista hacia el sur

Fotografía 39: MO(S), Plataforma operacional E4,obstruida (2/2) – vista hacia el norte

Fotografía 40 MO(S), Aguas abajo – piques (1/2)



Fotografía 41: MO(S), Aguas abajo – piques (2/2)

Fotografía 42 MO(S), Descarga cañería colectora de drenajes

Fotografía 43: MO(S), Zanja de anclaje lateral norte

Fotografía 44 MS, Zanja de anclaje lateral poniente

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 sondajes 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 sondajes 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 2-4 (Planta) y las secciones se muestran en las Figuras 2-5 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 INCOPESA durante los trabajos de construcción del dren central del MO, el día 25 de septiembre de 2010, se cortaron los cables del piezómetro PE-010, el cual fue descubierto para verificar su estado, 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 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 Wood.

En ambos casos, hubo un diseño preliminar propuesto (WSP / GeoMediciones), con recomendaciones de profundidades de sensores propuestas por 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 de Piezómetro	Cantidad	Estatus
1	MNO	DH-1	Casagrande	1	Operativo
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 Piezómetros
5	MNO	DH-5A	-	-	Sin instrumentación
6	BS	DH-6	Fibra Óptica	2	Fuera de Servicio el Piezómetro instalado en la roca de fundación; Operativo el Piezómetro instalado en el relleno del BS
7	BS	DH-7	Casagrande	1	Operativo
8	BS	DH-8	Fibra Óptica	2	Fuera de Servicio Ambos Piezómetros

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 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)

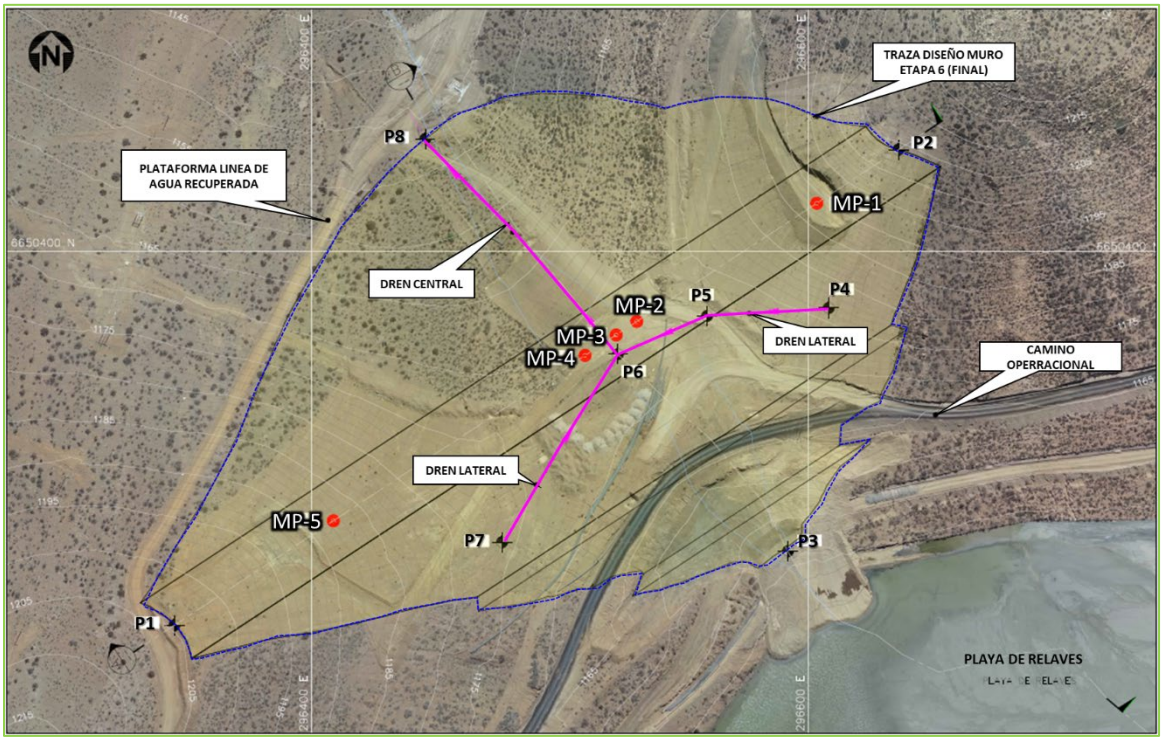


Figura B-3: MP – Perfil Longitudinal Emplazamiento Sondajes MP1 @ MP5 (topografía actualizada al 2021.03.27)

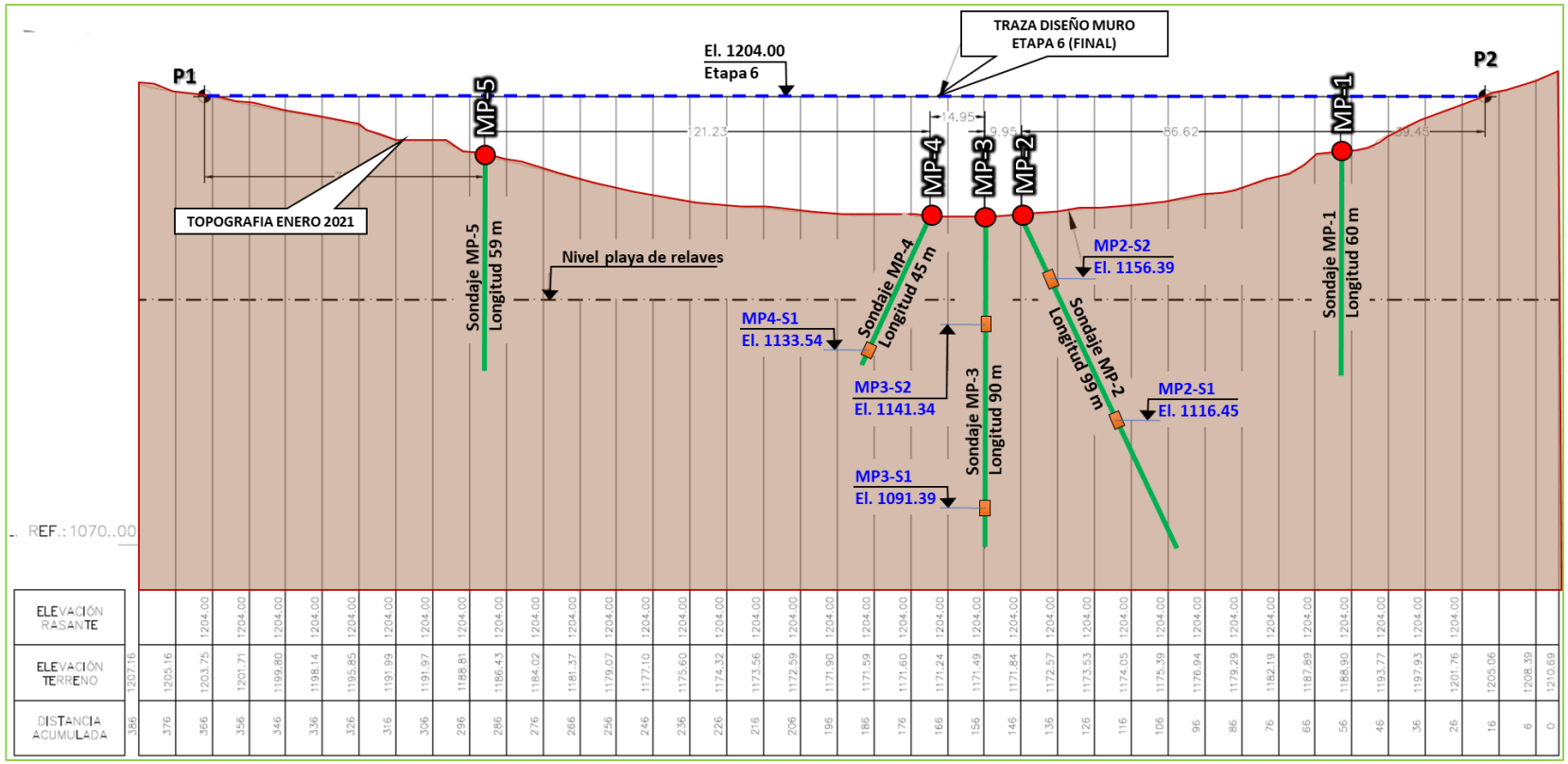
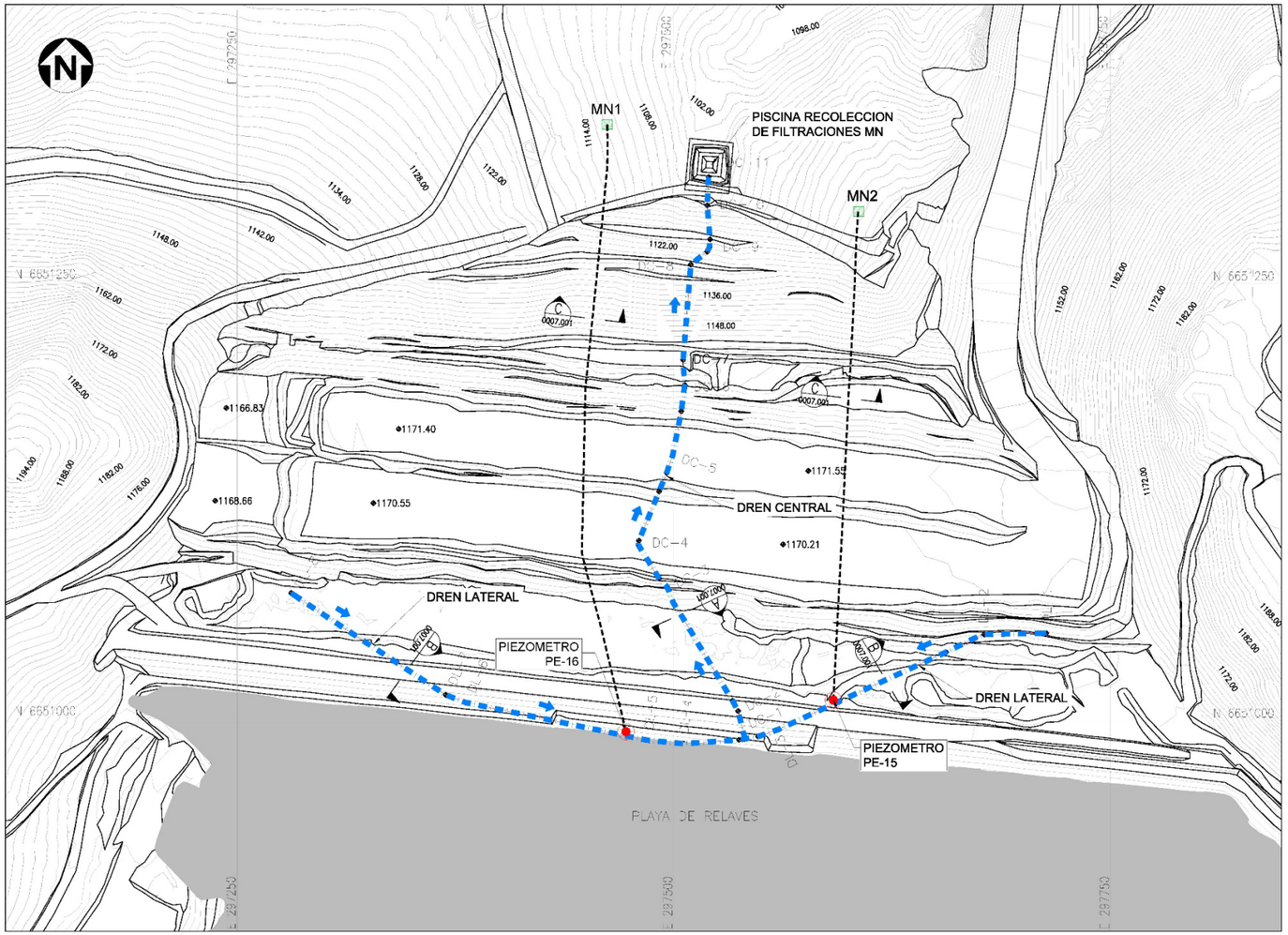


Figura B-4: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.000_R1, Wood).



PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS MURO NORTE

ESCALA 1:1250

CUADRO DE COORDENADAS DREN CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS		VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE		NORTE	ESTE
DC-1	6.650.989,66	297.540,71	DC-7	6.651.206,38	297.505,36
DC-2	6.651.005,56	297.536,83	DC-8	6.651.250,94	297.500,74
DC-3	6.651.076,01	297.496,51	DC-9	6.651.288,95	297.250,71
DC-4	6.651.100,21	297.479,86	DC-10	6.651.294,63	297.519,16
DC-5	6.651.152,12	297.499,46	DC-11	6.651.310,77	297.519,91
DC-6	6.651.191,99	297.505,27			

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL

VERTICE	COORDENADAS		VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE		NORTE	ESTE
DL-1	6.651.050,14	297.713,24	DL-6	6.651.010,41	297.380,96
DL-2	6.651.049,38	297.677,81	DL-7	6.651.014,80	297.389,47
DL-3	6.650.995,14	297.560,10	DL-8	6.651.072,92	297.280,96
DL-4	6.650.996,86	297.505,76			
DL-5	6.650.988,89	297.484,55			

CUADRO UBICACIÓN CASETAS

CASETA	COORDENADA	
	NORTE	ESTE
MN1	6.651.341,6	297.462,9
MN2	6.651.291,2	297.605,5

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS

PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-015	6.651.011,0	297.591,4	1.129,4
PE-016	6.650.993,8	297.472,7	1.127,3

SIMBOLOGIA

PE-xx PIEZOMETRO

BANCODUCTO

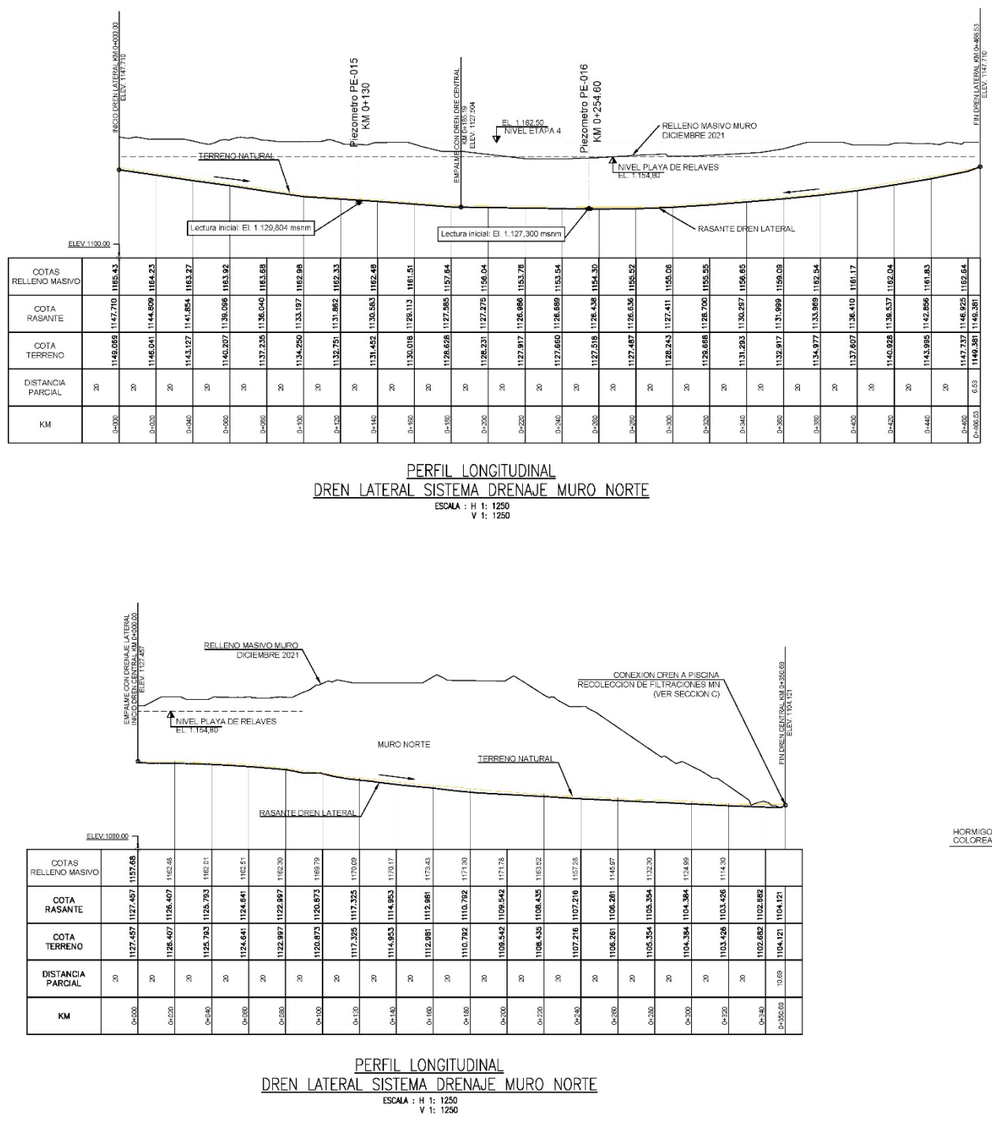
SISTEMA DE DRENAJE

CASETA

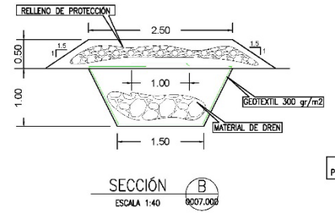
NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE A DICIEMBRE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-009, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-007.
6. NIVEL DE ELEVACIÓN DE LA PLAYA DE RELAVES A DICIEMBRE DE 2021.

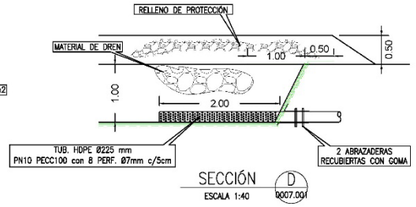
Figura B-5: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.001_R1, Wood).

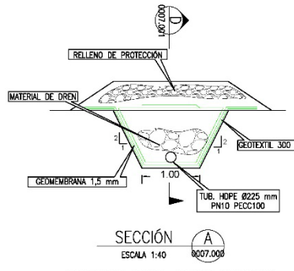


PERFIL LONGITUDINAL
DREN LATERAL SISTEMA DRENAJE MURO NORTE
ESCALA : H 1: 1250
V 1: 1250



SECCION TIPO DREN LATERAL EXCAVADO

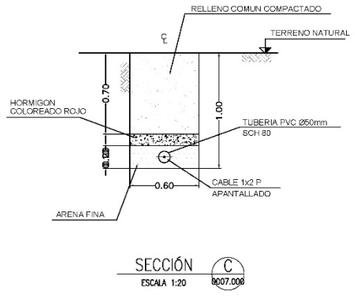


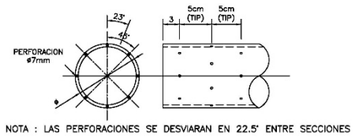


SECCION TIPO DREN CENTRAL
SALIDA TUBERIA HDPE

SECCION TIPO DREN CENTRAL

PERFIL LONGITUDINAL
DREN LATERAL SISTEMA DRENAJE MURO NORTE
ESCALA : H 1: 1250
V 1: 1250





NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22.5° ENTRE SECCIONES

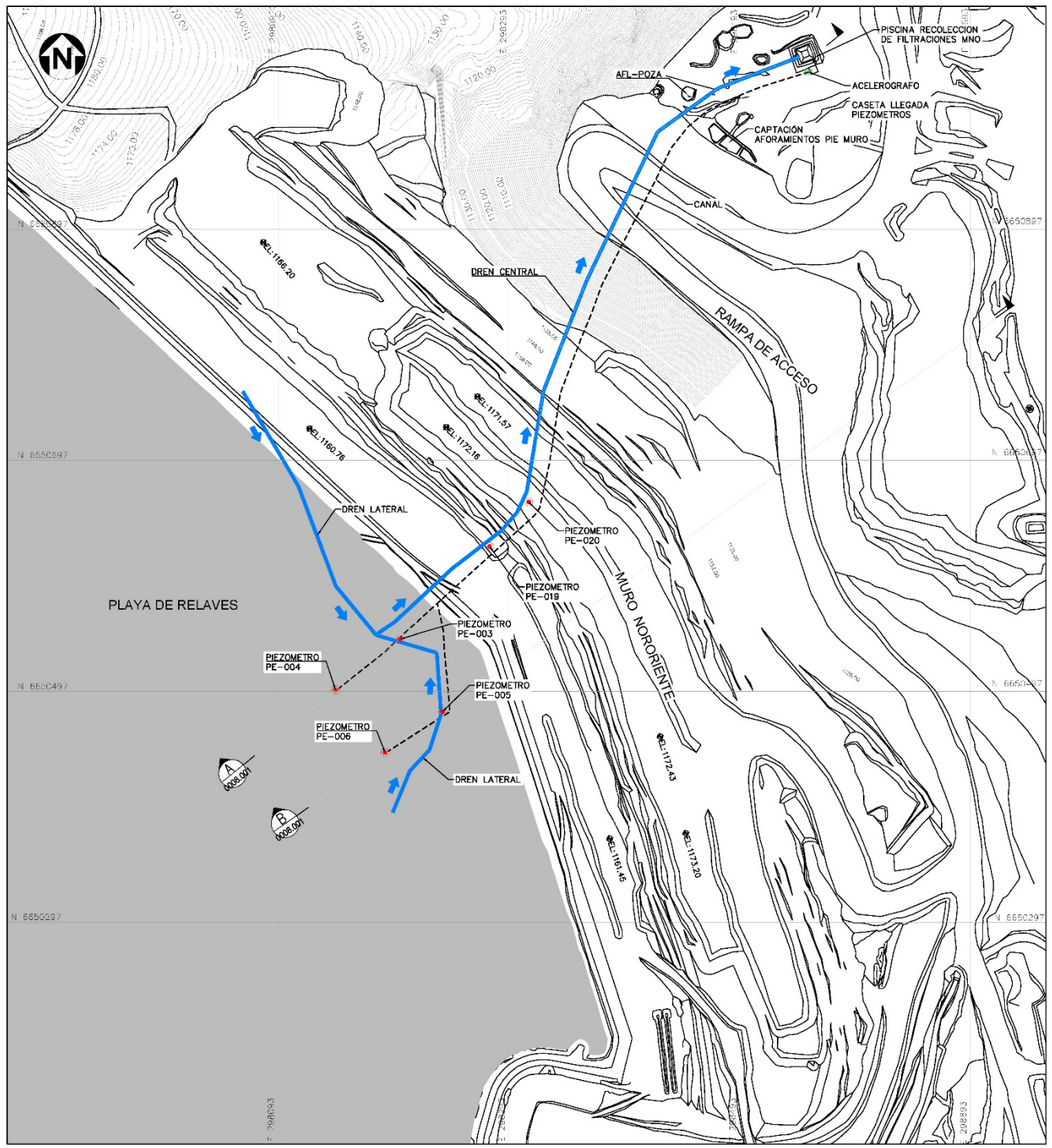
ESQUEMA DE PERFORACIÓN TUBERIA HDPE
ESCALA: S/E

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-015	6.651.011,81	297.591,35	1.129,80
PE-016	6.650.993,75	297.472,67	1.127,30

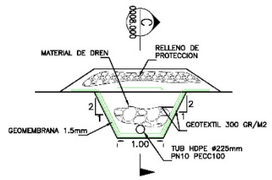
NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE A DICIEMBRE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-009, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-007.
6. NIVEL DE ELEVACIÓN DE LA PLAYA DE RELAVES A DICIEMBRE DE 2021.
7. PARA REFERENCIA DE SECCIONES Y PERFILES VER PLANO E40221-6000-DT00-PLN-0007.000.

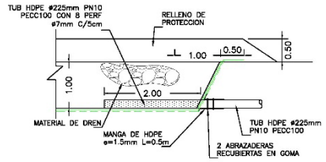
Figura B-6: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (Ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.000_R1, Wood).



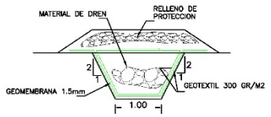
PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS MURO NORORIENTE
ESCALA 1:2000



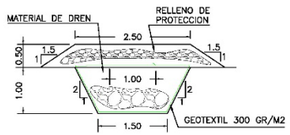
SECCIÓN TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE
ESCALA 1:50



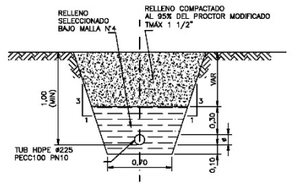
SECCIÓN C 0008.000
ESCALA 1:50
SECCIÓN TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE



SECCIÓN TIPO DREN CENTRAL
ESCALA 1:50



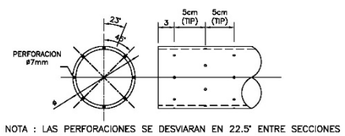
SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
ESCALA 1:50



SECCIÓN TIPO CANAL
ESCALA 1:25

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-003	6.650.542.28	298.198.47	1.054.53
PE-004	6.650.498.31	298.142.79	1.058.54
PE-005	6.650.478.44	298.235.45	1.058.17
PE-006	6.650.444.19	298.185.64	1.062.16
PE-019	6.650.622.35	298.276.23	1.048.62
PE-020	6.650.660.81	298.310.16	1.047.34

SIMBOLOGIA
- P-XXX PIEZOMETRO
- BANCODUCTO PIEZOMETROS
- SISTEMA DE DRENAJE
- CASETA



NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22.5° ENTRE SECCIONES

ESQUEMA DE PERFORACIÓN TUBERIA HDPE
ESCALA S/E

NOTAS:
1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE A DICIEMBRE DE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. PARA SECCIONES VER PLANO N° E40221-6000-DT00-PLN-0008.001
5. A PARTIR DE JUNIO 2013 SE PIERDE SEÑAL DE PIEZÓMETRO PE-020.

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, Wood).

