



CAPÍTULO 1

DESCRIPCION DEL PROYECTO



Índice

1.0 DESCRIPCION DEL PROYECTO	1-1
1.1 Identificación del Titular, su Sociedad Matriz y Representante Legal	1-1
1.2 Antecedentes generales del Proyecto	1-1
1.2.1 Nombre del Proyecto	1-1
1.2.2 Descripción breve del Proyecto	1-1
1.2.3 Objetivo general del Proyecto	1-6
1.2.4 Tipología del Proyecto	1-6
1.2.5 Monto Estimado de la Inversión.....	1-6
1.2.6 Vida útil del Proyecto o Actividad.....	1-7
1.2.7 Modificación de Proyecto o Actividad	1-7
1.2.8 Relación con las políticas, planes y programas de desarrollo.....	1-7
1.2.9 Desarrollo de Proyecto por Etapas	1-7
1.2.10 Relación con las políticas y planes evaluados estratégicamente.....	1-7
1.2.11 Establecimiento del Inicio de ejecución del Proyecto	1-8
1.2.12 Información de Negociaciones.....	1-8
1.3 Localización del Proyecto	1-8
1.3.1 División político-Administrativa a Nivel Regional, Provincial y Comunal.....	1-8
1.3.2 Representación Cartográfica	1-10
1.3.3 Superficie Total del Proyecto	1-12
1.3.4 Caminos o Rutas de Acceso al Sitio donde se Desarrollará el Proyecto	1-12
1.3.5 Justificación de la Localización.....	1-12
1.4 Antecedentes para la Definición del Proyecto de Saneamiento.....	1-14
1.4.1 Caracterización del Área de Estudio.....	1-17
1.4.1.1 Investigaciones Históricas (2001 – 2014).....	1-17
1.4.1.1.1 Suelos	1-18
1.4.1.1.2 Agua subterránea	1-19
1.4.1.1.3 Muestreo de verificación 2012-2013.....	1-20
1.4.1.2 Investigaciones ambientales Plan de Muestreo 2015 – 2016	1-23

1.4.1.2.1	Investigaciones en Suelos del Área de Estudio.....	1-25
1.4.1.2.2	Investigaciones en Agua Subterránea.....	1-26
1.4.1.2.3	Muestreo de Gas de Suelo 2016	1-27
1.4.1.2.4	Muestreo en la Zona de Rompiente 2016	1-27
1.4.2	Evaluación de Riesgo para la Salud Humana	1-27
1.4.2.1	Introducción.....	1-27
1.4.2.2	Descripción de la metodología.....	1-29
1.4.2.2.1	Determinación de los Receptores de Interés y las Vías de Exposición	1-32
1.4.2.2.2	Definición de los compuestos químicos de potencial preocupación (COPC)	1-34
1.4.2.2.3	Evaluación de la Toxicidad	1-36
1.4.2.2.4	Evaluación de la Exposición	1-38
1.4.2.2.5	Caracterización del Riesgo	1-38
1.4.3	Resultados de Cálculos del Riesgo	1-40
1.4.3.1	Establecimiento de los Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL)	1-41
1.4.3.1.1	SSCL para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial.....	1-41
1.4.3.1.2	SSCL para Agua subterránea – Escenario Residencial.....	1-42
1.4.3.2	Cálculo de los Niveles de Riesgo	1-44
1.4.3.2.1	Escenario de uso Comercial y de Equipamiento Actual Alrededores del Sitio	1-44
1.4.3.2.2	Escenario de Uso Recreacional Área de Playa.....	1-45
1.4.3.2.3	Trabajador de la Construcción en el Sitio	1-46
1.4.4	Resumen de la Evaluación y Requerimientos de Biorremediación	1-48
1.4.5	Evaluación de Tecnologías de Remediación.....	1-51
1.4.6	Tecnologías Seleccionadas en Base a la Biorremediación.....	1-56
1.4.6.1	Densidad Microbiana en Sitio Las Salinas	1-57
1.4.6.2	Suelo	1-57
1.4.6.2.1	Descripción de la Tecnología y Justificación	1-57
1.4.6.2.2	Principales Componentes	1-59
1.4.6.2.3	Control del Proceso de Tratamiento	1-61
1.4.6.2.4	Tiempos de Operación.....	1-63
1.4.6.2.5	Verificación del Tratamiento	1-63
1.4.6.2.6	Pruebas piloto	1-64

1.4.6.2.6.1	Pruebas basadas en Biorremediación	1-64
1.4.6.2.6.2	Prueba Piloto Biopila en Terreno	1-66
1.4.6.3	Agua Subterránea, Fase Disuelta	1-67
1.4.6.3.1	Descripción de la Metodología y Justificación	1-67
1.4.6.3.2	Principales Componentes	1-68
1.4.6.3.3	Control del Proceso de Tratamiento	1-68
1.4.6.3.4	Tiempos de Reacción del Compuesto Liberador de Oxígeno	1-68
1.4.6.3.5	Verificación del Tratamiento	1-69
1.4.6.3.6	Prueba Piloto Biorremediación Mejorada a Través de Inyecciones	1-69
1.5	Descripción de Partes, Acciones y Obras Físicas del Proyecto	1-70
1.5.1	Enfoque para la Remediación	1-71
1.5.1.1	Remediación del Suelo	1-71
1.5.1.2	Remediación del Agua Subterránea	1-72
1.5.1.3	Verificación del saneamiento del terreno	1-72
1.5.2	Fase de Construcción	1-73
1.5.3	Fase de Operación	1-74
1.5.4	Fase de Cierre	1-76
1.6	Descripción de la Fase de Construcción	1-77
1.6.1	Indicación de las Partes, Obras y Acciones Asociadas a la Fase de Construcción	1-77
1.6.1.1	Transporte de Personal, Maquinaria, Equipos y Materiales	1-77
1.6.1.2	Instalación de Cierre Perimetral	1-77
1.6.1.3	Instalación de Faenas	1-77
1.6.1.4	Mejoramiento de Caminos de Acceso	1-80
1.6.1.5	Recepción y Almacenamiento de Sustancias Químicas para el Proceso de Biorremediación Mejorada	1-80
1.6.1.6	Hincado de Vigas Muro Berlinés	1-80
1.6.1.7	Remoción de Infraestructura Remanente	1-83
1.6.2	Fecha Estimada e Indicación de la Parte, Obra o Acción que Establece el Inicio y Término de la Fase de Construcción	1-85
1.6.3	Cronograma de las Principales Partes, Obras y Acciones Asociadas a la Fase de Construcción	1-85
1.6.4	Mano de Obra Requerida Durante la Ejecución de la Fase de Construcción	1-86

1.6.5	Descripción de Cómo se Proveerá los Suministros Básicos durante la Fase de Construcción..1-87	
1.6.5.1	Suministro de Energía Eléctrica.....	1-87
1.6.5.2	Combustible	1-87
1.6.5.3	Agua Potable.....	1-87
1.6.5.4	Agua Industrial	1-88
1.6.5.5	Sustancias y Materiales de Construcción	1-88
1.6.5.6	Servicios Higiénicos	1-88
1.6.5.7	Alimentación.....	1-89
1.6.5.8	Alojamiento	1-89
1.6.5.9	Sustancias Químicas	1-89
1.6.5.10	Transporte.....	1-89
1.6.6	Ubicación y Cantidad de Recursos Naturales Renovables a Extraer o Explotar por el Proyecto	1-93
1.6.7	Las Emisiones del Proyecto o Actividad y las Formas de Abatimiento y Control Contempladas	1-93
1.6.7.1	Emisiones Atmosféricas.....	1-93
1.6.7.2	Emisiones de Olor	1-94
1.6.7.3	Emisiones de Ruido	1-94
1.6.7.4	Vibraciones	1-96
1.6.8	La Cantidad y Manejo de Residuos, Productos Químicos y Otras Sustancias que puedan Afectar el Medio Ambiente	1-97
1.6.8.1	Residuos Sólidos	1-97
1.6.8.1.1	Residuos Sólidos Domésticos	1-97
1.6.8.1.2	Residuos Sólidos Industriales no Peligrosos.....	1-97
1.6.8.1.3	Residuos Peligrosos	1-98
1.6.8.2	Efluentes Líquidos.....	1-99
1.6.8.2.1	Residuos Líquidos Domésticos.....	1-99
1.6.8.2.2	Residuos Industriales Líquidos	1-99
1.7	Descripción de la Fase de Operación	1-100
1.7.1	Descripción de las de las Partes, Acciones y Obras Físicas Asociadas a la Fase de Operación	1-100
1.7.1.1	Sectores para el Saneamiento del Terreno	1-100
1.7.1.2	Clasificación de Suelo.....	1-102

1.7.1.3	Gestión de Movimiento de Tierra para la Remediación.....	1-103
1.7.1.3.1	Excavaciones Generales	1-105
1.7.1.3.2	Excavación del Suelo con Potencial de Residuo Peligroso en el Paño Norte	1-107
1.7.1.3.3	Soporte de las Excavaciones.....	1-109
1.7.1.3.4	Manejo de Acopios de Suelo Durante las Excavaciones	1-111
1.7.1.3.5	Tratamiento en Biopilas	1-116
1.7.1.3.5.1	Diseño de la Biopila	1-116
1.7.1.3.5.2	Proceso de construcción de la Biopila.....	1-119
1.7.1.3.5.3	Control de Emisiones Desde la Biopila.....	1-120
1.7.1.3.5.4	Control del proceso de Operación de la Biopila	1-121
1.7.1.3.5.5	Plan de Muestreo del Cumplimiento de SSCL en Biopilas.....	1-122
1.7.1.3.5.6	Cierre de la Biopila.....	1-122
1.7.1.4	Reposicionamiento del Material de Acopios y Biopilas como Material de Relleno	1-123
1.7.1.4.1	Configuración de las Vialidades Proyectadas por el PRC en Base a Reposicionamiento de Suelos	1-125
1.7.1.5	Biorremediación Mejorada (Aplicación de compuesto liberador de oxígeno)	1-127
1.7.1.6	Extracción de FLNA	1-128
1.7.1.7	Manejo de contingencias durante la excavación	1-129
1.7.1.8	Maquinaria Prevista para el Proceso de Remediación.....	1-132
1.7.1.9	Muestreo de Verificación Final del Proceso de Remediación de cada Paño	1-132
1.7.1.9.1	Muestreo de Gases del Suelo.....	1-132
1.7.1.9.2	Muestreo de Agua Subterránea.....	1-133
1.7.2	Fecha Estimada e Indicación de la Parte, Obra o Acción que Establece el Inicio y Término de la Fase de Operación.....	1-135
1.7.3	Cronograma de las Principales Partes, Obras y Acciones de la Fase de Operación	1-135
1.7.4	Mano de Obra Requerida durante la Fase de Operación.....	1-137
1.7.5	Actividades de Mantenimiento y Conservación	1-137
1.7.6	Descripción de cómo se Proveerá durante la Fase de Operación los Suministros Básicos	1-137
1.7.6.1	Suministro Energía Eléctrica.....	1-137
1.7.6.2	Combustible	1-138
1.7.6.3	Agua Potable.....	1-138
1.7.6.4	Agua Industrial	1-138