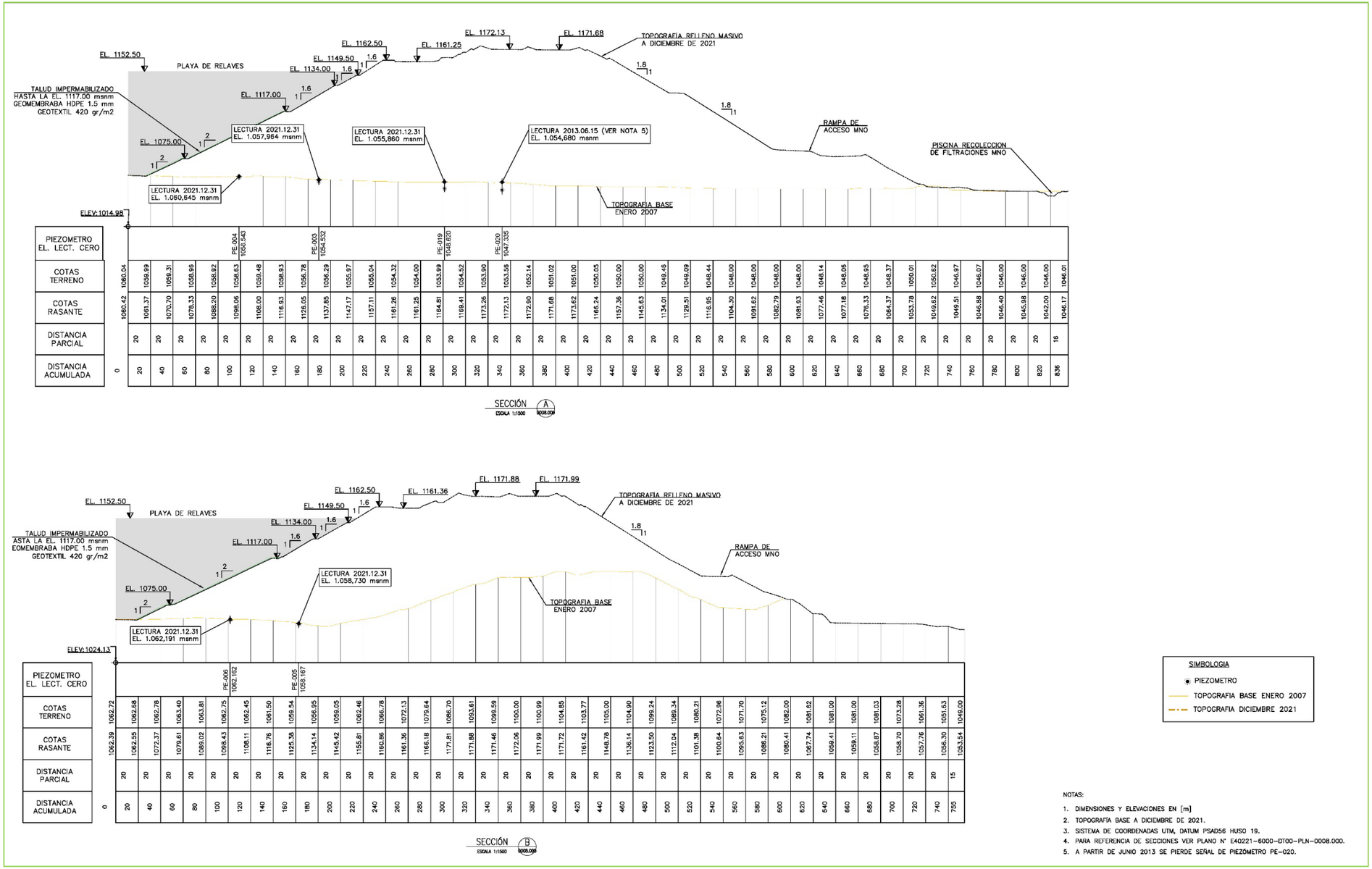
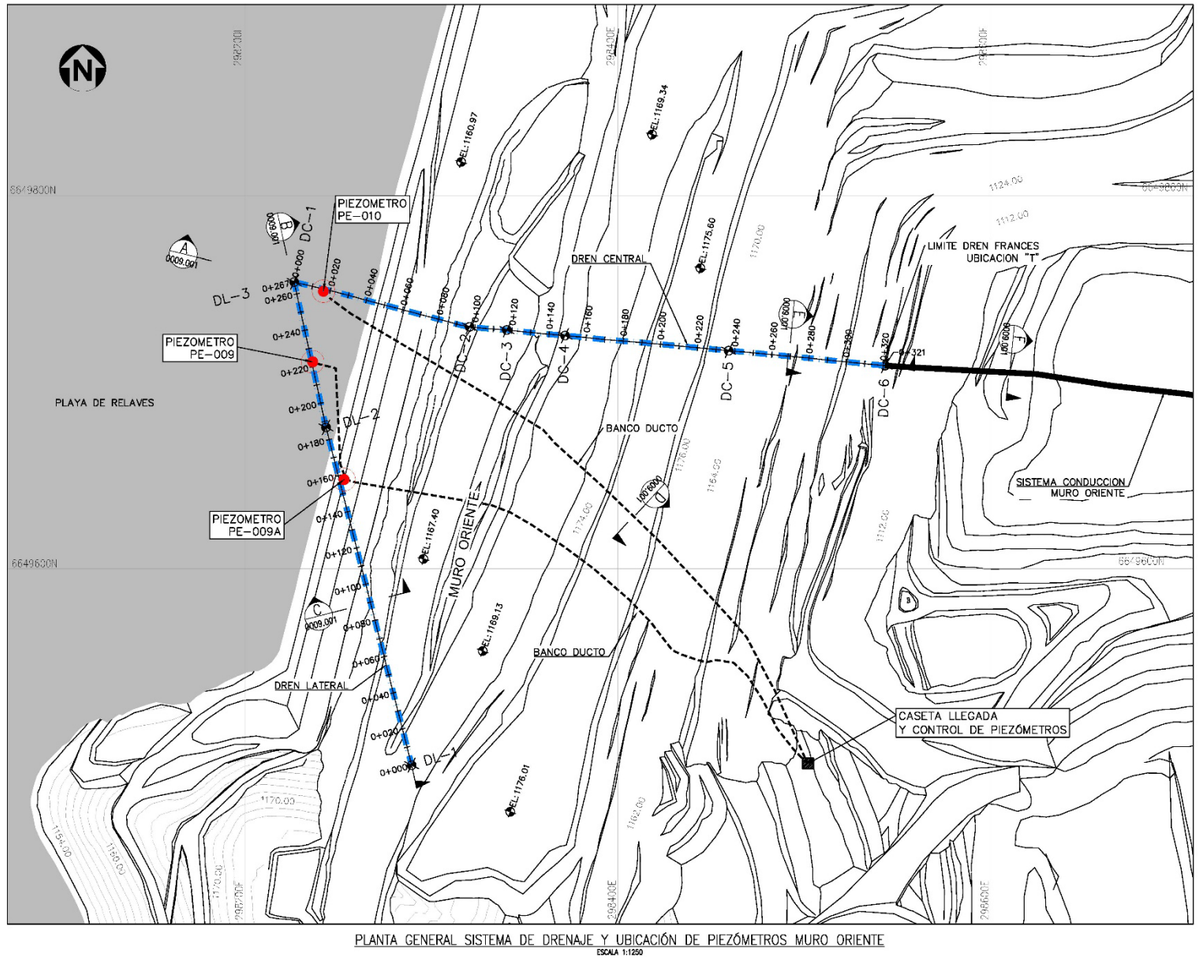


Figura B-8: MO; Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.000_R1, Wood).



PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS MURO ORIENTE
ESCALA 1:1250

CUADRO DE COORDENADAS DREN CENTRAL

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

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL

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

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS

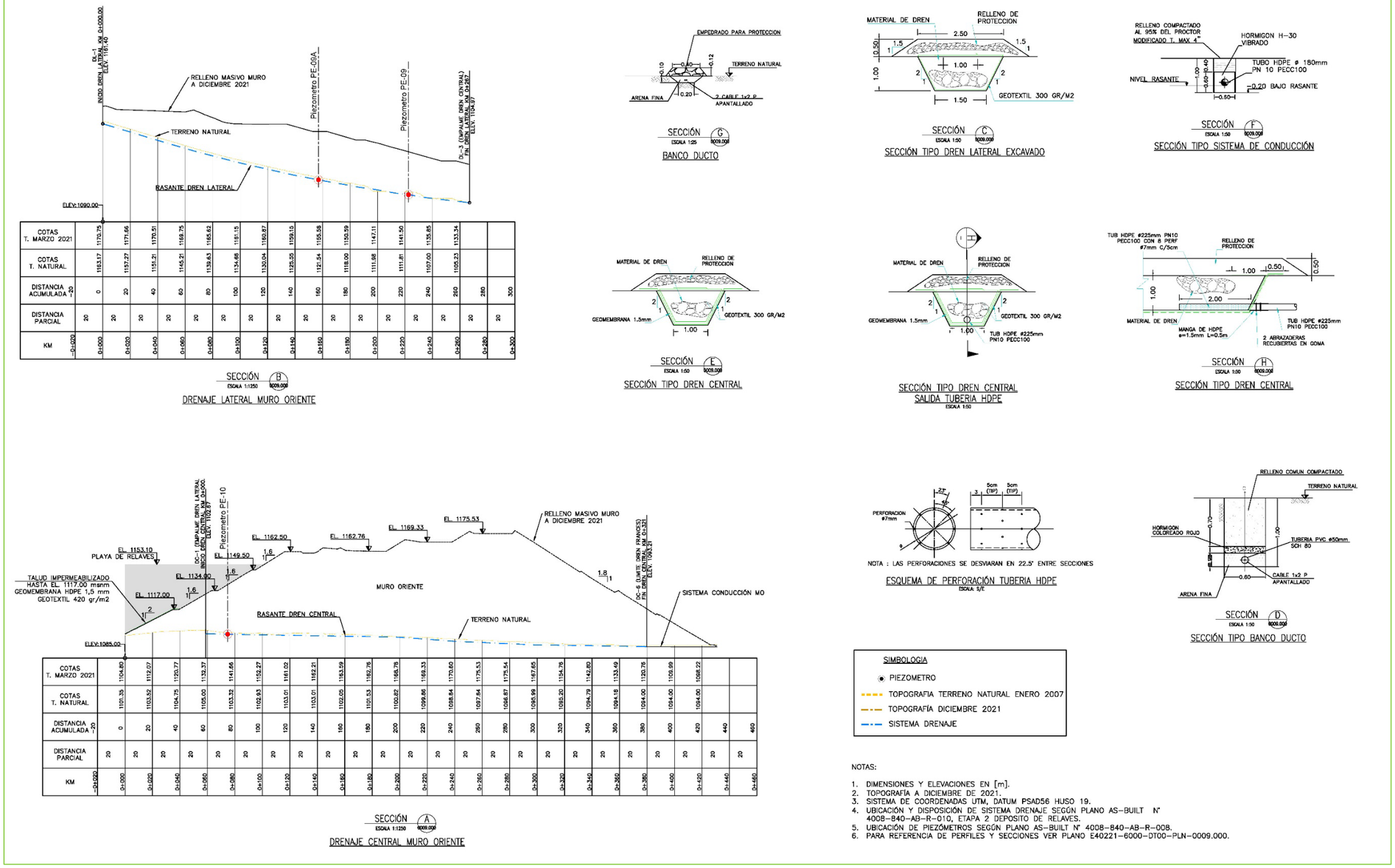
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-009	6.649.710,90	298.236,19	1.110,05
PE-009A	6.649.647,81	298.253,03	1.120,95
PE-010	6.649.748,81	298.242,00	1.103,22

SIMBOLOGIA
- PE-XXX PIEZOMETRO
- BANCODUCTO
- SISTEMA DE DRENAJE
- CASETA

NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. TOPOGRAFÍA A DICIEMBRE DE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-010, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-008.
6. PARA DETALLE DE SECCIONES VER PLANO E40221-6000-DT00-PLN-0009.001.

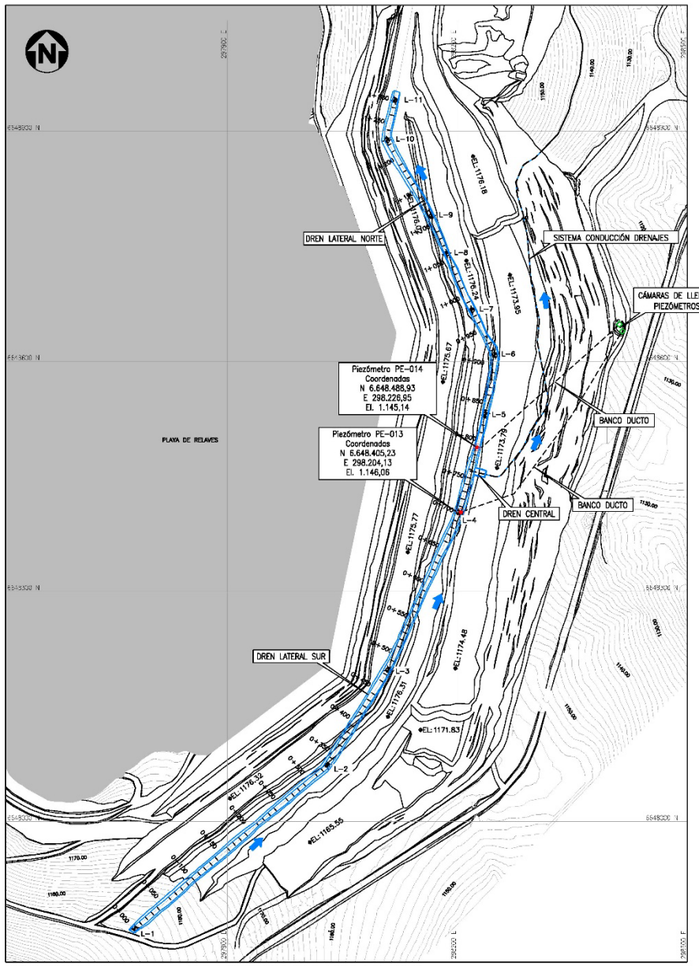
Figura B-9: MO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2021.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.001_R1, Wood).