1.7.6.5	Servicios Higiénicos	1-139
1.7.6.6	Alimentación.....	1-139
1.7.6.7	Alojamiento	1-139
1.7.6.8	Sustancias Químicas	1-139
1.7.6.9	Compost.....	1-140
1.7.6.10	Transporte.....	1-140
1.7.7	Cuantificación y la Forma de manejo de los Productos Generados.....	1-143
1.7.8	Ubicación y Cantidad de Recursos Naturales Renovables a Extraer o Explotar por el Proyecto o Actividad para Satisfacer sus Necesidades	1-143
1.7.9	Las emisiones del Proyecto o Actividad y las Formas de Abatimiento y Control Contempladas	1-143
1.7.9.1	Emisiones Atmosféricas.....	1-143
1.7.9.2	Emisiones de Olor.....	1-144
1.7.9.3	Emisiones de Ruido	1-144
1.7.9.4	Vibraciones	1-145
1.7.10	Cantidad y Manejo de Residuos, Productos Químicos y Otras Sustancias que puedan Afectar el Medio Ambiente	1-146
1.7.10.1	Residuos Sólidos	1-146
1.7.10.1.1	Residuos Sólidos Domésticos	1-146
1.7.10.1.2	Residuos Sólidos Industriales No Peligrosos	1-147
1.7.10.1.3	Residuos Peligrosos	1-148
1.7.10.2	Efluentes Líquidos	1-149
1.7.10.2.1	Residuos Líquidos Domésticos	1-149
1.7.10.2.2	Residuos Líquidos Industriales	1-149
1.8	Descripción de la Fase de Cierre.....	1-151
1.8.1	Descripción de las Partes, Acciones y Obras Físicas Asociadas a esta Fase.....	1-151
1.8.2	Desmantelamiento y Estabilidad de la Infraestructura Utilizada por el Proyecto o Actividad	1-151
1.8.3	Restauración de la Geoforma o Morfología y Cualquier otro Componente Ambiental que haya sido Afectado durante la Ejecución del Proyecto	1-151
1.8.4	Prevención de Futuras Emisiones desde la Ubicación del Proyecto o Actividad.....	1-151
1.8.4.1	Emisiones Atmosféricas.....	1-152
1.8.4.2	Suelo y agua	1-152

1.8.4.3	Ruido	1-152
1.8.4.4	Residuos Sólidos	1-152
1.8.4.4.1	Residuos Sólidos Domésticos	1-152
1.8.4.4.2	Residuos Sólidos Industriales no Peligrosos	1-153
1.8.4.4.3	Residuos Peligrosos	1-153
1.8.4.5	Efluentes Líquidos	1-153
1.8.4.5.1	Residuos Líquidos Domésticos	1-153
1.8.4.5.2	Residuos Líquidos Industriales	1-153
1.8.5	Mantenimiento, Conservación y Supervisión que sean Necesarias	1-153

TABLAS

Tabla 1-1:	Antecedentes del Titular y Representante Legal	1-1
Tabla 1-2:	Coordenadas del polígono que comprende del Sitio	1-10
Tabla 1-3:	Superficie del Proyecto	1-12
Tabla 1-4:	Concentraciones máximas medidas en los suelos remediados del primer metro	1-22
Tabla 1-5:	Puntos de muestreo y número de muestras de suelo por área	1-26
Tabla 1-6:	Pozos de monitoreo por área de estudio	1-26
Tabla 1-7:	Receptores humanos y vías de exposición seleccionadas	1-33
Tabla 1-8:	Compuestos de potencial preocupación para el Sitio y alrededores	1-35
Tabla 1-9:	Clasificación de las sustancias según sus propiedades cancerígenas	1-37
Tabla 1-10:	Criterios internacionales para nivel de riesgo incremental de cáncer (ILCR)	1-40
Tabla 1-11:	SSCL para suelo subsuperficial del Sitio – escenario residencial y comparación con las concentraciones máximas detectadas dentro del Sitio	1-41
Tabla 1-12:	SSCL para agua subterránea del Sitio – escenario residencial y comparación con las concentraciones máximas detectadas dentro del Sitio	1-43
Tabla 1-13:	Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de trabajador comercial/equipamiento actual en los alrededores del Sitio	1-44
Tabla 1-14:	Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en la estación de servicio Copec	1-45
Tabla 1-15:	Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - todas las vías de exposición	1-46
Tabla 1-16:	Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio, labores de obra	1-47
Tabla 1-17:	Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de supervisor de trabajos de remediación/supervisión	1-48
Tabla 1-18:	Análisis comparativo de las tecnologías de remediación de suelos	52

Tabla 1-19: Análisis comparativo de las tecnologías de remediación del agua subterránea	55
Tabla 1-20: Resultados conteo de bacterias en el terreno Las Salinas	1-57
Tabla 1-21: Parámetros de control para operación de las biopilas	1-61
Tabla 1-22: Resumen del esfuerzo de muestreo de verificación a lo largo del desarrollo del Proyecto	1-73
Tabla 1-23: Acopios de suelo según concentraciones de los compuestos de interés (CDI)	1-75
Tabla 1-24: Infraestructura principal de la instalación de faenas	1-78
Tabla 1-25: Estimación de volúmenes de estructuras a disponer como residuo industrial no peligroso – bases de estanques sector cerro	1-83
Tabla 1-26: Hitos de inicio y término de la Fase de Construcción en cada etapa del Proyecto	1-85
Tabla 1-27: Mano de obra estimada durante la Fase de Construcción, para cada una de las Etapas del Proyecto	1-86
Tabla 1-28: Insumos y materiales de construcción por cada Etapa del Proyecto	1-88
Tabla 1-29: Descripción de los vehículos de transporte, fase de construcción	1-91
Tabla 1-30: Descripción de tipos de embalajes utilizados en transporte, Fase de Construcción	1-91
Tabla 1-31: Descripción del transporte de carga diversa fase de construcción	1-92
Tabla 1-32: Ubicación y descripción de los receptores de emisiones de ruido	1-94
Tabla 1-33: Estimación de residuos sólidos domésticos para cada etapa de la Fase de Construcción	1-97
Tabla 1-34: Estimación de volúmenes de escombros y suelos de la actividad de remoción de infraestructura remanente	1-98
Tabla 1-35: Estimación de residuos peligrosos en la Fase de Construcción para cada Etapa del Proyecto	1-98
Tabla 1-36: Estimación de aguas servidas para cada etapa de la Fase de Construcción	1-99
Tabla 1-37: Estimación de volúmenes a excavar por tipo de suelo Etapa 1 (Paño Sur)	1-106
Tabla 1-38: Estimación de volúmenes a excavar por tipo de suelo Etapa 2 (Paño Norte)	1-106
Tabla 1-39: Resultados de caracterización de peligrosidad de suelos en el Sitio.	1-107
Tabla 1-40: Descripción del proceso de instalación del muro berlinés	1-109
Tabla 1-41: Cantidades de materiales muro berlinés	1-109
Tabla 1-42: Volúmenes de <i>shotcrete</i> estimado para el soil nailing	1-111
Tabla 1-43: Dimensiones máximas de los acopios en el Paño Sur	1-113
Tabla 1-44: Dimensiones máximas de los acopios en el Paño Norte	1-114
Tabla 1-45: Biopilas en el paño Sur	1-117
Tabla 1-46: Biopilas en el paño Norte	1-118
Tabla 1-47: Parámetros a registrar operacionales de las biopilas	1-121
Tabla 1-48:: Distribución del material de relleno por sectores en el Paño Sur (m3)	1-124
Tabla 1-49: Distribución del material de relleno por sectores en el Paño Norte (m3)	1-124
Tabla 1-50: Maquinaria prevista para la ejecución de la remediación de suelo	1-132

Tabla 1-51: SSCL para gases del suelo.....	1-133
Tabla 1-52: Hitos de inicio y término de la Fase de Operación en cada etapa del Proyecto	1-135
Tabla 1-53: Mano de obra estimada durante la Fase de Operación, para cada una de las etapas del Proyecto	1-137
Tabla 1-54: Consumo promedio de combustibles y lubricantes en la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto	1-138
Tabla 1-55: Cantidad estimada de reactivo necesaria para la biorremediación mejorada	1-139
Tabla 1-56: Descripción de los vehículos de transporte, fase de operación.....	1-141
Tabla 1-57: Descripción de tipos de embalajes utilizados en transporte, fase de operación	1-141
Tabla 1-58: Descripción del transporte de carga diversa Fase de Operación	1-142
Tabla 1-59: Estimación de residuos sólidos domésticos para cada Etapa de la Fase de Operación	1-147
Tabla 1-60: Estimación de residuos sólidos industriales no peligrosos para cada etapa de la Fase de Operación	1-147
Tabla 1-61: Estimación de residuos peligrosos para cada Etapa de la Fase de Operación	1-148
Tabla 1-62: Estimación de aguas servidas para cada etapa de la Fase de Operación.....	1-149

FIGURAS

Figura 1-1: Localización general del Proyecto	1-2
Figura 1-2: Sectores (Paños) del proyecto de remediación	1-4
Figura 1-3: Localización del Proyecto a escala regional	1-9
Figura 1-4: Representación cartográfica del Proyecto	1-11
Figura 1-5: Caminos de acceso al Proyecto.....	1-13
Figura 1-6: Plan Regulador Comunal de Viña del Mar, sector Petroleras Las Salinas	1-16
Figura 1-7: Puntos de muestreo para caracterización del suelo superficial realizados en el monitoreo de Verificación 2013	1-21
Figura 1-8: Investigaciones del Plan de Muestreo 2015-2016	1-24
Figura 1-9: Componentes del Riesgo.....	1-29
Figura 1-10: Esquema de la secuencia de la HHRA.....	1-30
Figura 1-11: Zonas con requerimiento de remediación por excedencia de los SSCL en suelo subsuperficial ..1-49	
Figura 1-12: Zonas con requerimiento de remediación por presencia de FLNA y fase disuelta en agua subterránea.....	1-50
Figura 1-13: Esquema de biopila.....	1-60
Figura 1-14: Instalación de faenas proyectada	1-79
Figura 1-15: Esquema de muro berlinés	1-81
Figura 1-16: Ejemplo de hincado de perfiles usando martillo vibratorio montado sobre excavadora.....	1-81

Figura 1-17: Perímetro de soporte de excavaciones con muro berlinés y soil nailing	1-82
Figura 1-18: Principal infraestructura remanente a remover	1-84
Figura 1-19: Cronograma de actividades para la Fase de Construcción Etapa 1	1-86
Figura 1-20: Cronograma de actividades para la Fase de Construcción Etapa 2	1-86
Figura 1-21: Acceso para el transporte de carga diversa al Proyecto	1-90
Figura 1-22: Ubicación de los receptores sensibles de emisiones de ruido	1-95
Figura 1-23: Áreas a excavar en cada Paño	1-101
Figura 1-24: Esquema secuencia de movimiento de tierra Paño Norte, semana 24	1-104
Figura 1-25: Esquema de toma de muestra compuesta para aplicación de test TCLP	1-108
Figura 1-26: Esquema de aplicación del soil nailing	1-110
Figura 1-27: Esquema de selección de acopios de acuerdo con la clasificación de los suelos, según resultados del Plan de Muestreo 2015-2016	1-112
Figura 1-28: Diseño típico de acopio de suelo SSCL Tipo 2 y piscina de recolección de agua lluvia.....	1-115
Figura 1-29: Distribución de cada área de saneamiento en el Paño Sur.....	1-124
Figura 1-30: Distribución de cada área de saneamiento en el Paño Norte	1-125
Figura 1-31: Perfil de suelos requerido bajo el trazado de las calles proyectadas en el PRC de Viña del Mar. 1-126	
Figura 1-32: Casos de relleno bajo calles en función de secuencias constructivas	1-126
Figura 1-33: Esquema de taludes reforzados	1-127
Figura 1-34: Localización de los puntos de muestreo de verificación en agua subterránea.	1-134
Figura 1-35: Cronograma de actividades para la Fase de Operación Etapa 1	1-136
Figura 1-36: Cronograma estimado de actividades para la Fase de Operación Etapa 2	1-136

ANEXOS

ANEXO 1.1

ANTECEDENTES LEGALES

ANEXO 1.2

EVALUACION DE RIESGO PARA LA SALUD HUMANA HHRA.