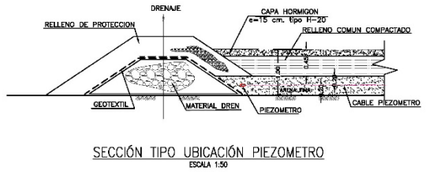
NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. TOPOGRAFÍA A DICIEMBRE DE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-010, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-008.
6. PARA REFERENCIA DE PERFILES Y SECCIONES VER PLANO E40221-6000-DT00-PLN-0009.000.

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, Wood).



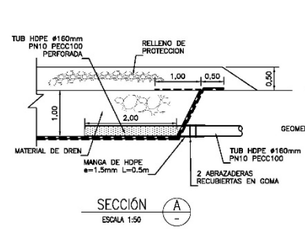
PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS MURO ORIENTE (S)
ESCALA 1:3000



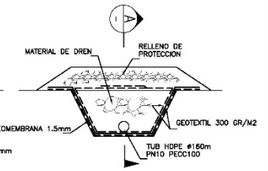
SECCIÓN TIPO UBICACIÓN PIEZOMETRO
ESCALA 1:50

NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE A DICIEMBRE 2021.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. NIVEL DE ELEVACIÓN DE LA PLAYA DE RELAVES A DICIEMBRE DE 2021.
5. PARA DETALLE DE CÁMARA DE LLEGADA VER PLANO N° E40071-840-R-PL-152



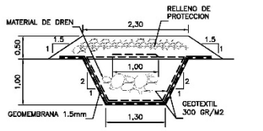
SECCIÓN A
ESCALA 1:50



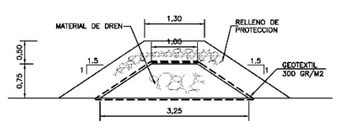
SECCIÓN TIPO DREN CENTRAL
ESCALA 1:50

CUADRO DE COORDENADAS TRAZADO DREN LATERAL

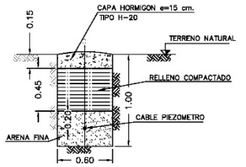
VERTICE	COORDENADAS		RADIO	AZIMUT	DIST.	ALFA	DEFLEXION		VERTICE
	NORTE	ESTE	(m)	(g)	(m)	(g)	+ (g)	+ (°)	(KM)
L-1	6647860.68	297779.15							0.00
L-2	6648073.66	298030.47	0	55.2447	329.42	180.9636	19.0364	17.1328	329.42
L-3	6648197.73	298109.78	0	36.2083	147.25	190.6560	9.3340	8.4006	476.68
L-4	6648402.85	298201.91	0	26.8743	224.86	190.1318	9.8682	8.8814	701.54
L-5	6648530.98	298236.97	0	17.0081	132.84	192.7685	7.2315	6.5084	834.38
L-6	6648608.75	298349.01	0	9.7745	78.70	190.0048	39.9952	35.9957	913.08
L-7	6648867.13	298219.01	0	359.7793	65.64	203.2934	3.2934	2.9640	978.71
L-8	6648740.35	298186.05	0	373.0727	80.30	202.4823	2.4823	2.2431	1099.01
L-9	6648789.19	298166.33	0	375.5630	52.66	190.6849	9.3151	8.3836	1111.68
L-10	6648888.17	298108.31	0	385.2499	114.73	245.7192	45.7192	41.1472	1226.41
L-11	6648940.82	298118.33		11.9691	53.59	188.0309	11.9691	10.7721	1280.00



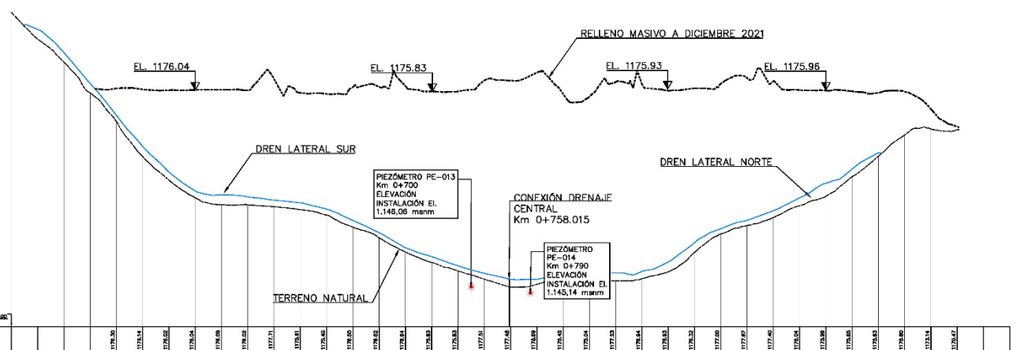
SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
ESCALA 1:50



SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EN SUPERFICIE
ESCALA 1:50

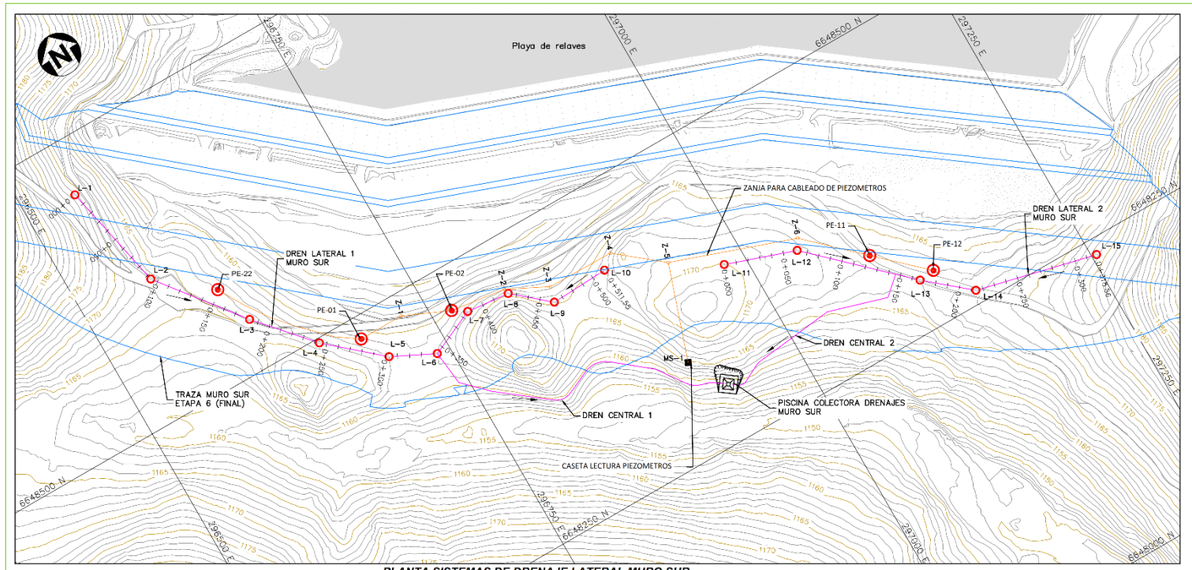


SECCIÓN TIPO BANCO DUCTO
ESCALA 1:25

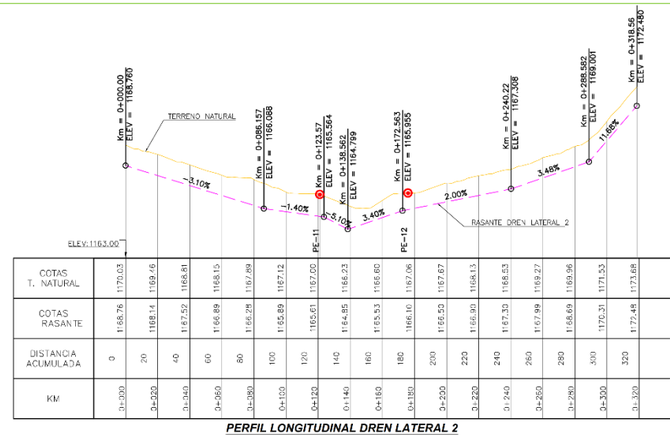


PERFIL LONGITUDINAL
DREN LATERAL SISTEMA DRENAJE MURO ORIENTE (S)
ESCALA : H 1: 3500
V 1: 350

Figura B-11: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, Wood).



PLANTA SISTEMAS DE DRENAJE LATERAL MURO SUR
Esc. 1: 4000



COTAS T. NATURAL	1170.03	1169.46	1168.81	1168.15	1167.89	1167.12	1167.00	1166.23	1166.60	1167.06	1167.67	1168.13	1168.53	1169.27	1169.96	1171.53	1173.68	
COTAS RASANTE	1168.76	1168.14	1167.52	1166.89	1166.28	1165.89	1165.61	1164.85	1165.53	1166.10	1166.50	1166.90	1167.30	1167.99	1168.69	1170.31	1172.48	
DISTANCIA ACUMULADA	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	
KM	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	

PERFIL LONGITUDINAL DREN LATERAL 2
Esc. H 1: 3000
V 1:300

Cuadro de coordenadas zanja para cables piezómetros

Piezometro	Coordenadas	
	Norte	Este
PE-001	6.648.481,47	296.689,99
Z-1	6.648.481,50	296.728,10
PE-002	6.648.464,37	296.766,85
Z-2	6.648.457,80	296.813,50
Z-3	6.648.440,50	296.847,80
Z-4	6.648.439,70	296.904,90
Z-5	6.648.408,90	296.942,60
Z-6	6.648.372,70	297.045,80
PE-011	6.648.330,18	297.090,48
PE-012	6.648.293,06	297.130,19
MS1	6.648.328,80	296.915,40

Cuadro de coordenadas piezómetros

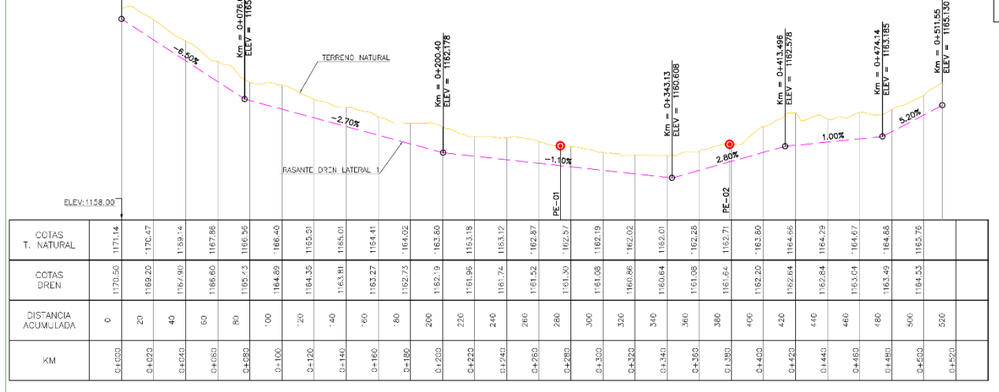
Piezometro	Coordenadas	
	Norte	Este
PE-01	6.648.481,47	296.689,99
PE-02	6.648.464,37	296.766,85
PE-11	6.648.330,18	297.090,48
PE-12	6.648.293,06	297.130,19
PE-22	6.648.576,57	296.607,09

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL 1

VERTICE	COORDENADAS		RADIO	AZIMUT	DIST.	ALFA	DEFLEXION		VERTICE
	NORTE	ESTE	(m)	(g)	(m)	(g)	+ (g)	- (g)	(KM)
L-1	6.648.704,03	296.543,75							0,00
L-2	6.648.612,00	296.563,31	0	196,6706	94,09	171,3038	28,6962	25,8266	94,09
L-3	6.648.542,00	296.617,65	0	157,9744	88,61	196,0470	3,9030	3,5577	182,70
L-4	6.648.496,02	296.658,16	0	154,0214	61,28	191,7314	8,2688	7,4417	243,98
L-5	6.648.457,13	296.732,62	0	145,7529	84,07	182,4556	16,5444	14,8899	303,05
L-6	6.648.439,38	296.738,56	0	129,2085	40,08	145,9777	56,0373	50,4746	343,13
L-7	6.648.456,98	296.777,84	0	73,1812	43,05	233,3749	33,3749	30,0374	386,18
L-8	6.648.454,19	296.814,64	0	106,3561	36,99	236,7218	36,7218	34,8456	423,17
L-9	6.648.427,68	296.844,22	0	145,2779	39,05	151,8645	48,1355	43,3219	462,23
L-10	6.648.429,90	296.893,49		97,1424	49,32	102,8576	97,1424	87,4281	511,55