ANEXO 1.3

REVISION INDEPENDIENTE DEL INFORME DE HHRA

ANEXO 1.4

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS CAMPAÑAS DE MUESTREO DE SUELO Y AGUA SUBTERRANEA CON LOS ESTANDANDARES DE REFERENCIA

ANEXO 1.5

DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA DE BIORREMEDIACION

ANEXO 1.6

ANALISIS DE CONTEO DE MICROORGANISMOS HCT y DH

ANEXO 1.7

PRUEBA PILOTO BIOPILA

ANEXO 1.8

PRUEBA PILOTO BIORREMEDIACION MEJORADA

ANEXO 1.9

HOJA DE SEGURIDAD DEL PERÓXIDO DE CALCIO

ANEXO 1.10

SECUENCIA DE MOVIMIENTO DE SUELOS REMEDIACION PAÑO SUR

ANEXO 1.11

SECUENCIA DE MOVIMIENTO DE SUELOS REMEDIACION PAÑO NORTE

ANEXO 1.12

PLANOS DE DISEÑO BIOPILAS

1.0 DESCRIPCION DEL PROYECTO

1.1 Identificación del Titular, su Sociedad Matriz y Representante Legal

El Proyecto que se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) mediante el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se denomina “Saneamiento del Terreno Las Salinas”. A continuación, en la Tabla 1-1, se detallan los antecedentes del Titular y Representante Legal de la compañía.

Tabla 1-1: Antecedentes del Titular y Representante Legal

Nombre del Titular	Inmobiliaria Las Salinas Ltda.
Rol Único Tributario	88.840.700-6
Dirección	El Golf 150, Piso 16, Las Condes, Santiago
Teléfono	+56224617080
Nombre Representante Legal	Jaime Esteban Undurraga Atria
Rol Único Nacional	10.539.303-2
Dirección	El Golf 150, Piso 16, Las Condes, Santiago
Teléfono	+56224617080
e-mail	ambiental@lassalinas.cl

Los antecedentes legales que acreditan la titularidad y la del Representante Legal, se adjuntan en el Anexo 1.1 del presente EIA.

1.2 Antecedentes generales del Proyecto

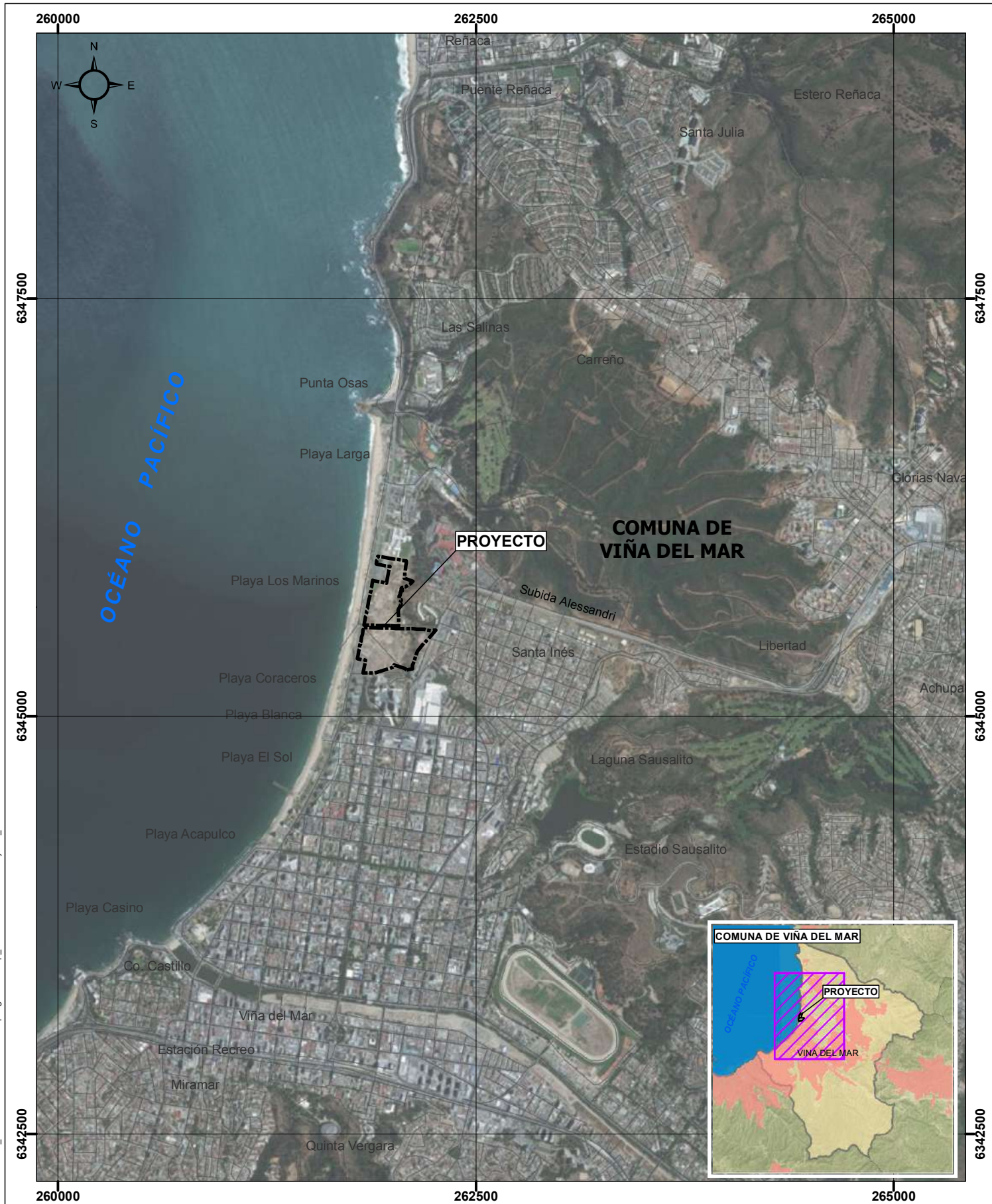
1.2.1 Nombre del Proyecto

El Proyecto que se somete al SEIA mediante el presente EIA se denomina “Saneamiento del Terreno Las Salinas” (en adelante, indistintamente “Proyecto Las Salinas” o “el Proyecto”).

1.2.2 Descripción breve del Proyecto

El Proyecto que se presenta a evaluación contempla las actividades de remediación que se requieren para que el terreno denominado “Las Salinas” (en adelante, indistintamente “el Sitio” o “el Terreno”) no represente riesgos para la salud de las personas que ocupen o transiten por el Sitio, en base a los usos permitidos por los Instrumentos de Planificación Territorial respectivos y que se encuentren vigentes (ver Sección 1.3.1).

El Sitio se ubica en la Comuna de Viña del Mar, Provincia y Región de Valparaíso (ver Figura 1-1), y se encuentra remediado para el uso de parques y jardines (áreas verdes) según Resolución Exenta (RCA) N° 203/2004, de la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA) Región de Valparaíso, modificada por la Resolución N° 524/2006, de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.



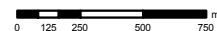
SIMBOLOGÍA

- Camino
-  Área de proyecto

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-1

En este Sitio, que comprende una superficie aproximada de 15,8 ha, operaron instalaciones de almacenamiento de combustibles y petroquímicos, desde el año 1919 hasta el año 2003.

En los años 2001 y 2002, previo a la finalización de las operaciones antes referidas, se realizaron diversas investigaciones en el suelo y el agua subterránea (ver detalle en Sección 1.3.2), a través de las cuales se identificaron áreas impactadas por compuestos derivados de las actividades allí desarrolladas. A partir de los resultados de dichas investigaciones, incluyendo una Evaluación de Riesgo para la Salud Humana para diferentes usos, se definió un proyecto de remediación con actividades asociadas al primer metro de profundidad. Este proyecto fue ingresado al SEIA el año 2002 a través del EIA “Proyecto Recuperación del Terreno Las Salinas”, siendo calificado como ambientalmente favorable el año 2004 mediante la RCA N° 203/2004, de la COREMA Región de Valparaíso, modificada posteriormente por la Resolución N°524/2006 de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. La remediación asociada a este proyecto fue ejecutada entre los años 2009 y 2013, dejando habilitado la totalidad del sitio para el uso aprobado por la RCA N° 203/2004. En cumplimiento a lo establecido en la referida RCA, la remediación aprobada y ejecutada se certificó mediante una Auditoría Ambiental Independiente a cargo de Fundación Chile.

Teniendo en cuenta el uso futuro potencial del terreno, el presente Proyecto plantea como objetivo el saneamiento del Sitio para todos los usos considerados en el Plan Regulador Comunal (PRC) de Viña del Mar, mediante un proceso de remediación de suelo y agua subterránea, adicional y complementario al ejecutado entre los años 2009 y 2013, en que se remediaron aquellos sectores donde se detectó la presencia de hidrocarburos y otros compuestos químicos en concentraciones que superaban los valores máximos establecidos en los estándares de referencia establecidos mediante una “Evaluación de Riesgo para la Salud Humana” (HHRA por sus siglas en inglés de *Human Health Risk Assessment*), metodología que consideró los usos futuros potenciales permitidos (área verde, residencial, comercial y de equipamiento, entre otros).

Si bien el presente Proyecto de remediación adicional que se propone llevar a cabo consideró la revisión de los estudios realizados entre los años 2001 a 2014, éste se diseñó sobre la base de los resultados de un nuevo programa de investigación ambiental realizado entre los años 2015 y 2016 (Plan de Muestreo 2015-2016), complementado con campañas de muestreo adicionales de agua subterránea en junio de 2016 y mayo de 2018. Esto permitió actualizar la información sobre la calidad del suelo y del agua subterránea de una forma completa y representativa, con data más reciente. El Proyecto también está basado en una Evaluación de Riesgo para la Salud Humana que, acogiendo los requerimientos de la autoridad, consideró supuestos más conservadores desde el punto de vista ambiental que los utilizados para la definición del proyecto aprobado por la RCA N° 203/2004 (EIA sometido al SEIA el año 2002).

A través de los resultados de las investigaciones ambientales del Plan de Muestreo 2015-2016, los estudios y campañas de muestreo complementarias y de la Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, fue posible delimitar las áreas de suelo y agua subterránea que requieren remediación adicional para los usos futuro potenciales permitidos por los Instrumentos de Planificación Territorial vigentes.

La remediación se realizará por separado en cada uno de los sectores en que se divide el terreno Las Salinas, que se han denominado Paño Norte y Paño Sur. La delimitación de estos Paños está dada por la calle pública 19 Norte, tal como se aprecia en la Figura 1-2.



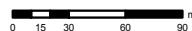
SIMBOLOGÍA

- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO "SANEAMIENTO DEL
TERRENO LAS SALINAS"**

**SECTORES (PAÑOS) DEL
PROYECTO DE REMEDIACIÓN**



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-2

■ Primera Etapa:

- Remediación del suelo del Paño Sur, mediante excavación, clasificación, tratamiento en biopilas y reconfiguración.
- Aplicación de la tecnología de biorremediación mejorada en todo el Paño Sur para la remediación del agua subterránea, a medida que se van desarrollando las excavaciones.

■ Segunda Etapa:

- Remediación del suelo del Paño Norte, mediante excavación, clasificación, tratamiento en biopilas y reconfiguración.
- Aplicación de la tecnología de biorremediación mejorada en todo el Paño Norte para la remediación del agua subterránea.

Una vez finalizado el saneamiento de cada Etapa, se realizará un monitoreo de verificación, para asegurar el cumplimiento de los niveles de remediación específicos para el Sitio (SSCL¹) y confirmar que el terreno se encuentra apto para los usos permitidos en el PRC de Viña del Mar. A continuación, se resumen las acciones a implementar para el suelo y agua subterránea, como parte del proyecto de saneamiento.