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL 2

VERTICE	COORDENADAS		RADIO	AZIMUT	DIST.	ALFA	DEFLEXION		VERTICE
	NORTE	ESTE	(m)	(g)	(m)	(g)	+ (g)	- (g)	(KM)
L-11	6.648.354,12	296.952,09							0,00
L-12	6.648.364,00	297.040,47	0	121,1210	61,75	227,3322	27,3322	24,5989	61,75
L-13	6.648.291,54	297.116,54	0	148,4332	105,07	196,3657	3,6343	3,2705	166,82
L-14	6.648.260,97	297.152,54	0	144,8189	47,22	170,1263	29,8737	26,8863	214,04
L-15	6.648.236,66	297.254,20		114,9452	104,52	85,0548	114,9452	103,4507	318,56

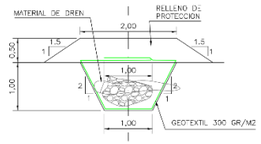


COTAS T. NATURAL	1171.14	1170.47	1169.14	1167.86	1166.56	1166.40	1165.61	1165.01	1164.41	1164.02	1163.60	1163.18	1163.12	1162.87	1162.57	1162.19	1162.02	1162.01	1162.28	1162.71	1162.80	1164.66	1164.29	1164.67	1164.38	1163.76		
COTAS DREN	1170.50	1169.20	1167.90	1166.60	1165.45	1164.89	1164.35	1163.81	1163.27	1162.73	1162.19	1161.96	1161.74	1161.52	1161.30	1161.08	1160.86	1160.64	1161.08	1161.64	1162.20	1162.64	1162.84	1163.04	1163.49	1164.53		
DISTANCIA ACUMULADA	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	
KM	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140	0+160	0+180	0+200	0+220	0+240	0+260	0+280	0+300	0+320	0+340	0+360	0+380	0+400	0+420	0+440	0+460	0+480	0+500	0+520	

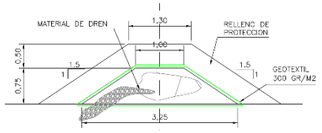
PERFIL LONGITUDINAL DREN LATERAL 1
Esc. H 1: 3000
V 1:300

SIMBOLOGIA

- Traza diseño muro sur (etapa 6)
- Sistema drenaje muro
- Geotextil 300 gr/m2
- Zanja para cableado de piezómetros
- Camara llegada cableado de piezómetros
- Piezómetro



SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
Esc. 1:100

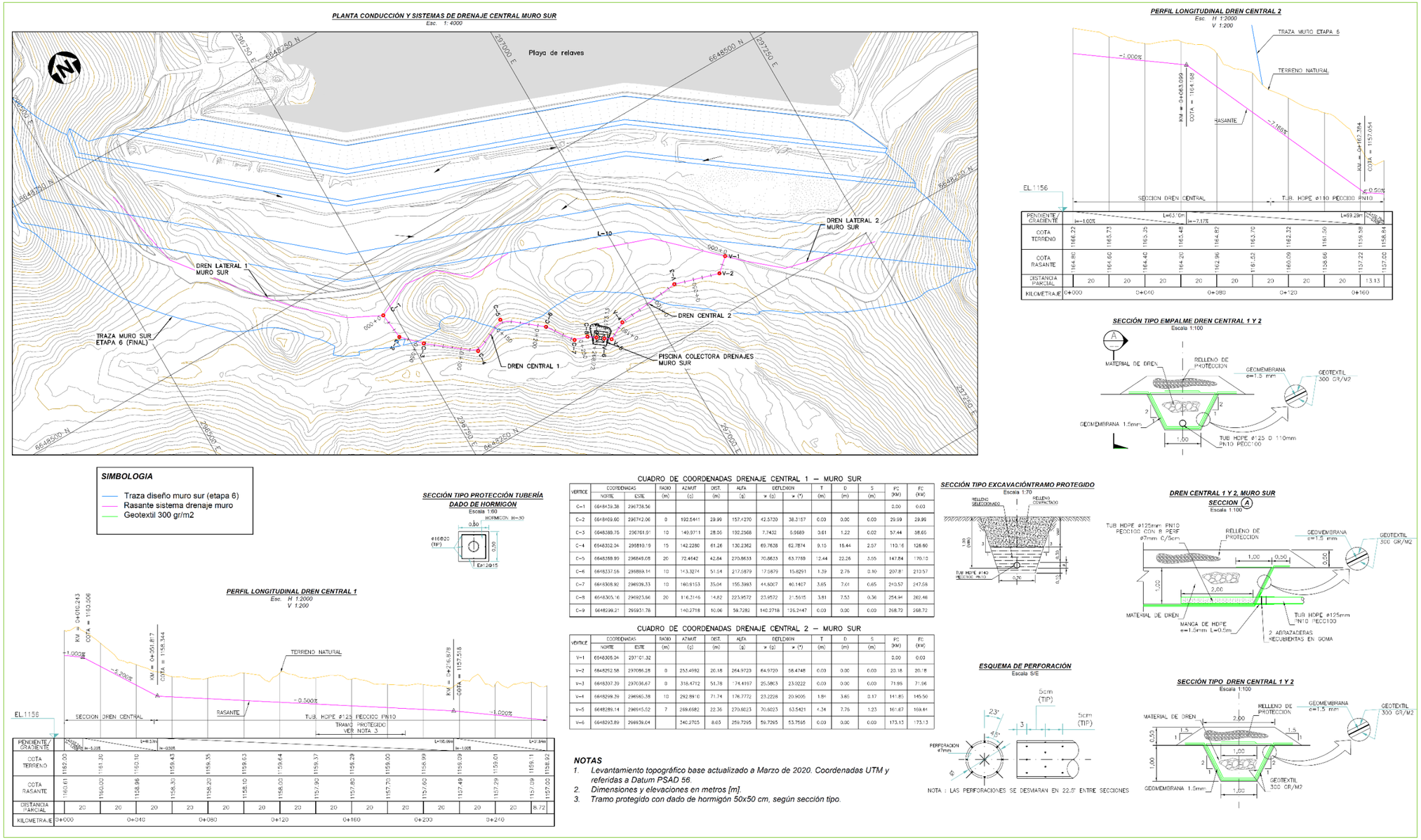


SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EN SUPERFICIE
Esc. 1:100

NOTAS

1. *Levantamiento topográfico base actualizado a octubre de 2020. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *La utilización del dren lateral en superficie la definirá la supervisión Wood.*
4. *Las camaras de llegada del cableado de los piezómetros serán de hormigón armado H-30, tipo "B" con tapa desmontable de 0,60x0,60x0,30 m.*
5. *Las zanjas para el cableado de los piezómetros contemplan la pendiente propia del terreno natural post escarpe, adaptándose a la topografía del terreno y de acuerdo a la sección tipo.*
6. *Las excavaciones para la instalación de los instrumentos (piezometros)son proporcionales al tamaño de estos, de manera que faciliten su adecuación en la posición y orientación indicadas y su posterior relleno compactado, según esto las dimensiones de las zanjas podrían ajustarse a los requerimientos de terreno.*
7. *La compactación alrededor del instrumento debe ser con pisones manuales livianos para no dañar el cable. Este procediendo se realiza como mínimo 50 cm sobre el instrumento, luego de lo cual se puede continuar con la compactación mecánica liviana.*
8. *Los instrumentos instalados (piezómetros) deben ser previamente calibrados in-situ, se deben determinar sus coordenadas de instalación y realizar una lectura de datos luego de que la zanja haya sido rellenada manualmente y después de que se haya compactado.*
9. *Los cables se instalan con holgura total mínima de 4% de la longitud del cable enrollado en la cámara.*

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, Wood).



CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL 1 – MURO SUR

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION + (g)	DEFLEXION + (°)	T (m)	D (m)	S (m)	PC (KM)	PT (KM)
C-1	6648439.38	296738.56										0.00	0.00
C-2	6648409.60	296742.06	0	192.5441	29.99	157.4270	42.5730	38.3157	0.00	0.00	0.00	29.99	29.99
C-3	6648388.75	296761.91	10	149.9711	28.86	192.2368	7.7432	6.9689	3.61	1.22	0.02	57.44	58.85
C-4	6648352.34	296810.19	15	142.2280	61.26	130.2362	69.7638	62.7874	9.13	18.44	2.57	110.16	126.86
C-5	6648388.99	296849.08	20	72.4642	42.84	270.8633	70.8633	63.7769	12.44	22.26	3.65	147.84	170.13
C-6	6648337.58	296869.14	10	14.3.3274	51.54	217.5879	17.5879	15.8291	1.59	2.76	0.10	207.81	210.57
C-7	6648308.92	296939.33	10	160.9153	35.04	155.3983	44.6007	40.1407	3.85	7.01	0.65	240.57	247.58
C-8	6648305.16	296923.66	20	116.3146	14.82	223.9572	23.9572	21.5615	3.81	7.53	0.36	254.94	262.46
C-9	6648299.21	296931.78		140.2718	10.06	59.7282	140.2718	126.2447	0.00	0.00	0.00	268.72	268.72

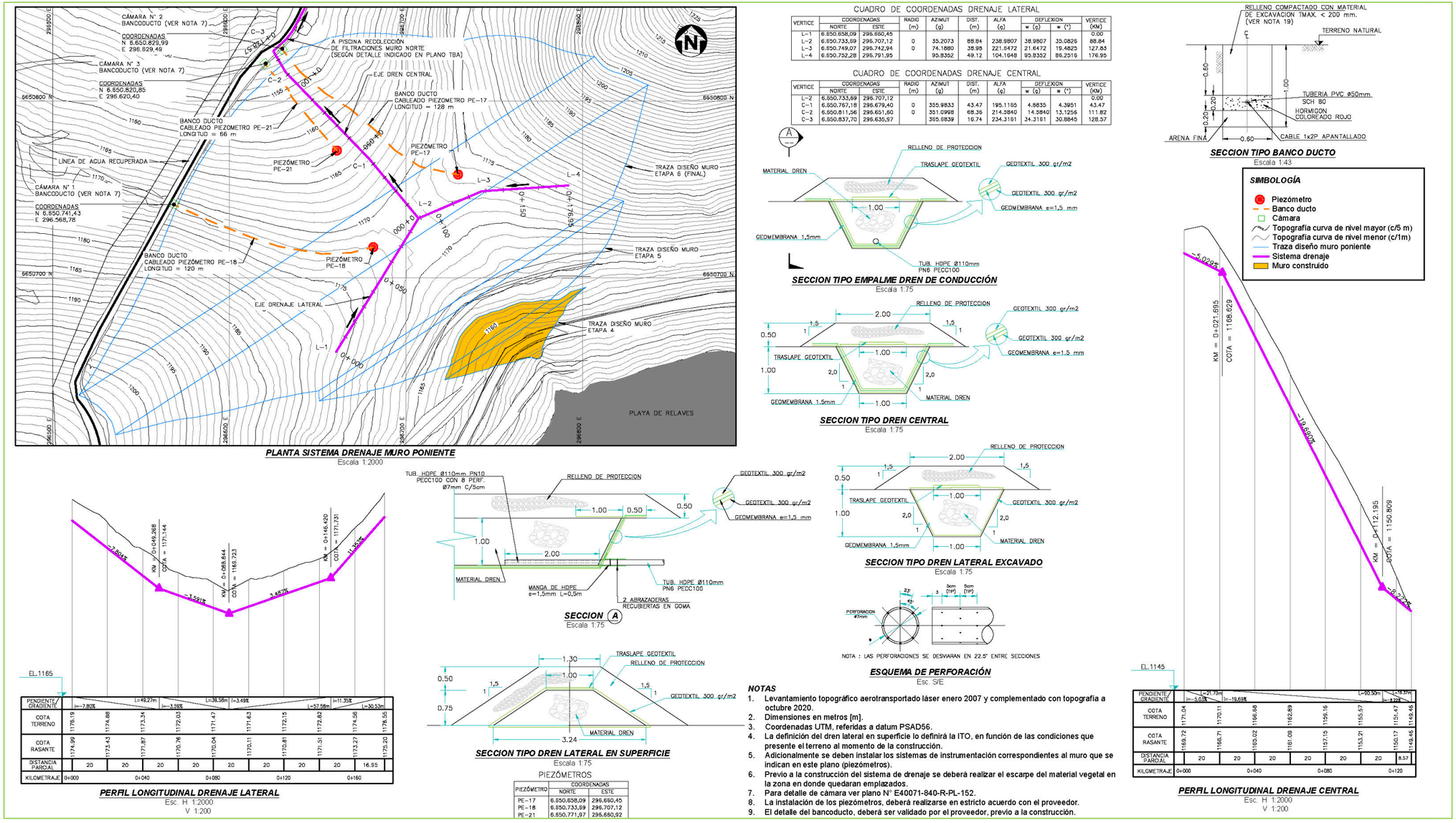
CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL 2 – MURO SUR