1) Suelos

Los suelos del Sitio corresponden principalmente a arenas gruesas y el volumen a remediar por riesgo para la salud de las personas (debido a excedencias de los SSCL), corresponde aproximadamente a 46.000 m³ (volumen total Paño Norte y Paño Sur, con factor de esponjamiento), el cual será tratado en el Sitio a través de la tecnología de biorremediación denominada Biopilas. Esta tecnología consiste en la formación de pilas de suelo con presencia de hidrocarburos y la estimulación de la actividad microbiana aeróbica de los suelos mediante procesos de bioestimulación y/o bioaumentación. De este modo, los microorganismos aeróbicos con capacidades catabólicas de hidrocarburos degradan los constituyentes de petróleo adsorbidos a las partículas del suelo, reduciendo así las concentraciones de estos compuestos.

Considerando que el suelo que requiere este tratamiento se encuentra principalmente en la franja capilar², existe un volumen de suelo por sobre esta franja (zona no saturada³) que será excavado previamente para poder llegar hasta aquel que sí requiere remediación. De acuerdo con los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016 (ver Sección 1.4.1.2), en la mayoría del terreno el suelo que está por encima de la franja capilar no tiene presencia de compuestos de hidrocarburos.

¹ Por sus siglas en inglés de *Site Specific Clean Up Levels*. Los SSCL corresponden a la concentración por debajo de la cual el nivel de riesgo para la salud humana es aceptable, según se presenta en la sección 1.4.3 y se detalla en el Anexo 1.2. Los SSCL son mencionados en el EIA del año 2002 como Valores Objetivo de Concentración (VOC). Debido a que la sigla VOC es usada en muchas ocasiones para designar los Compuestos Orgánicos Volátiles (*Volatile Organic Compounds*), se usará en el presente EIA la sigla SSCL, con el objetivo de evitar confusiones.

En otros documentos los SSCL pueden ser mencionado como VOGR (Valores Objetivo de Concentración Basados en Riesgo) o SSTL (siglas en inglés de *Site Specific Target Levels* – Niveles Objetivo de Concentración Basados en Riesgo).

² La franja capilar es una capa humedecida por el agua que asciende de la zona saturada debido a fenómenos capilares. Se denomina zona saturada a aquella porción del suelo donde todos los espacios vacíos están ocupados por agua. En la zona saturada se encuentra el agua subterránea propiamente tal.

³ La zona no saturada es la porción de suelo comprendida entre la superficie del terreno y la superficie del nivel freático, ubicada por encima de la franja capilar.

2) Agua subterránea:

De un total de 71 pozos de monitoreo que se encuentran habilitados dentro del Sitio, se identificaron únicamente tres pozos con presencia de Fase Líquida Liviana No Acuosa (FLNA4), que requieren acciones de remediación, todos ubicados en el Paño Norte. Asimismo, se identificaron ocho pozos en los que las concentraciones de la fase disuelta exceden los SSCL para agua subterránea

La remediación del agua subterránea se realizará a través de la tecnología denominada “biorremediación mejorada” y serán llevadas a cabo en el Paño Sur y en el Paño Norte mediante la aplicación de un compuesto liberador de oxígeno (Peróxido de Calcio) a la profundidad máxima de excavación (nivel saturado), con el objetivo de aumentar la eficiencia de los procesos naturales de biorremediación, que seguirán produciéndose a lo largo del tiempo en el agua subterránea. Este procedimiento se aplicará en todas las excavaciones que alcancen el nivel del agua subterránea en el Paño Sur y en el Paño Norte (Etapa 1 y Etapa 2).

1.2.3 Objetivo general del Proyecto

El Proyecto tiene como objetivo el saneamiento del terreno Las Salinas mediante un proceso de biorremediación de suelos y aguas subterráneas, de modo que las concentraciones remanentes de los compuestos de interés no representen riesgo para la salud de las personas considerando el cumplimiento de las condiciones especiales y usos permitidos en el PRC de Viña del Mar (residencial, comercial, y de equipamiento).

El proyecto, particularmente este EIA, desde una perspectiva urbanística tiene también como objetivo convertirse en el estudio fundado, aprobado por una autoridad competente, donde se establecen “las obras de mitigación” que permita eliminar la condición de riesgo establecida en el PRC de Viña del Mar, a través de su modificación del año 2008⁵, denominada “Sector Petroleras Las Salinas” (ver Figura 1-6).

1.2.4 Tipología del Proyecto

Las actividades del presente Proyecto se enmarcan en la tipología descrita en el artículo 10 de la Ley N° 19.300 y reglamentada en la letra o.11 del artículo 3° del Decreto Supremo N° 40/2012 del Ministerio de Medio Ambiente, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA), esto es, un Proyecto de Saneamiento Ambiental constituido por un conjunto de obras, servicios, técnicas, dispositivos o piezas que responden a la *“Reparación o recuperación de áreas que contengan contaminantes, que abarquen, en conjunto, una superficie igual o mayor a diez mil metros cuadrados (10.000 m²)”*.

1.2.5 Monto Estimado de la Inversión

El monto estimado de inversión para el desarrollo del Proyecto corresponde a US \$55.000.000.

⁴ FLNA corresponde al combustible que por infiltración a través del suelo alcanzó el agua subterránea, encontrándose como producto sobrenadante sobre ésta.

⁵Aprobado por Decreto Alcaldicio N° 12.923, publicado en el Diario Oficial de fecha 20 de febrero de 2008.

1.2.6 Vida útil del Proyecto o Actividad

La vida útil del Proyecto está comprendida por el período de ejecución del proceso de saneamiento de suelo y agua subterránea de todo el Sitio. El tiempo de ejecución estimado es de aproximadamente cinco años, iniciando con la instalación de faena necesaria para desarrollar la remediación del Paño Sur y finaliza una vez se haya realizado el monitoreo de verificación del Paño Norte. Lo anterior considera que el saneamiento del Paño Norte se iniciará inmediatamente después que se termine el saneamiento del Paño Sur. Sin perjuicio de lo expuesto, este plazo podrá variar, de acuerdo con el desarrollo propio del Proyecto, principalmente, por el rendimiento de las excavaciones, la eficiencia del tratamiento de las biopilas de remediación y/o la necesidad de aplazar el inicio de la remediación del Paño Norte.

1.2.7 Modificación de Proyecto o Actividad

De acuerdo a lo requerido en el artículo 12 del RSEIA, se indica que el Proyecto que se somete a evaluación no está asociado a acciones o medidas tendientes a intervenir o complementar un proyecto o actividad existente, por lo que no corresponde a una modificación.

1.2.8 Relación con las políticas, planes y programas de desarrollo

De acuerdo con lo requerido en el artículo 13 del RSEIA, se incluye en el Capítulo 14 y el Capítulo 15 del presente EIA, la descripción de la forma en que el Proyecto se relacionan con las políticas, planes y programas de desarrollo regional, así como con los planes de desarrollo comunal del área de influencia del Proyecto.

1.2.9 Desarrollo de Proyecto por Etapas

El proyecto que se somete a evaluación no corresponde a un proyecto ejecutado por etapas en los términos que lo establece el artículo 14 del RSEIA. Sin perjuicio de lo anterior, conviene aclarar que pese a que el presente EIA evalúa el Proyecto completo para todo el Sitio, la ejecución de las actividades de remediación se realizará en dos instancias consecutivas, para lo cual el terreno Las Salinas ha sido dividido en dos grandes áreas (Paño Sur y Paño Norte), comenzando dichas actividades de remediación por el Paño Sur (denominado para estos efectos como “Etapa 1”) y finalizando con el Paño Norte (denominado para estos efectos como “Etapa 2”).

De manera conservadora, para el presente EIA se ha considerado que la Etapa 2 se inicia una vez terminada la Etapa 1; no obstante, la Etapa 2 podría ser distanciada o pospuesta en el tiempo. La definición del plan de remediación y el detalle de sus respectivas etapas se presenta en la Sección 1.4.

1.2.10 Relación con las políticas y planes evaluados estratégicamente

De acuerdo con lo requerido en el artículo 15 del RSEIA, se incluye en el Capítulo 15 del presente EIA la identificación de las políticas y planes evaluados estratégicamente atingentes al Proyecto, así como la compatibilidad de éste con el uso del territorio y los objetivos ambientales de tales políticas y planes.

1.2.11 Establecimiento del Inicio de ejecución del Proyecto

De acuerdo a lo requerido en el artículo 16 del RSEIA se indica que la faena mínima que dará cuenta del inicio de la ejecución del proyecto corresponde a la implementación y desarrollo de la instalación de faenas, que forma parte de las actividades asociadas a la Fase de Construcción, lo que será debidamente comunicado a la Autoridad Ambiental en forma previa a su ejecución.

Se entenderá por instalación de faenas a la infraestructura orientada al apoyo administrativo y logístico de la obra. Incluye oficinas, laboratorios, estacionamientos, bodegas, comedores, baños para el personal, etc. El detalle de la instalación de faenas para el Proyecto se presenta en la Sección 1.6.1.3.

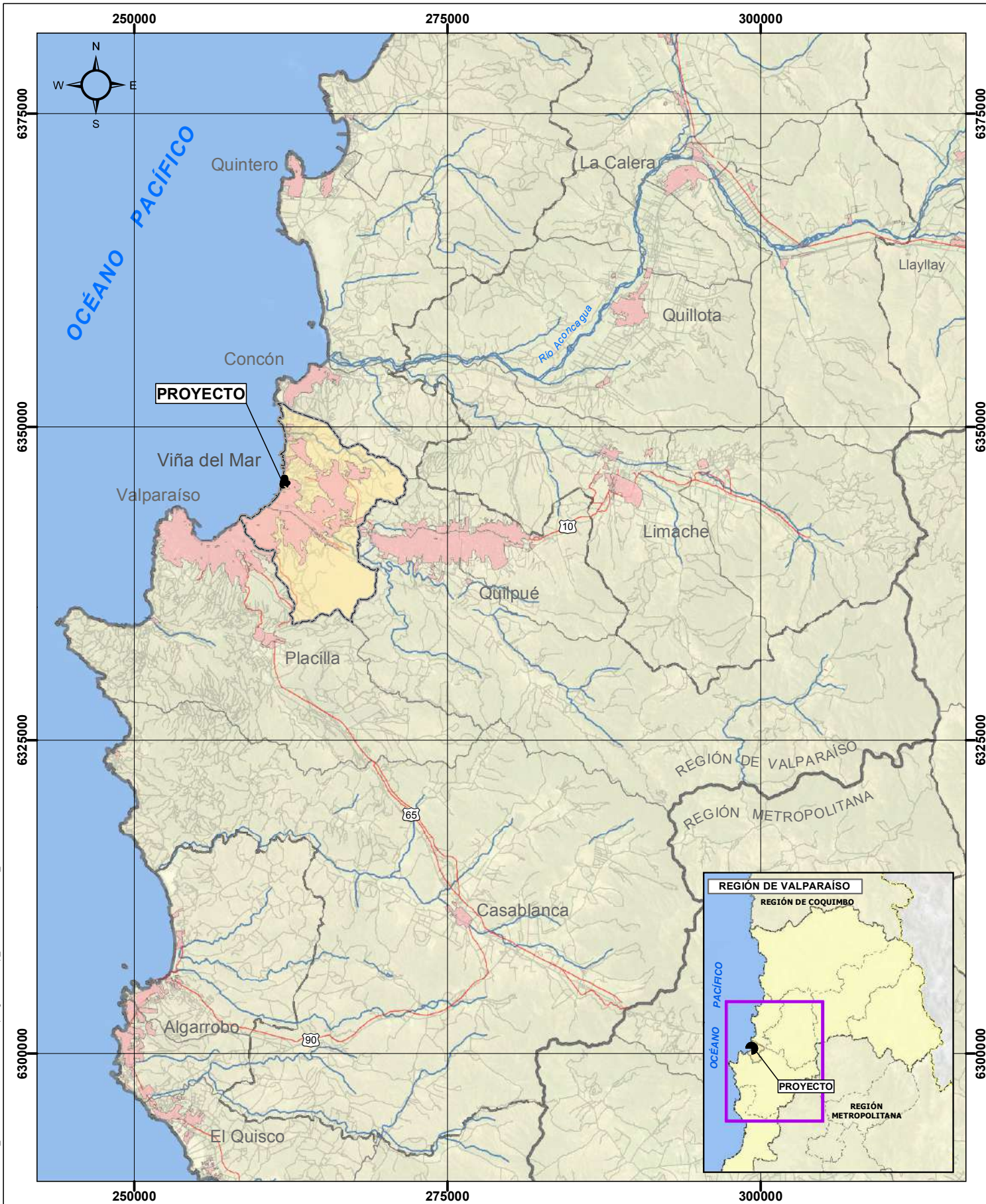
1.2.12 Información de Negociaciones

Si bien el Titular desarrolló un proceso de Participación Ciudadana Anticipada (PACA) en forma previa al ingreso del presente EIA al SEIA (cuyos antecedentes se presentan en el Capítulo 13 "Acciones realizadas previamente a la presentación del EIA"), se debe indicar, según lo requerido en el artículo 17 del RSEIA, que no se establecieron, dentro de este proceso, negociaciones con los interesados con el objeto de acordar medidas de compensación o mitigación ambiental.