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION + (g)	DEFLEXION + (°)	T (m)	D (m)	S (m)	PC (KM)	PT (KM)
V-1	6648305.04	297101.32										0.00	0.00
V-2	6648252.58	297086.28	0	253.4992	20.18	264.9720	64.9720	58.4748	0.00	0.00	0.00	20.18	20.18
V-3	6648397.39	297036.67	0	318.4712	51.78	74.4197	25.5803	23.0222	0.00	0.00	0.00	71.96	71.96
V-4	6648298.39	296986.38	10	292.8910	71.74	176.7772	23.2228	20.9006	1.84	3.65	0.17	141.85	145.50
V-5	6648289.14	296945.52	7	269.6682	22.36	270.6023	70.6023	63.5421	4.34	7.76	1.23	161.67	169.44
V-6	6648293.89	296939.04		340.2765	8.03	259.7295	59.7295	53.7565	0.00	0.00	0.00	173.13	173.13

NOTAS

1. *Levantamiento topográfico base actualizado a Marzo de 2020. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *Tramo protegido con dado de hormigón 50x50 cm, según sección tipo.*

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



PLANTA SISTEMA DRENAJE MURO PONIENTE
Escala 1:2000

CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE LATERAL

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION w (g)	DEFLEXION w (°)	VERTICE (KM)
L-1	6.650.658,09	296.660,45							0.00
L-2	6.650.733,59	296.707,12	0	35.2073	88.84	238.9807	38.9807	35.0826	88.84
L-3	6.650.749,07	296.742,94	0	74.1880	38.98	221.8472	21.6472	19.4825	127.83
L-4	6.650.752,28	296.791,95		95.8352	49.12	104.1648	95.8352	86.2516	176.95

CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION w (g)	DEFLEXION w (°)	VERTICE (KM)
L-2	6.650.733,59	296.707,12							0.00
C-1	6.650.767,18	296.679,40	0	355.9833	43.47	195.1165	4.8635	4.3951	43.47
C-2	6.650.811,56	296.651,60	0	351.0998	68.36	214.3840	14.3840	13.1256	111.82
C-3	6.650.837,70	296.635,97		365.8839	16.74	234.3161	34.3161	30.8845	128.57

SECCION TIPO EMPALME DREN DE CONDUCCIÓN
Escala 1:75

SECCION TIPO DREN CENTRAL
Escala 1:75

SECCION TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
Escala 1:75

SECCION TIPO BANCO DUCTO
Escala 1:43

NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22.5° ENTRE SECCIONES

ESQUEMA DE PERFORACIÓN
Esc. S/E

PERFIL LONGITUDINAL DRENAJE LATERAL
Esc. H 1:2000
V 1:200

SECCION (A)
Escala 1:75

SECCION TIPO DREN LATERAL EN SUPERFICIE
Escala 1:75

PIEZÓMETROS

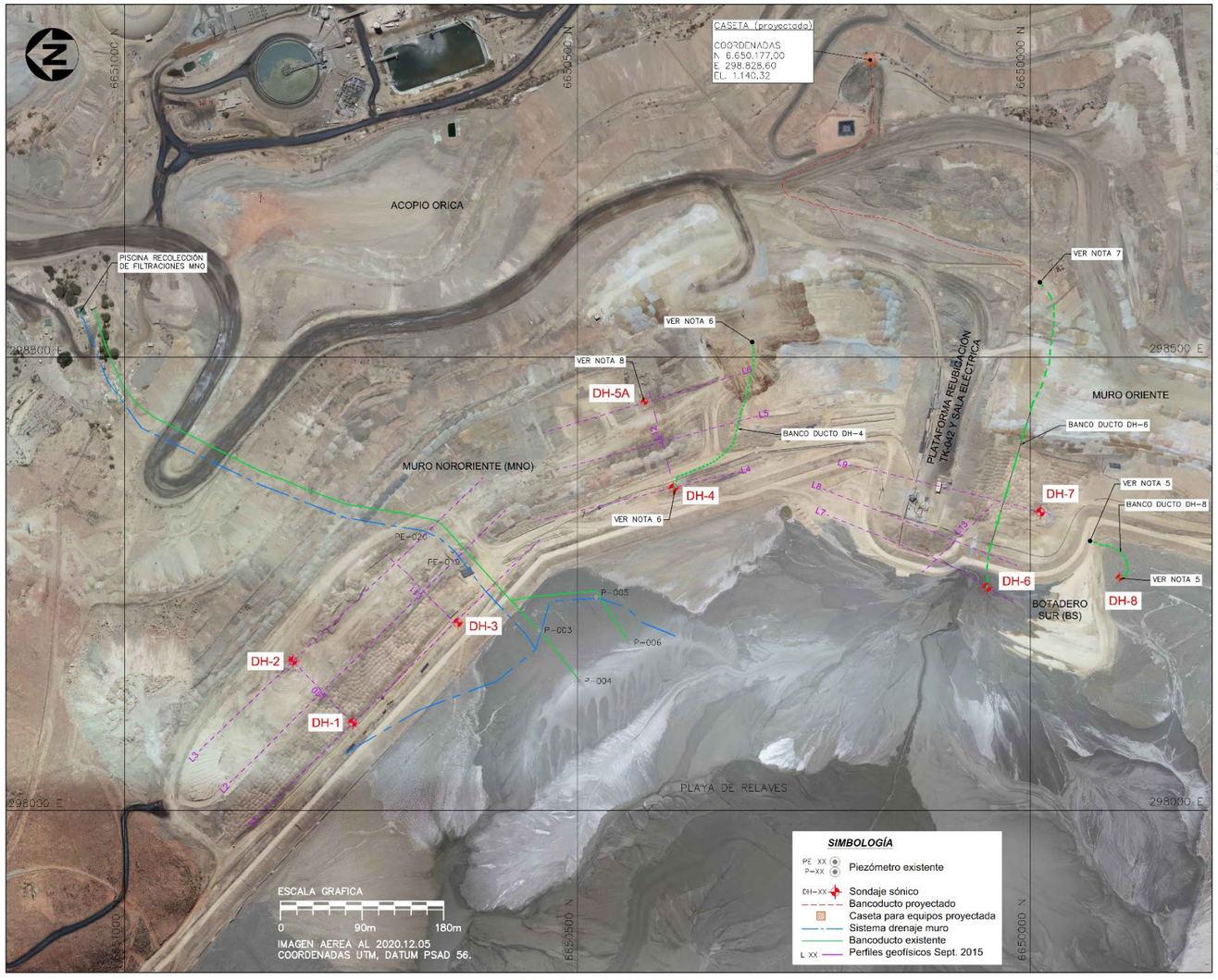
PIEZÓMETRO	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
PE-17	6.650.658,09	296.660,45
PE-18	6.650.733,59	296.707,12
PE-21	6.650.771,97	296.660,92

NOTAS

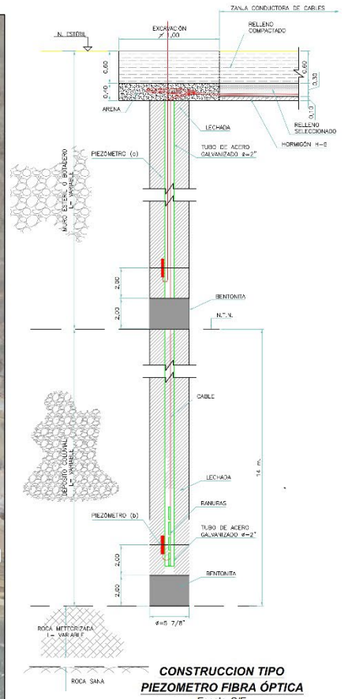
1. Levantamiento topográfico aerotransportado láser enero 2007 y complementado con topografía a octubre 2020.
2. Dimensiones en metros [m].
3. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56.
4. La definición del dren lateral en superficie lo definirá la ITO, en función de las condiciones que presente el terreno al momento de la construcción.
5. Adicionalmente se deben instalar los sistemas de instrumentación correspondientes al muro que se indican en este plano (piezómetros).
6. Previo a la construcción del sistema de drenaje se deberá realizar el escarpe del material vegetal en la zona en donde quedaran emplazados.
7. Para detalle de cámara ver plano N° E40071-840-R-PL-152.
8. La instalación de los piezómetros, deberá realizarse en estricto acuerdo con el proveedor.
9. El detalle del bancoducto, deberá ser validado por el proveedor, previo a la construcción.

PERFIL LONGITUDINAL DRENAJE CENTRAL
Esc. H 1:2000
V 1:200

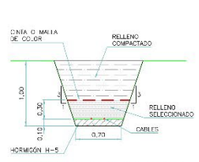
Figura B-14: Plano E40165-840-R-PL-056_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31.



PLANTA GENERAL SONDAJES SÓNICOS
Escala 1:5.000



CONSTRUCCION TIPO
PIEZOMETRO FIBRA ÓPTICA
Escala S/E



ZANJA TIPO BANCODUCTO
Escala S/E

CUADRO SONDAJES SONICOS

POZOS PIEZOMÉTRICOS	Coordenadas UTM (Datum PSAD 56) Norte	Este	Elevación Plataforma (m s.n.m)	Longitud pozo (m)	Sensor de Fibra Óptica	Longitud del Cable en Pozo (m)	Elevación sensor (m s.n.m)	Longitud del Cable en Superficie (m)	Long. Total Cable (m)	Long. Cable en Superficie +10% (m)
DH-1	6.650.748,44	298.096,61	1.160,75	53,8	N/A	-	-	-	-	-
DH-2	6.650.814,07	298.165,33	1.166,00	81,65	N/A	-	-	-	-	-
DH-3	6.650.632,65	298.207,25	1.160,40	131,25	N/A	-	-	-	-	-
DH-4	6.650.393,93	298.355,55	1.155,48	98,85	a (1)	75,00	1.080,48	658,00	733,00	748,00
					b (2)	93,00	1.062,48	658,00	751,00	808,00
DH-5A	6.650.426,10	298.450,87	1.165,83	96,8	N/A	-	-	-	-	-
DH-6	6.650.048,05	298.246,02	1.147,99	92,15	a (1)	59,50	1.088,49	901,00	960,50	1.029,00
					b (2)	87,50	1.060,49	901,00	988,50	1.066,00
DH-7	6.649.988,98	298.328,49	1.147,83	100,05	N/A	-	-	-	-	-
DH-8	6.649.901,53	298.256,79	1.140,84	79	a (1)	55,00	1.085,84	870,00	925,00	957,00
					b (2)	73,00	1.067,84	870,00	943,00	957,00

(1) SENSOR INSTALADO DENTRO DEL MURO DE ESTERIL.
(2) SENSOR INSTALADO DENTRO DEL DEPOSITO COLUVIAL.

NOTAS

1. Topografía actualizada a diciembre de 2020. Coordenadas UTM referidas a Datum PSAD56, Huso 19.
2. Coordenadas y elevaciones en metros [m]
3. Imagen aérea base 2020.12.05.
4. Las longitudes de los pozos corresponden a la profundidad teórica del contacto con el terreno natural. La penetración en la roca y/o coluvio subyacente se determina directamente en terreno previo al examen de los testigos de roca y de los objetivos de cada pozo.
5. A partir del 2019.04.12 se pierde señal de piezómetro DH-8 (SDH 8.1) y a partir del 2019.02.15 se pierde señal de piezómetro DH-8 (SDH 8.2). El 2020.01.22 se deshabilita sondaje y se retira caseta de medición.
6. A partir del 2019.03.02 se pierde señal de piezómetro DH-4 (SDH 4.2) y a partir del 2020.04.07 se pierde señal de piezómetro DH-4 (SDH 4.1). El 2020.12.02 se deshabilita sondaje y se retira caseta de medición.
7. Ubicación temporal de caseta para medición de piezómetros DH-6 (SDH 6.1 y SDH 6.2).
8. Sondaje DH-5 se abandona por derrumbe.