1.3 Localización del Proyecto

1.3.1 División político-Administrativa a Nivel Regional, Provincial y Comunal

El Proyecto está ubicado en la Región y Provincia de Valparaíso, en la Comuna de Viña del Mar, sector conocido como "Las Salinas", específicamente frente a los sectores de playa conocidos como Los Marineros y Playa Blanca. La Figura 1-3 muestra la localización del Proyecto a escala regional, provincial y comunal.



SIMBOLOGÍA

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|-------------------|
| | Límite comuna de Viña del Mar | | Curso de agua |
| | Límite comunal | | Camino principal |
| | Límite provincial | | Camino secundario |
| | Límite regional | | Área urbana |
| | Límite internacional | | |

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ESCALA REGIONAL

0 2 4 6 8 12 Km



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-3

1.3.2 Representación Cartográfica

Los vértices del polígono que delimitan el área de emplazamiento del Proyecto, con sus coordenadas UTM (DATUM WGS 84, HUSO 19 Sur) se presentan en la Tabla 1-2 y su representación cartográfica se presenta en la Figura 1-4.

Tabla 1-2: Coordenadas del polígono que comprende del Sitio

Vértice	Coordenadas UTM DATUM WGS 84, HUSO 19 Sur	
	Este	Norte
A	261.829	6.345.545
B	261.882	6.345.812
C	261.963	6.345.796
D	261.983	6.345.894
E	261.902	6.345.910
F	261.911	6.345.956
G	262.083	6.345.930
H	262.070	6.345.825
I	262.120	6.345.806
J	262.052	6.345.671
K	262.034	6.345.638
L	262.037	6.345.540
M	262.187	6.345.520
N	262.229	6.345.512
O	262.258	6.345.515
P	262.149	6.345.391
Q	262.119	6.345.282
R	262.085	6.345.277
S	262.009	6.345.307
T	262.000	6.345.292
U	261.894	6.345.260
V	261.823	6.345.259
W	261.837	6.345.334
X	261.787	6.345.344
Y	261.824	6.345.518
Z	261.829	6.345.530

Fuente: Elaboración propia.



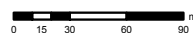
SIMBOLOGÍA

- Vértice
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL PROYECTO



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-4

1.3.3 Superficie Total del Proyecto

El Proyecto objeto del presente estudio, se localiza en un predio de aproximadamente 15,8 ha, distribuidas como se presenta en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Superficie del Proyecto

Paño	Superficie aproximada (ha)
Paño Sur	6,9
Paño Norte	8,9
Total	15,8

Fuente: Elaboración propia.

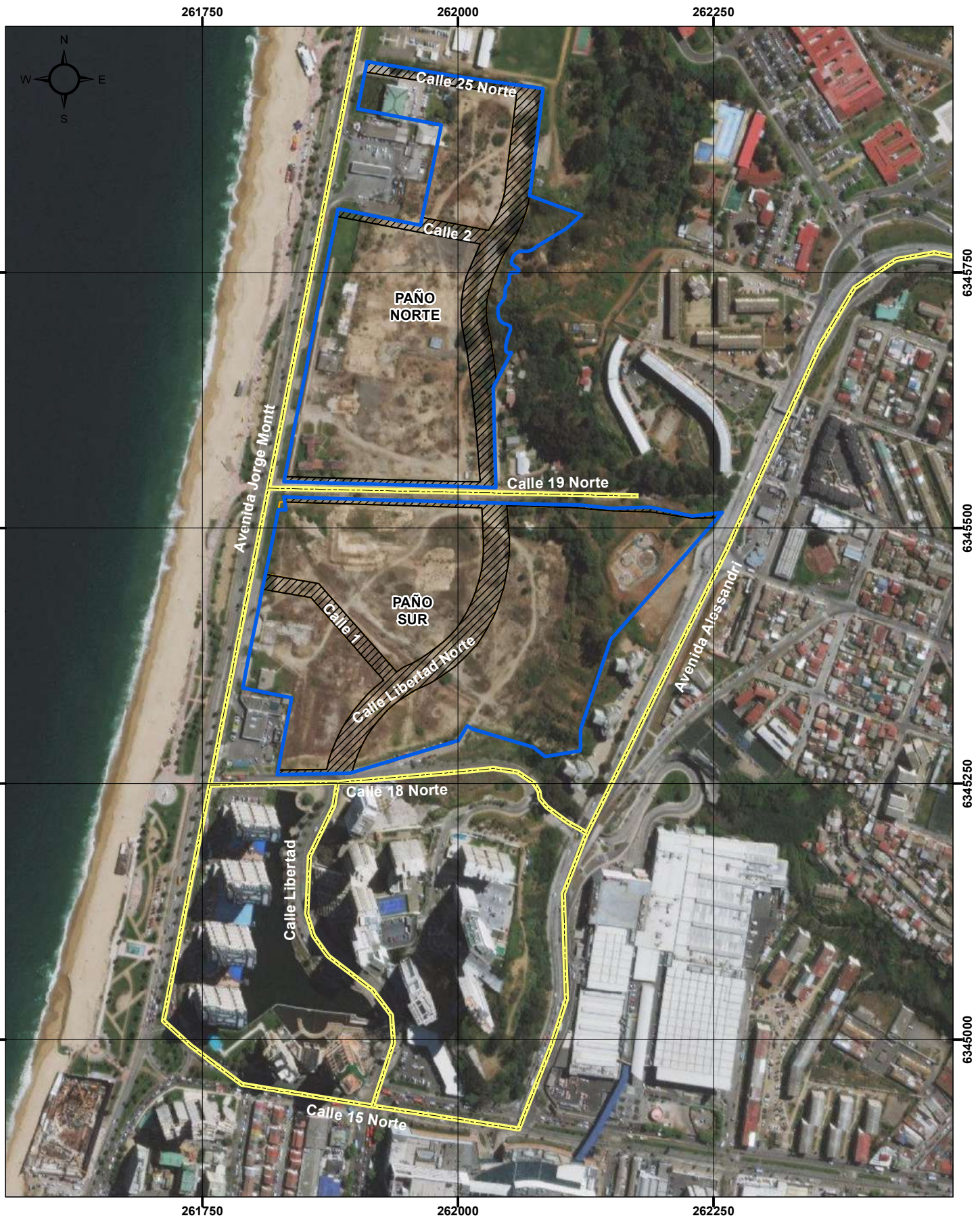
1.3.4 Caminos o Rutas de Acceso al Sitio donde se Desarrollará el Proyecto

El emplazamiento del Proyecto se inserta en el área urbana de la Comuna de Viña del Mar, a la que se accede por la vialidad estructurante de la comuna, en particular por la Avenida Jorge Montt, calle 15 Norte y Avenida Jorge Alessandri Rodríguez (Subida Alessandri), y por las calles 18 Norte y 19 Norte. En la Figura 1-5 se presentan las principales vías de acceso al Proyecto.

Cabe mencionar que en el PRC de Viña del Mar (ver Figura 1-6) existen calles proyectadas que corresponden a la prolongación de Libertad Norte y la apertura de Calle 1, Calle 2 y Calle 25 Norte. En este sentido, se aclara que los trazados de estas calles, presentados en las diferentes figuras y planos del presente EIA, son aproximados, ya que estos deben ser validados y aprobados por algunos organismos tales como Asesoría Urbana de la Municipalidad de Viña del Mar, SERVIU, etc., en base a potenciales propuestas que el Titular pueda sugerir.

1.3.5 Justificación de la Localización

La localización del Proyecto está justificada por la necesidad de saneamiento del Sitio para los usos que contempla el PRC de Viña del Mar en el sector donde se ubica el terreno Las Salinas. Por la naturaleza del Proyecto, este tiene como objetivo llevar a cabo la biorremediación de suelos y aguas a través de tecnologías *on-site* las que permiten disminuir impactos ambientales derivados del transporte y acopio de suelos y aguas contaminadas, ejecutando las acciones de saneamiento mediante biorremediación en el terreno Las Salinas.



SIMBOLOGÍA

- Camino de acceso
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

CAMINOS DE ACCESO AL PROYECTO

0 15 30 60 90 m



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

1:5.000

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-5

1.4 Antecedentes para la Definición del Proyecto de Saneamiento

En el Sitio Las Salinas operó una antigua instalación industrial, que comenzó sus actividades en el año 1919, cuando la empresa Shell construyó una planta de almacenamiento de combustibles. Posteriormente las empresas Shell Lubricantes, Shell Combustibles, ESSO, COPEC Combustibles, COPEC Mobil y SONACOL construyeron sus instalaciones de producción y almacenamiento en el sector. Las actividades industriales en el Sitio se desarrollaron por aproximadamente 80 años, finalizando en el año 2003. Previo al término de la actividad industrial se programó la recuperación de los terrenos ocupados históricamente por las empresas petroleras y se ingresó al SEIA el EIA del proyecto denominado “Recuperación Terreno Las Salinas”, que incluyó 4 fases: 1) Fase de Extracción de Estructuras Soterradas; 2) Fase de Saneamiento; 3) Fase de Seguimiento, transversal a las dos fases anteriores; y 4) Fase de Desarrollo. El proyecto fue calificado favorablemente mediante RCA N° 203/2004. Posteriormente, a través de la Resolución N° 524/2006 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, se modificó la RCA N° 203/2004, eliminándose la Fase de Desarrollo y estableciendo que la remediación realizada correspondería para el escenario “parques y jardines”.

La remediación realizada consistió en la excavación del primer metro de suelo en áreas donde la concentración de los compuestos de interés superaba los objetivos de remediación establecidos en la RCA N° 203/2004, y el reemplazo con suelo limpio. Para confirmar el cumplimiento de los objetivos de remediación, entre el año 2012 y 2013 se desarrolló un monitoreo de verificación final de la Etapa de Saneamiento, que consistió en la ejecución de 88 sondajes de suelo hasta una profundidad de 1,5 m y la verificación de las concentraciones en el agua subterránea. A partir de los resultados de dicho estudio se verificó que el agua subterránea y el suelo no presentan compuestos de interés por sobre los Valores Objetivo de Concentración (VOC)⁶ definidos en la RCA N° 203/2004, para el escenario de parques y jardines.

El proyecto incluyó también el retiro de las estructuras enterradas (estanques, tuberías, etc.) y cañerías existentes en el Área de Playa frente al Sitio.