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

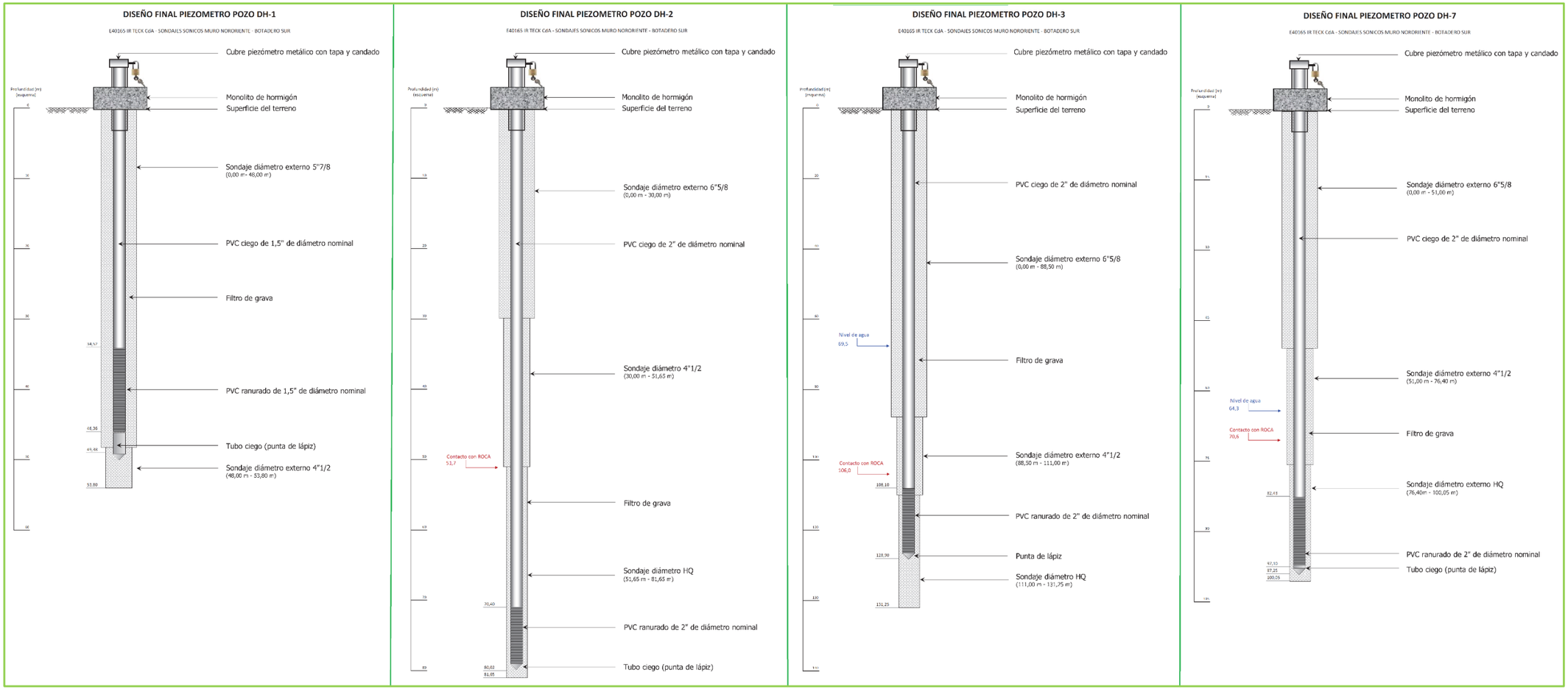
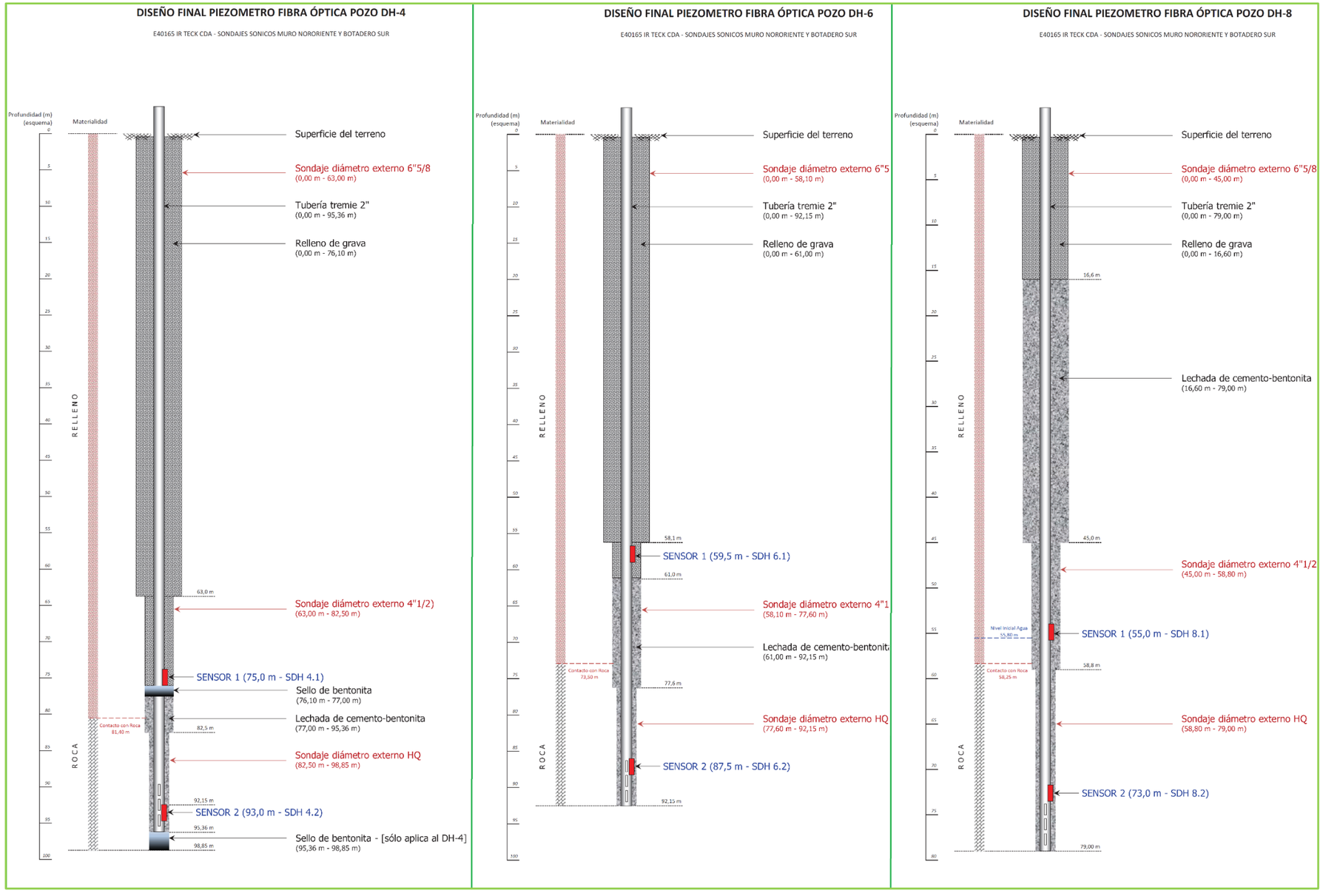


Figura B-16: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por Wood, elevaciones de Plataforma según Figura B-14).



Anexo C REGISTROS DE INSPECCIÓN DE TERRENO

ANEXO C1: Muro MN

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro MN Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J. AGUILERA Otros A. MOLINA, M. BARRIENTOS

Representante Wood L. ALVAREZ J. POTTIÉ (TECK)

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148976 [msnm] Revancha op. 8,03 [m]

El. Coronamiento 1162,5 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 13,52 [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☐	
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☒	EXPLOTACIÓN ACOPIO MATERIAL FINO

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	AFPR. 2022 (EX ATFI)

Nomenclatura Puntaje

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

MN 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	S	FINALIZADA LA CONSTRUCCION DEL R. TRANSIO E4	8,9
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: TALUD PERFILADO PARCIALMENTE (1/3 APROX' MADAMENTE). LA PLAYA ESTA' HUMEDA. (FOTO 9)

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

MM 3/8

Teck wood.

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	HAY MONOLITOS DAÑADOS POR TRANSITO DE EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	10
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 EXPLOTACIÓN EL ACOPIO DE MATERIAL FINO PARA CONSTRUCCION DE LOS MUROS MW, MNO, BS y MP FOTO 11.

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

MW 3/8

Teck wood.

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	EXISTE VEGETACIÓN DISTRIBUIDA SOBRE LA SUPERFICIE DEL TALUD	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	1,8(H)/1(V)	
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MN 4/8

Teck wood.

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: HACIA AGUAS ARRIBA, ~~LA~~ EST EL BOTADERO DE RELAVES SE OBSERVA MUY DETERIORADO, SE DEBE RESTRINGIR EL ACCESO DE EQUIPOS Y PERSONAS MEDIANTE BARRERAS PURAS

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

MW 5/8

Teck wood.

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

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

Notas: SE ENCUENTRA FINALIZADO EL RELLENO DE TRANSIÓ, EL QUE HASTA EL AÑO PASADO ESTABA PENDIENTE

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

MM 6/8

Teck wood.

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	F	LA CONDUCCIÓN DE LOS DRENAJES, REQUIERE UNA OBRA DE ING. PARA FINALIZAR EL SANEAMIENTO DEL AREA.	
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales	✓	F	LA BOMBA FLOTANTE ESTÁ FUERA DESCIO. SE OPERA CON MOTOBOMBA DE RESPALDO SUMINISTRADA X EL ÁREA DE MINA, LO QUE PRODUCE UN NIVEL ALTO-ALTO EN LA PISCINA, QUE AHOGA LA DESCARGA DEL VERTEDERO E IMPIDE EL REGISTRO DEL CAUDA DE DRENAJES.	14, 15

Notas: HASTA EL PERIODO ANTERIOR, ESTA ÁREA SE ENCONTRABA INUNDADA. HOY SE ENCUENTRA SANEADA, ORDENADA Y SECA, LO QUE SE CONSIDERA MUY SATISFACTORIO. (FOTO 16)

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

MN 7/8

Page 7 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	✓	5	MUESTRAN LECTURAS X DEBAJO DE LA EL. INSTRUMENTAL, SIN ACTIVIDAS QUE SE PUEDA RELACIONAR CON LA OPERACIÓN DE LA TMF.	
7.2	Monolitos	✓	F	ALGUNOS MONOLITOS SE ENCUENTRAN DAÑADOS X TRANSITO DE MAQ. PESADA.	10
7.3	Aforadores	✓	F	EL AFORADOR DE ENTRADA ESTA AHOGADO	
7.4	Otros				

Notas:

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

MAJ 8/8

ANEXO C2: Muro MNO

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro MAO Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J.AGUILERA Otros J.POTTIE(TECK)

Representante Wood L.ALVAREZ A.MOLINA / M.BARRIENTOS

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☑	☑	☑
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☑ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148,976 [msnm] Revancha Op. 8,95 [m]

El. Coronamiento 1159,91 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 10,93 [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☑

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☑	EN CONSTRUCCIÓN HACIA EL ESTRIBO SUR EJ
Relleno Transición	☑	~~RELL~~ EN CONSTRUCCIÓN HACIA EL ESTRIBO SUR EJ
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☐	

Razón de la Inspección

Rutinaria ☐

Condición Especial ☑ P ATFRR. 2022 (EX ATFI)

Nomenclatura Puntaje

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

MAO 7/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	√	S	POR FINALIZAR LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO DE TRSC. E4.	3,12,13
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				

Notas: TALUD SIN PERFILAR. PLAYA HUMEDA HACIA LOS ESTRIBOS NORTE Y SUR. PLAYA SECA HACIA EL CENTRO DEL MURO → PONIENTE

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página) FOTO 3,13

MAYO 2/8

Teck wood.

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: LA CAÑERIA DE DISTRIBUCIÓN DE RELAVES SE ENCUENTRA FUERA DE SERVICIO, POSICIONADA MOMENTANEAMENTE HACIA AGUAS ABAJO DEL HAUL INTERNO X LOS TRABAJOS DEL RELLENO DE TRANSITO

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

° CELDAS PARA PRUEBA PILOTO WATERSHED ABANDONADAS. (FOTO 19)

MARO 3/8

Teck wood.

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	EXISTE VEGETACIÓN DISTRIBUIDA SOBRE LA SUP. DEL TALUD	
3.8	Madrigueras de animales	✓	S	—	
3.9	Angulo	✓	S	1,8 (H) / 1 (V)	
3.10	Otras condiciones inusuales				
Notas: (Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)					

MAD 4/8

Teck wood.

Teck wood.

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: SE ENCUENTRA FINALIZADO EL RELLENO DE TRASICIÓN, EL QUE HASTA EL AÑO PASADO ESTABA PENDIENTE.

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

MNO 5/8

Page 5 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

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	SE RECOMIENDA MONITOREAR LA DIA, HACIA EL SUR DESDE SU ACTUAL POSICIÓN, HACIA EL ESTRIBO DERECHO DEL TS.	

Notas: EN CONSTRUCCION EL RELLENO DE TRANSICION DE LA ETAPA 4, HACIA EL ESTRIBO SUR.

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

MNO 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	√	5	EL AREA SE ENCUENTRA ORDENADA Y SIN SIGNOS DE HDD. EN EL AFL. POZA.	18
6.2	Signos de Inestabilidad	√	5		
6.3	Vegetación	√	F	SE APRECIA VEGETACION EN ALGUNOS SECTORES DEL LECHO PROXIMO DEL AFL° NORTE	37
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MAJO 78

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	√	6	MUESTRAN LECTURAS ESTABLES A LO LARGO DEL TIEMPO	
7.2	Monolitos	√	—	POSTERIOR AL TERMINO DEL RELLENO DE TRANSICIÓN, SE DEBEN CONSTRUIR LOS MONOLITOS DE LA ET.	
7.3	Aforadores	√	5	SE ENCUENTRAN LIMPIOS SIN VEGETACIÓN NI RESIDUOS, OPERANDO NORMALMENTE.	17.
7.4	Otros				

Notas:

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

WO 88

ANEXO C3: BS

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro BS Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J. AGUILERA Otros J. Pottie (TECK); A. MOLINA

Representante Wood L. ALVAREZ M. BARRIENTOS

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148976 [msnm] Revancha Op. 7,21 [m]

El. Coronamiento 1159,90 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 10,92 [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☒	EN CONSTRUCCION ETAPA 4
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☒	EXTENSIÓN DIQUE (CASAGRANDE) ESTRIBO SUR.