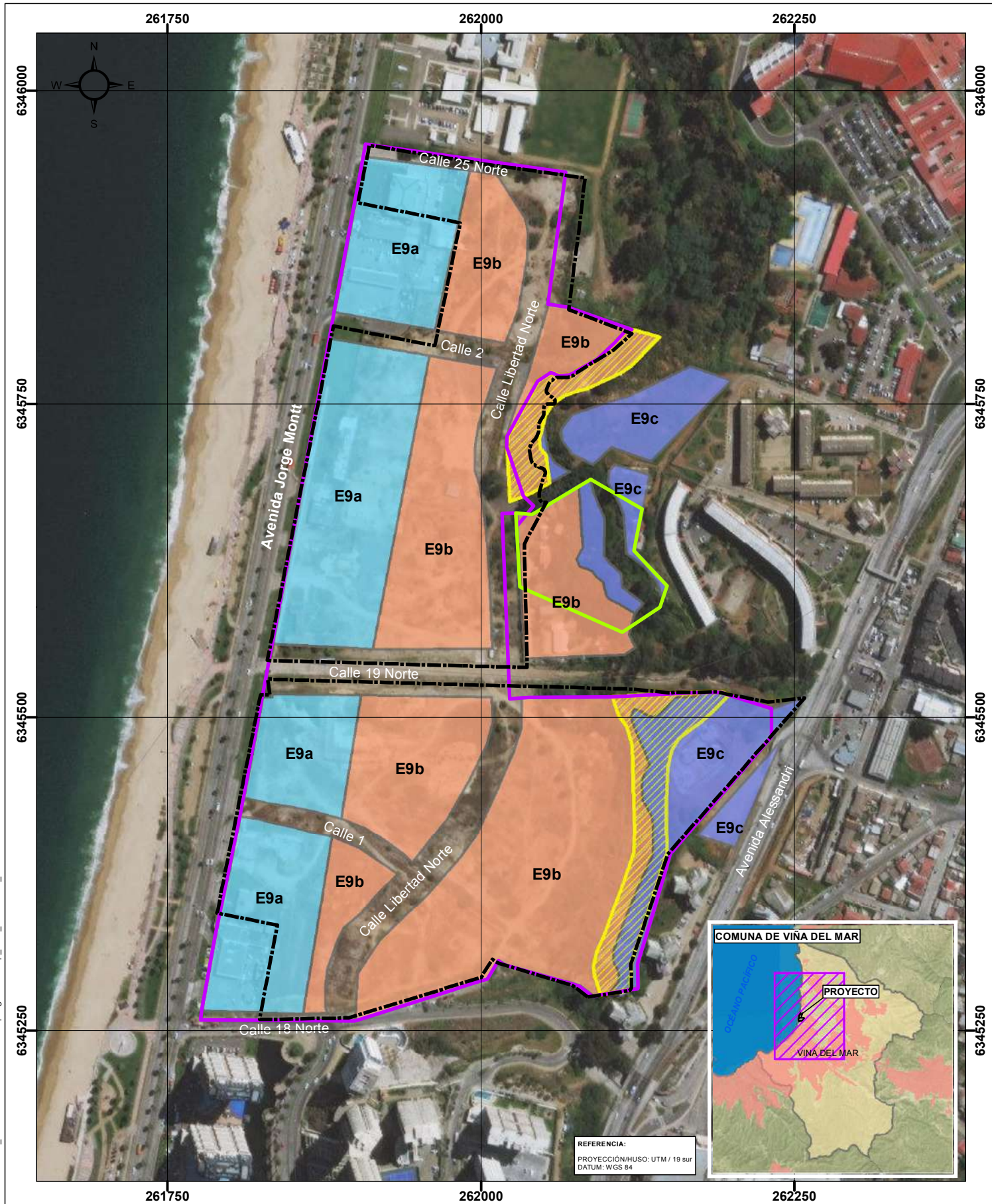
Posterior a la dictación de la Resolución N° 524/2006 de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, que modificó la RCA N° 203/2004, con fecha 20 de febrero del año 2008, se publicó en el Diario Oficial la modificación al PRC de Viña del Mar “Sector Petroleras Las Salinas”. Las principales disposiciones relacionadas con el Sitio fueron las siguientes:

- a) Se definieron las zonas E9a, E9b y E9c, que en reemplazo del anterior uso industrial de la antigua zona V6, contemplan usos de suelo y demás normas urbanísticas específicas para un desarrollo urbano mixto, residencial y de equipamiento (artículo 16 del PRC de Viña del Mar) (ver Figura 1-6).
- b) Se definió un Área de Riesgo, conforme al artículo 2.1.17 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que se denomina “Sector A.R.”, *“por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos”, que queda comprendida por el polígono georreferenciado y graficado en el plano PLS/01 (Figura 1-6,) y que corresponde a un sector restringido “debido a la presencia de contaminantes en el suelo, en niveles o concentraciones tales que pueden constituir un riesgo a la salud de las personas y a la calidad de vida de la población”* (artículo 38.4 del PRC de Viña del Mar).

⁶ En el proyecto de Remediación objeto del presente EIA, los VOC se mencionan como SSCL, debido a que la sigla VOC es usada en la literatura para designar los Compuestos Orgánicos Volátiles (Volatile Organic Compounds).

El artículo 38.5 del PRC establece que en el “Sector A.R.” sólo podrán autorizarse proyectos específicos de edificación, en la medida que se cumplan los siguientes requisitos:

- 1) *Que se acredite la realización de estudios fundados elaborados por profesional especialista, incluida su evaluación de impacto ambiental con calificación favorable.*
- 2) *Que los mencionados estudios contemplen las medidas de mitigación necesarias para el normal funcionamiento de las actividades propias del proyecto a desarrollarse en él;*
- 3) *Que se hayan ejecutado las obras de mitigación, en la forma establecida en dichos estudios, responsabilidad esta última que recae en el titular de cada uno de los proyectos de edificación que se solicite aprobar. En el evento que los referidos estudios establezcan que las obras de mitigación deban desarrollarse en conjunto con la ejecución del proyecto, deberá acreditarse su completa realización antes de la recepción definitiva de la obra”.*



SIMBOLOGÍA

Unidad Plan Regulador Comunal (PRC)

Zona E9a

Zona E9b

Zona E9c

Área de restricción de construcciones

Área de protección del recurso del valor natural

Área de riesgo

Área de proyecto

NOTA:
Plan Regulador Comunal de Viña del Mar, Decreto Alcaldicio N°10.949 del año 2002.
Modificación al Plan Regulador Comunal Sector Petroleras Las Salinas,
Decreto Alcaldicio N°12.923 del año 2008

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

**PLAN REGULADOR COMUNAL
DE VIÑA DEL MAR, SECTOR
PETROLERAS LAS SALINAS**

0 12,5 25 50 75 m

GOLDER

LAS SALINAS
INGENIERÍA

N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-6

1.4.1 Caracterización del Área de Estudio

La caracterización del suelo y el agua subterránea se realizó en el Área de Estudio que incluyó el Sitio propiamente tal, la estación de servicio COPEC localizada al Noroeste del Sitio y su proyección hasta la línea de playa frente al Sitio. Su objetivo ha sido identificar la presencia de Compuestos de Interés (CDI), relativos a las actividades históricas desarrolladas en el Sitio, como se detalla más adelante en la sección 1.4.1.2.1. Esta caracterización se realizó considerando las siguientes definiciones:

- **Suelos superficiales:** corresponden al estrato de suelo entre el nivel del terreno natural (nivel 0 m) y el primer metro de profundidad (nivel -1 m). Su caracterización se realizó mediante la toma de muestras de sondaje.
- **Suelos subsuperficiales:** corresponden al estrato ubicado a profundidades mayores a 1 m. Su caracterización se realizó mediante la toma de muestras de sondajes o calicatas.
- **Gases del suelo:** corresponden a los gases provenientes del suelo y/o el agua subterránea con presencia de compuestos volátiles. Su caracterización se realizó a través de sondas de muestreo
- **Agua subterránea:** corresponde a la masa de agua alojada en el acuífero. Su caracterización se realizó a través de muestreos desde pozos de monitoreo.
- **Suelo con características de peligrosidad:** corresponde al suelo con presencia de contaminantes que podrían clasificarlo como peligroso en los términos del Decreto Supremo N°148/2003 (D.S. N°148/2003, “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”, del MINSAL), lo anterior teniendo en cuenta que el Proyecto de remediación a implementar en el Sitio considera la excavación de los suelos, es importante realizar la caracterización de éstos para definir su manejo y destino final. Su caracterización se realizó mediante la toma de muestras de suelo en sondajes.

Se revisó la información de muestreos históricos llevados a cabo en el Sitio desde el 2001 al 2014 (ver Sección 1.4.1.1), para identificar áreas de potencial preocupación. No obstante, para la caracterización del Sitio que definió el actual Proyecto de remediación se tuvieron en cuenta los resultados del muestreo llevado a cabo en los años 2012-2013 para la verificación de la remediación del suelo superficial y los resultados de las investigaciones incluidas en el Plan de Muestreo 2015-2016 (ver Sección 1.4.1.2), junto con los muestreos complementarios de agua subterránea de junio de 2016 y mayo de 2018.

Incorporando la información recabada por todas las investigaciones, es posible concluir que los impactos se encuentran principalmente en la franja capilar (capas de suelo a mayor profundidad) y que la mayoría de los compuestos asociados a hidrocarburos han experimentado una degradación natural debido a que no hay nuevas fuentes. Los principales compuestos hallados en el Sitio corresponden a aquellos asociados a hidrocarburos más pesados (rango diésel).

Por último, algunos compuestos de interés no fueron hallados en forma significativa en el terreno en ninguna de las campañas realizadas.

A continuación, se presenta cada una de las investigaciones realizadas en el terreno.

1.4.1.1 Investigaciones Históricas (2001 – 2014)

En el Sitio, se han llevado a cabo varios programas de investigaciones entre el año 2001 y 2014. Estas investigaciones fueron realizadas con objetivos diferentes y usando diversas metodologías que constituyeron la base del proyecto de remediación aprobado mediante la RCA N° 203/2004.

Adicionalmente y para obtener mejor información, actualizada y con metodologías consistentes, para el presente proyecto de remediación se desarrolló el Plan de Muestreo 2015-2016. A manera de contexto, se presenta a continuación las investigaciones históricas que se han llevado a cabo en el Sitio, que se usaron en el proyecto de remediación aprobado mediante la RCA N° 203/2004 y que sirvieron de base para definir las investigaciones a realizar en el Plan de Muestreo 2015-2016 (ver detalle en Sección 1.4.1.2).

1.4.1.1.1 Suelos

- 2001 – Evaluación Fase II: perforación de 67 sondajes hasta una profundidad máxima de 8,5 m bajo el nivel del suelo (mbns) y toma de 122 muestras de suelo para análisis de laboratorio.
- 2003 – Caracterización adicional para actualizar la base de datos de calidad del suelo del Sitio: perforación de 13 sondajes, hasta una profundidad máxima de 6 mbns y toma de 54 muestras de suelo para análisis de laboratorio. Los sondajes se perforaron adyacentes a algunas de las perforaciones de la Fase II del año 2001, para validar la evaluación anterior.
- 2008 – Caracterización adicional para actualizar la base de datos de calidad del suelo del Sitio, previo al inicio del proyecto de remediación del suelo superficial: 215 sondajes distribuidos en base a una grilla de muestreo, con profundidades máximas de 10 mbns y toma de 339 muestras para análisis de laboratorio.
- 2009/2010 – Remediación del suelo superficial: perforación de 181 sondajes con una profundidad máxima de 2 mbns y obtención de 588 muestras de suelo para análisis de laboratorio, con el objetivo de delimitar las áreas a remediar.
- 2012-2013 – Verificación de la remediación del suelo superficial: toma de 88 muestras compuestas de suelo superficial, distribuidas en base a una grilla de muestreo aprobada por la Autoridad (profundidad 1,5 mbns), para análisis de laboratorio. Los resultados de los análisis de este muestreo de verificación se utilizaron para la caracterización del suelo superficial (0 a 1 m de profundidad) en el presente Proyecto. Mayor detalle se presenta en la Sección 1.4.1.1.2.