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	AFPR. 2022 (EX ATF1)

Nomenclatura Puntaje

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

BS 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	S	POR FINALIZAR LA CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO DE TRSC. ~~E4~~	4
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	✓	—	ESTA DESMONTADO EL REBOSE X INTERFERENCIA C/LA CONSTR.	

Notas: TALUD SIN PERFILAR. LA PLAYA DE RELAVES SE ENCUENTRA HUMEDA HACIA LOS ESTRIBOS NORTE Y SUR Y SECA HACIA EL CENTRO DEL MURO (FOTO 3 Y 4) (FOTO 5 Y 6)

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

BS 2/8

Page 2 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

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:

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

BS 3/8

Teck wood.

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				

Notas:

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

BS 4/8

Teck wood.

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 RECOMIENDA REUBICAR DESCARGA D14, HACIA ESTE ESTRIBO	

Notas: EN CONSTRUCCION EL RELLENO DE TRANSICIÓN HACIA EL ESTRIBO NORTE

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

BS J/B

Teck wood.

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	√	—	SE ESTA REALIZANDO EL DIEZMETRO CASAGRANDE DH-7.	

Notas: SE ENCUENTRA HABILITADA LA DESCARGA DE BOSESUR.

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

BS 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	F	EN SECTOR ORICA, LA PISCINA SE ENCUEN- TRA RECIBIENDO LAS FILTRACIONES.	36
6.2	Signos de Inestabilidad	✓	S	—	
6.3	Vegetación	✓	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

BS 7/8

Teck wood.

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	–	–	–	
7.2	Monolitos	–	–	–	
7.3	Aforadores	–	–	–	
7.4	Otros	✓	5	PROXIMO A MONTAR EL SEGUNDO ACELERÓGRAFO AL CORONAMIENTO DE LA E5, EN LA PL. 1.177,5 MSNM.	

Notas:

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

BS 8/8

Page 8 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

ANEXO C4: Muro MO

Teck wood.

Proyecto # E40165 E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro MO Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J. AGUILERA Otros J. POTTIE (TECK) - A. MAINA

Representante Wood C. ALVAREZ M. BARRIENTOS

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148,976 [msnm] Revancha OP. 9,90 [m]

El. Coronamiento 1162,50 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 13,52 [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo ☒ CONSTRUCCIÓN E5 (ESPORADICO)

Relleno Transición ☐

Impermeabilización ☐

Descarga ☐

Otro ☒ EXTENSIÓN DH-07 (CASAGRANDE) - ESTRIBO NORTE

Razón de la Inspección

Rutinaria ☐

Condición Especial ☒ AFPR. 2022 (EX ATFI)

Nomenclatura Puntaje

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

MO 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	✓	S	FINALIZADO EL RELLENO DE RSC. E4.	1,21
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				

Notas: TALUD SIN PERFILAR. LA PLAYA DE RELAVES SE ENCUENTRA HÚMEDA Y LA DS OPERANDO ASÍ MISMO A SIMPLE VISTA SE PUEDE APRECIAR BAJO CAE EN EL RELAVE DESCARGADO (FOTO 20)

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

MO 3/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	S	—	22
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: (Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)					

MO 3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud	✓	S	—	33
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	1,8(H)/1(V)	
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MO 4/8

Teck wood.

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: SE ESTÁ PERALTANDO EL DH-07 (CASABRANDE) SOBRE EL BS.

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

MO 5/8

Teck wood.

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

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

Notas: SE DEBE MAPEAR EL ESTRIBO SUR PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS RELLENOS (FOTO 23)

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

MO 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	√	S	LA DESCARGA DEL SISTEMA DE DRENAJE SE ENCUENTRA PROTEGIDA C/DADO DE HORMIGÓN Y CUBIERTA C/MAT. DE RELLENO.	34
6.2	Signos de Inestabilidad	√	S		
6.3	Vegetación	√	S		
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas: EL ATAGUADOR SE ENCUENTRA SECO

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

MO78

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	√	S	MUESTRAN LECTURAS X DEBAJO DE LA EL. INSTRUMENTAL, SIN ACTIVIDAD QUE PUEDA RELACIONARLO A LA OPERACIÓN DE LA TMF.	
7.2	Monolitos	√	—	SE CONSTRUYERON EN 2022 LOS MONOLITOS A LA EL. DE LA ETAPA DE CRECIMIENTO DIF.	
7.3	Aforadores	√	S	SECO. SIN FLUJO	35
7.4	Otros				

Notas:

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

MO 8/8

ANEXO C5: Muro MO(S)

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro MO(S) Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES

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 J. AGUILERA Otros J. POTTIE (TECK) - A. MOLINA

Representante Wood L. ALVAREZ M. BARRIENTOS.

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148976 [msnm] Revancha OP. ~~13,52~~ 8,74 [m]

El. Coronamiento 1162.50 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento ~~13,52~~ [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☒	EN CONSTRUCCIÓN ETAPA V (ESPORADICO)
Relleno Transición	☐	
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☐	

Razón de la Inspección

Rutinaria ☐

Condición Especial ☒ AFPR. 2022 (EX ATFI)

Nomenclatura Puntaje

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

MO(S) 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	√	S	IMPERMEABILIZADO C/LINER HASTA LA EL INCLUSIVE	24
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				

Notas: PLAYA SECA A LO LARGO DE TODO EL MURO (FOTO 24)

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

MCS 2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	✓	~~X~~	~~SEAPRE~~ —	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales	✓	F	SE APRECIA PEQUEÑO AGRIETAMIENTOS SUP. HACIA EL ESTRIBO SUR	26
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: LA PLATAFORMA DESDE EL CENTRO HACIA EL ESTRIBO SUR SE ENCUENTRA CONTAMINADO CON ESCOMBROS PRODUCTO DEL DERRAME DE RELLENO MASIVO (FOTOS 38 Y 39)

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

- SE APRECIA LAMINA QUE SOBRESALE DESDE ZANJA DE ANCLAJE SUPERIOR. MOS) 3/8 HACIA EL ESTRIBO SUR. (FOTO 25)

Teck wood.

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	1,8(H)/1(V)	
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MOS 14/8

Teck wood.

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	√	F	LAZAÑA DE ANCLAJE LATERAL SECUENCIA 43 EROSIONADA PRODUCTO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	√	S	—	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: ~~PRESENCIA GRIETA LONGITUDINAL SOBRE EL CORONAMIENTO HACIA EL ESTRIBO.~~

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

MO(S)56

Teck wood.

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

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial	✓	S	—	
5.2	Vegetación y Escombros	✓	S	—	
5.3	Protección del talud	✓	S	—	
5.4	Desplazamientos	✓	S	—	
5.5	Erosión	✓	F	LA ZANJA DE ANCLAJE LATERAL SE ENCUENTRA EROSIONADA PRODUCTO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL	~~#3~~
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: PEQUEÑA GRIETA SUPERFICIAL HACIA EL ESTRIBO SUR DEL MURO, SOBRE EL CORONAMIENTO (LONGITUDINAL) (FOTO 26)

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

MOLS) 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas	V	F	CAMERA DE DESCARGA DEL DREN, PRESENTA FLUJO PERMANENTE ~0,3 L/S	
6.2	Signos de Inestabilidad	V	S	—	
6.3	Vegetación	V	S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas: SE DEBE DAR SOLUCIÓN DEFINITIVA A LA CONDUCCIÓN DE DRENAJES DEL MURO, Y SU RETORNO AL PROCESO DE LA PTA. CONCENTRADORA.

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

*EXISTEN PIQUES MINEROS ABANDONADOS EN DIRECCION NORTE - SUR (FOTOS 40, 41, 42)

MOS 17/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	√	S	PRESENTAN LECTURAS ESTABLES A LO LARGO DEL TIEMPO. • PE-013 OPERANDO • PE-014	
7.2	Monolitos	√	S		
7.3	Aforadores	√	—		
7.4	Otros				

Notas:

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

MOLS) 8/8

ANEXO C6: Muro MS

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA

Muro MS Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J. AGUILERA Otros J. Pottie (Teck) - A. MOLINA

Representante Wood L. ALVAREZ M. BARRIENTOS

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☑	☑	☑
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☑ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1148,976 [msnm] Revancha Op. 10,50 [m]

El. Coronamiento 1162,50 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 13,52 [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 ☑ AFPR. 2022 (ex ATFi)

Nomenclatura Puntaje

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

MS N8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud	√	S	IMPERMEABILIZADO C/LINER HASTA LA EA INCLUSIVE	27
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				

Notas: PLAYA SECA A LO LARGO DE TODO EL MURO.

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

MS 2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales	√	F	SE APRECIA PEQUEÑO AGRIETAMIENTO SUP. HACIA EL ESTRIBO ORIENTE.	29
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: • SE APRECIA LAMINA DE HDPE SOBRESALIENDO DESDE LA ZANJA DE ANCLAJE SUPERIOR HACIA EL ESTRIBO ORIENTE. (FOTO 28)

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

MS 3/8

Teck wood.

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	✓		1,8(H)/1(V)	
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MS 4/8

Teck wood.

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	✓	F	LA ZANJA DE ANCLAJE LATERAL SE ENCUENTRA EROSIONADA PRODUCTO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL	28 144
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas	✓	S	—	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: PEQUEÑAS GRIETAS SUPERFICIALES HACIA EL ESTRIBO ORIENTE DEL MURO (TRANSVERSAL) SOBRE EL CORONAMIENTO (FOTO 29)

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

MSJ/8

Teck wood.

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/F	LA ZANJA LATERAL DE ANCLAJE SE ENCUENTRA EROSIONADA PRODUCTO DE LA ESCORRENTIA SUP.	44
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas	√	S	—	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

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

MS 6/8

Teck wood.

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				

Notas: NO CUENTA CON SISTEMA DE DRENAJE HACIA AGUAS ABAJO AL MOMENTO DE LA INSPECCIÓN.

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

MS 7/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	—	—	———	
7.2	Monolitos	✓	5	SE ~~DEBEN~~ CONSTRUIR LOS MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS.	
7.3	Aforadores	—	—	———	
7.4	Otros				

Notas: SIN INSTRUMENTACIÓN INSTALADA A LA FECHA DE INSPECCIÓN.

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

MS 8/8

ANEXO C7: Muro MP

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto # ~~E40165~~ E40221 Ubicación Teck - CdA
Muro MP Fecha de Inspección 2021.12.06 (LUNES)

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 J.AGUILERA Otros J.POTTIE (TECK) A.MOLINA
Representante Wood L.ALVAREZ M.BARRIENTOS

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro
Operando ☐ Abandonado ☐ Notas: EN CONSTRUCCIÓN E4

Información del Muro
El. Laguna 1148,976 [msnm] Revancha [m]
El. Coronamiento [msnm] Δ Laguna / Coronamiento [m]

Metodo de Constructivo del Muro
Eje central ☐ Otro
Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local
Relleno Masivo ☒ RELLENO RECTIFICADO E4
Relleno Transición ☒ EN CONSTRUCCIÓN E4
Impermeabilización ☐
Descarga ☐
Otro ☒ CAMPAÑA DE SONDAJES 2021.

Razón de la Inspección
Rutinaria ☐
Condición Especial ☒ AFPR. 2022 (EX-SATI)

Nomenclatura Puntaje

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

MP 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud				
1.2	Erosion Superficial				
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
1.4	Sinkholes				
1.5	Grietas / desplazamientos				
1.6	Escombros				
1.7	Vegetación				
1.8	Evidencia de nivel freatico alto				
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: EN PLENA CONSTRUCCION LA ZONA DE CRECIMIENTO DIFERIDO. FOTOS 32, 33

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

Teck wood.

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				

Notas: EN PLENA CONSTRUCCION LA EA. DE CRECIMIENTO DIFERIDO.

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

MP 3/8

Page 3 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

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: ~~EN EL~~ SIN TALUD AGUAS ABAJO PARA LA ~~EX~~ DE CRECIMIENTO DIFERIDO.

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

MP 4/8

Teck wood.

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

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

Notas: EN PLENA CONSTRUCCION LA FALTA DE CRECIMIENTO DIFERIDO

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

MPS/8

Teck wood.

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

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

Notas: EN PLENA CONSTRUCCION LA ETAPA DE RECIMIENTO ITER 120.

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

MP 6/8

Teck wood.

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				

Notas: EN PLENA CONSTRUCCIÓN CA ETAPA DE CRECIMIENTO DIFERIDO.

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

MP 7/8

Page 7 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros	✓	5	MONTADOS Y HABILITADOS MP1 y MP5. CASA GRANDE MP2.1, MP2.2, MP3.1, MP3.2 y MP4.1	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores				
7.4	Otros				

Notas: EN PLENA CONSTRUCCION LA ETAPA DE CRECIMIENTO DIFERIDO.

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

MP8/8