Entre los años 2013 y 2014 se llevaron a cabo las siguientes investigaciones:

- 2013 – Investigación adicional: perforación de 15 sondajes con una profundidad máxima de 6 mbns y toma de 61 muestras para análisis de laboratorio.
- 2014 – Segunda investigación adicional: perforación de 15 sondajes con una profundidad máxima de 6 mbns y toma de 64 muestras para análisis de laboratorio.

Considerando todas las investigaciones históricas que se han desarrollado en el Sitio, el conjunto de parámetros analizados en el suelo fue el siguiente:

- Compuestos orgánicos: hidrocarburos totales de petróleo (TPH), benceno, etilbenceno, tolueno y xilenos (BTEX), pesticidas, hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), fenoles, clorobenzenos, alquil bencenos, ftalatos, policlorobifenilos (PCB), y solventes clorados.
- Metales: antimonio (Sb), arsénico (As), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), cromo III (Cr III), cromo hexavalente (Cr VI), mercurio (Hg), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), selenio (Se), estaño (Sn), vanadio (V) y zinc (Zn).

1.4.1.1.2 Agua subterránea

Históricamente, previo al Plan de Muestreo 2015-2016, se instalaron en el Sitio alrededor de 257 pozos de monitoreo a diferentes profundidades. Las campañas de muestreo de agua subterránea históricas se detallan a continuación:

- 2001 – Evaluación Fase II: instalación de 30 pozos de monitoreo y toma de 30 muestras de agua subterránea para análisis de laboratorio.
- 2003 – Caracterización adicional para actualizar la base de datos de calidad del agua subterránea del Sitio: toma de 20 muestras de agua subterránea de los pozos instalados en el año 2001, para análisis de laboratorio.
- 2004 – Evaluación ambiental adicional: toma de 5 muestras de agua subterránea de los pozos instalados en el año 2001, para análisis de laboratorio.
- 2008 – Caracterización adicional para actualizar la base de datos de calidad del agua subterránea del Sitio: instalación de 189 pozos de monitoreo y toma de 189 muestras de aguas subterráneas para análisis de laboratorio.
- 2009 – Caracterización adicional: toma de 39 muestras de agua subterránea de los pozos instalados en el año 2008, para análisis de laboratorio.
- 2012 – Verificación de la remediación del suelo superficial: instalación de 31 pozos de monitoreo y toma de 31 muestras de agua subterránea para análisis de laboratorio.
- 2013 – Investigación adicional: instalación de 6 nuevos pozos de monitoreo, y toma de 11 muestras de agua subterránea de los pozos de monitoreo nuevos y algunos existentes, para análisis de laboratorio.

Si bien para la mayoría de los pozos sólo se midió el nivel del agua subterránea, el espesor aparente de FLNA y se tomaron muestras de agua para determinación de concentración de benceno, en algunos pozos se analizó un listado mayor de compuestos de interés. El conjunto de parámetros analizados a lo largo de los años 2001 a 2013 fueron los siguientes:

- Compuestos orgánicos: TPH, BTEX, pesticidas, PAH, fenoles, clorobencenos, alquil bencenos, ftalatos, PCB, solventes clorados;
- Metales: As, Cd, Co, Cu, Cr, Cr (VI), Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Zn.

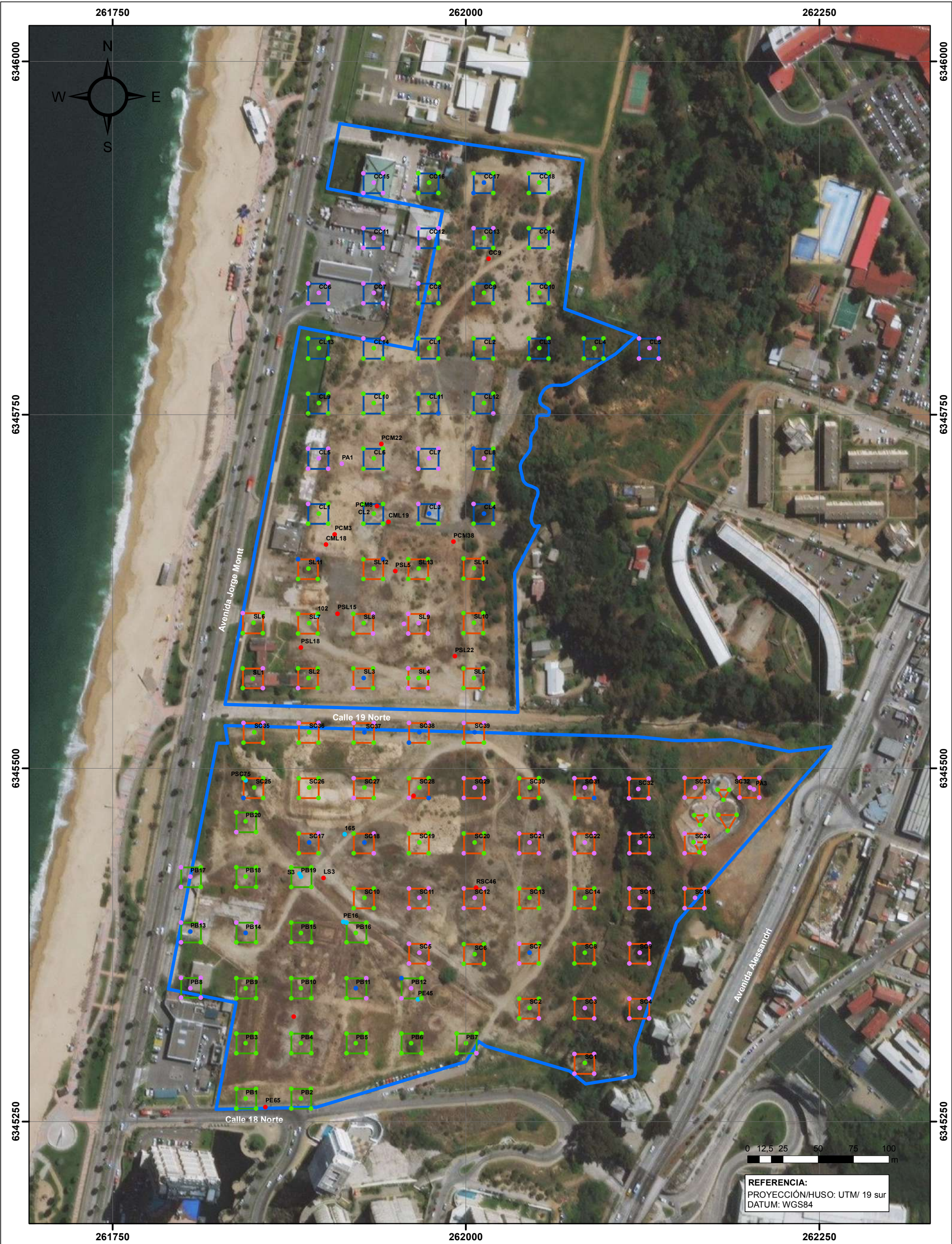
Adicionalmente, en la campaña del año 2008 se realizó un análisis de la FLNA detectada en los pozos, el cual concluyó que estaba conformada principalmente por fracciones de compuestos de hidrocarburos más pesados, de C12 a C21 (alrededor del 80%); mientras que las fracciones más livianas alcanzaban menos del 10%. Por tanto, se concluyó que aquellos compuestos pertenecientes a las fracciones de hidrocarburos más livianas (<C12) han sido sujetos a procesos de degradación natural durante el periodo posterior a la finalización de las operaciones en el Sitio. Así, la composición de la FNLA está constituida por aquellos compuestos de hidrocarburos más pesados, los cuales han resistido estos procesos de degradación natural.

La mayoría de los pozos de monitoreo indicados no se encuentran habilitados en la actualidad, ya que fueron removidos durante los trabajos de excavación del proyecto de remediación asociados a la RCA N° 203/2004. Todos los pozos habilitados y que permanecían en buen estado fueron utilizados para las investigaciones en agua subterránea del Plan de Muestreo 2015-2016.

1.4.1.1.3 Muestreo de verificación 2012-2013

Tal como se mencionó previamente, el Monitoreo de Verificación Final consistió en el muestreo de suelos superficiales en 88 sondajes, los que se localizaron en puntos definidos en conjunto con la Autoridad, según lo acredita Resolución Exenta N° 194 del 07 de diciembre del año 2011, de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región de Valparaíso, que visó la Propuesta de Monitoreo de Verificación Final de Saneamiento del Proyecto. Se generó una malla de muestreo de suelo superficial que abarcó toda la superficie de terreno Las Salinas. Los resultados del muestreo de verificación fueron entregados a la autoridad en el año 2013, los que fueron acreditados a través de informes presentados por la Fundación Chile, quien desempeñó el trabajo de Auditor Ambiental Independiente, acorde lo establecía la respectiva RCA.

La localización de los puntos de muestreo del suelo superficial se presenta en la Figura 1-7 y el resumen de los resultados en la Tabla 1-4 donde se indican las concentraciones máximas registradas. El detalle de los resultados forma parte de los estudios de caracterización físico química del suelo que se presenta en el Capítulo 3 “Línea de Base” del presente EIA.



SIMBOLOGÍA

- Pozo de muestreo de agua subterránea
- Punto de muestreo de suelo eliminado
- Punto de muestreo de suelo reubicado
- Punto muestreable de suelo
- Reubicación de pozo de muestreo de agua subterránea
- Área propuesto monitoreo final COPEC combustibles - COPEC lubricantes
- Área propuesto monitoreo final Shell lubricantes - Shell Combustibles
- Área propuesto monitoreo final Petrobras
- Área de proyecto

Fuente: Arcadis 2013. Informe N° 3132-0000-MA-INF-002_1
Proyecto Recuperación Terreno Las Salinas – Informe final de la etapa de saneamiento Terreno Las Salinas.



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO "SANEAMIENTO DEL
TERRENO LAS SALINAS"

PUNTOS DE MUESTREO PARA CARACTERIZACIÓN
DEL SUELO SUPERFICIAL REALIZADOS EN EL
MONITOREO DE VERIFICACIÓN 2013

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA: REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-7

Tabla 1-4: Concentraciones máximas medidas en los suelos remediados del primer metro

Grupo	Parámetro	Valor máximo medido en el suelo superficial (Monitoreo de verificación) (mg/kg)
BTEX	Benceno	<0,2
	Etilbenceno	<0,1
	Tolueno	<0,2
	Xilenos	<0,2
PAH	Antraceno	<0,5
	Benzo(a)antraceno	<0,5
	Benzo(k)fluoranteno	0,4
	Benzo(a)pireno	0,99
	Benzo(ghi)perileno	0,98
	Criseno	1,36
	Fluoranteno	1,85
	Indeno(123cd)pireno	0,24
	Naftaleno	<0,5
	Fenantreno	0,66
TPH ORGÁNICO	TPH (suma) - IWA	1.130
METALES	Bario	185
	Cromo III	83,5
	Cromo VI	2,87
	Cobre	1.406
	Plomo	203
	Mercurio	1,155
	Níquel	17
	Vanadio	90,5
	Zinc	181,75
PESTICIDAS	Aldrin	<0,01
	DDT	<0,01
	Dieldrin	<0,002
	Endrin	<0,005
	HCH (total)	<0,002
PCB	PCB (total)	0,43
ESTER FTALATO	Bis(2-ethylhexyl)ftalato	0,27
FENOL CLORADO	2-Monoclorofenol	<0,02
	Pentaclorofenol	<0,02
	2,3,4-Triclorofenol	<0,02

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del informe Arcadis 2013 Informe N° 3132-0000-MA-INF-002_1 Proyecto Recuperación Terreno Las Salinas – Informe final de la etapa de saneamiento Terreno Las Salinas.

Es importante mencionar que las concentraciones de los compuestos de interés en el suelo superficial están por debajo de los SSCL⁷ definidos en la RCA N° 203/2004 (modificada por la Resolución N° 524/2006 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente) del EIA “Recuperación Terreno Las Salinas”, con lo cual se verifica el proceso de saneamiento asociado a dicho Proyecto.

Para el presente Proyecto, la caracterización del suelo superficial se basó en los datos obtenidos del informe de Monitoreo de Verificación Final⁸ del proyecto asociado a la RCA N° 203/2004, llevado a cabo en 2012-2013. Lo anterior, considerando que desde esa fecha no ha existido en el Sitio ninguna fuente de contaminación que pudiera representar un aumento en las concentraciones medidas en dicho monitoreo.

1.4.1.2 Investigaciones ambientales Plan de Muestreo 2015 – 2016

En el contexto de la definición de las actividades de remediación del presente Proyecto, entre julio de 2015 y junio de 2016 se desarrollaron diversas investigaciones ambientales en el Área de Estudio (Sitio y Área de Playa frente al Sitio, según muestra la Figura 1-8) para conocer las concentraciones actuales de los compuestos de interés en el suelo, en el agua subterránea y en los gases del suelo. Estas investigaciones fueron la base para determinar el Proyecto de remediación objeto del presente EIA y se señalan en el presente documento como Plan de Muestreo 2015-2016. Adicionalmente, en junio de 2016 y en mayo-junio de 2018 se llevaron a cabo campañas adicionales de muestreo de agua subterránea con el objetivo de complementar la información de respaldo para el desarrollo del Proyecto de Remediación.

A continuación, se realiza un resumen de los estudios incluidos en el Plan de Muestreo 2015-2016, que considera las campañas de muestreo de agua subterránea complementarias de junio de 2016 y mayo-junio 2018. El detalle de los estudios de caracterización físico química del suelo y de calidad del agua subterránea se presentan en el Capítulo 3 “Línea de Base”, del presente EIA.

Se hace presente que todas las actividades del Plan de Muestreo 2015-2016, así como las campañas de muestreo complementarias fueron auditadas por profesionales de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), de Valparaíso. Esta auditoría tuvo como objetivo verificar que todos los protocolos y estándares de muestreo se llevaran a cabo de forma apropiada, de manera que los datos obtenidos fueran confiables y pudieran ser usados para cumplir con los objetivos del estudio.

⁷ En la RCA 203/2004 los SSCL son identificados con VOCs

⁸ Arcadis 2013 Informe N° 3132-0000-MA-INF-002_1 Proyecto Recuperación Terreno Las Salinas – Informe final de la etapa de saneamiento Terreno Las Salinas.



SIMBOLOGÍA			
	Sondaje de suelo		Pozo de agua subterránea hasta medio rocoso
	Instalación pozo para agua subterránea		Pozo existente
	Pozo de muestreo pesticidas		Punto de muestreo de gas de suelo
	Sondaje de muestreo pesticidas		Punto de muestreo de agua en zona de rompiente
	Pozo de muestreo PCB		Grilla (33 x 33 m) Área de Proyecto
	Sondaje de muestreo PCB		Grilla (33x33) Área de Estudio



 GOLDER		 LAS SALINAS INACOLSA	
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"			
INVESTIGACIONES DEL PLAN DE MUESTREO 2015-2016			
DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA: REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-8

1.4.1.2.1 Investigaciones en Suelos del Área de Estudio

Tal como se mencionó previamente, el área de estudio incluyó el Sitio, la estación de servicio COPEC y la playa frente al Sitio.

Las investigaciones para caracterizar la calidad del suelo en el Área de Estudio incluyeron la toma de muestras de suelo subsuperficial en el Sitio y la toma de muestras de suelo superficial y subsuperficial en el área de la estación de servicio COPEC y la playa. No se tomaron muestras de suelo superficial dentro del Sitio como parte del Plan de Muestreo 2015-2016, ya que se usaron los datos obtenidos del muestreo de verificación 2012-2013.

La determinación del número de puntos de muestreo se obtuvo teniendo como base los requerimientos de la “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” del Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2012), en particular de la “Fase III: Evaluación del Riesgo y Plan de Acción para la Gestión de Suelos con Presencia de Contaminante”. Se implementó la recomendación de un punto de muestreo de suelo por aproximadamente cada 1.000 m² para la caracterización del suelo y se diseñó una grilla de muestreo, utilizando como base cuadrantes de aproximadamente 33 m por 33 m (en adelante “la grilla de muestreo”). La grilla y los puntos de muestreo de cada una de las investigaciones del Plan de Muestreo 2015-2016 se presentan en la Tabla 1-8.

Las actividades principales del muestreo fueron:

- Recolección de muestras para la caracterización del suelo. Las muestras fueron analizadas para los siguientes compuestos de interés (CDI) históricos del Sitio:
 - BTEX: benceno, etilbenceno, tolueno, xileno.
 - PAH: antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(ghi)perileno, criseno, fluoranteno, indeno(123cd) pireno, naftaleno, fenantreno.
 - TPH orgánicos: TPH rango gasolina (GRO), TPH rango diésel (DRO), TPH rango aceites (ORO).
 - Metales: bario, cromo III, cromo VI, cobre, plomo, mercurio, níquel, vanadio, zinc.
 - Pesticidas: aldrin, DDT, dieldrin, endrin, alfa-hexaclorociclohexano (HCH), beta-HCH, gamma-HCH.
 - PCB total.
 - Bis-(2-etilhexil)ftalato.
 - Fenoles clorados: 2-monoclorofenol, pentaclorofenol, 2,3,4-triclorofenol.
- La presencia de TPH también fue evaluada con un método analítico alternativo (grupo de evaluación de criterios de TPH, TPH CWG⁹), con el objeto de evaluar la composición de las fracciones individuales de petróleo utilizadas en el desarrollo del proyecto de remediación. Igualmente, con el mismo fin se analizaron muestras de suelo para determinación de carbono orgánico total (COT), granulometría y concentración de arsénico. Este último compuesto, sin tener ninguna relevancia asociada a los compuestos usados en el Sitio históricamente, sino por ser un compuesto de origen natural a lo largo del territorio chileno.

⁹ Por sus siglas en inglés de *Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group*.

- Caracterización de la peligrosidad del suelo del Sitio y Área de Playa respecto del D.S. N° 148/2003, “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos” del MINSAL. Esta caracterización se realizó para poder clasificar el suelo y definir su manejo. A cada una de las muestras se le realizó los ensayos de Toxicidad aguda y crónica, Toxicidad extrínseca (TCLP10), Inflamabilidad, Corrosividad y Reactividad.

En la Tabla 1-5, se muestra un resumen del número de puntos de muestreo y el número de muestras de suelo tomadas por cada sector del Plan de Muestreo 2015-2016.

Tabla 1-5: Puntos de muestreo y número de muestras de suelo por área

Área	Número de puntos de muestreo	Número de muestras para calidad de suelo	Número de muestras tomadas para análisis de peligrosidad
Sitio	152	609	277
Área de Playa	38	76	10

Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 3.2 Resumen Plan de Muestreo 2015-2016 y registros de perforación.

Las metodologías y resultados del muestreo se presentan en el Capítulo 3 “Línea de Base”, Sección 3.6, “Caracterización Físico Química del Suelo”.

1.4.1.2.2 Investigaciones en Agua Subterránea

El muestreo de agua subterránea en el Sitio se realizó en pozos nuevos y en pozos existentes de estudios realizados en años anteriores. El muestreo en el Área de Playa se realizó en pozos nuevos instalados de forma temporal. El resumen de puntos y campañas de muestreo se presenta en la Tabla 1-6

Tabla 1-6: Pozos de monitoreo por área de estudio

Área	Número de pozos de monitoreo muestreados	Campañas de muestreos
Sitio	■ 53 pozos nuevos instalados a una profundidad hasta 2 m bajo el nivel freático. ■ 6 pozos nuevos instalados a una profundidad hasta el lecho rocoso (identificados como “pozos a la roca”). ■ 12 pozos existentes instalados como parte de estudios de años anteriores, instalados en promedio hasta una profundidad de 3 m bajo el nivel freático.	■ Primera campaña entre junio 2015 y enero 2016. ■ Segunda campaña en junio 2016. ■ Tercera campaña mayo-junio 2018 (identificada como mayo 2018).
Área de Playa	■ 36 pozos instalados temporalmente a una profundidad hasta 2 m bajo el nivel freático.	■ Campaña entre junio 2015 y enero 2016.

Fuente: Elaboración propia en base a Anexo 3.2 Resumen Plan de Muestreo 2015-2016 y registros de perforación.

Las muestras de agua subterránea recolectadas fueron analizadas para los mismos parámetros que las muestras de suelo. Las metodologías y resultados del muestreo se presentan en el Capítulo 3 “Línea de Base”, Sección 3.9, “Calidad del Agua Subterránea”.

¹⁰ Por sus siglas en inglés *Toxicity Characteristic Leaching Procedure*.

1.4.1.2.3 Muestreo de Gas de Suelo 2016

En el año 2016 se desarrolló un muestreo de gas de suelo, en 14 puntos en el interior del Sitio, 5 puntos de muestreo en el Área de Playa y 3 puntos en el Área de Estudio de la estación de servicio COPEC, adyacente al Sitio, en el sector Noroeste. El objetivo fue determinar las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (VOC) en la zona no saturada, producto de la presencia de compuestos de hidrocarburos detectados en el suelo y el agua subterránea durante el Plan de Muestreo. Los compuestos de interés analizados fueron seleccionados en base a antecedentes necesarios para la Evaluación de Riesgo para la Salud Humana y correspondieron a BTEX, TPH alifáticos y aromáticos y naftaleno.

Las metodologías y resultados del muestreo se presentan en el Capítulo 3 de Línea Base, Sección 3.6, “Caracterización físico química del suelo”.

1.4.1.2.4 Muestreo en la Zona de Rompiente 2016

En el año 2016 se desarrollaron 2 muestreos de agua subterránea en la zona de rompiente del Área de Playa (señalados como “Yn.ORI” en la Tabla 1-8), en donde se muestrearon 5 y 7 puntos en las campañas de febrero y junio, respectivamente. El objetivo de estos muestreos fue determinar las concentraciones de los compuestos de interés en el agua subterránea, en muestras tomadas a una distancia de 4 a 5 m desde la orilla del mar (zona en donde el agua subterránea se encuentra a aproximadamente 1 a 2 mbns), y proporcionar una base para completar la Evaluación de Riesgo para la Salud Humana. Los compuestos de interés analizados fueron BTEX, TPH orgánicos, TPH CWG, PAH, aldrin, dieldrin, endrin, PCB, bis(2-etilhexil)ftalato y pentaclorofenol, seleccionados en base a los requerimientos para la actualización de la Evaluación de Riesgo para la Salud Humana.

Las metodologías y resultados del muestreo se presentan en el Capítulo 3 de Línea Base, Sección 3.9, “Calidad del agua subterránea”.

1.4.2 Evaluación de Riesgo para la Salud Humana

1.4.2.1 Introducción

La Evaluación de Riesgo para la Salud Humana (HHRA) es una metodología a través de la cual se puede definir de forma cuantitativa el riesgo potencial de un receptor de presentar efectos adversos a la salud debido a la exposición a un contaminante. Con esta metodología también se pueden determinar las concentraciones seguras de un compuesto o concentraciones objetivo de remediación. Estas concentraciones son conocidas como niveles de remediación específicos para el Sitio o SSCL.

La HHRA para este Proyecto fue desarrollada de acuerdo al procedimiento de acción correctiva basada en riesgos (RBCA¹¹), descrito en la “Guía de Normas para la Acción Correctiva Basada en Riesgos”, de la ASTM¹². El enfoque HHRA/RBCA es una práctica estándar para la definición de metas de remediación de sitios en Italia, Francia, Alemania, Suecia, Hungría, Australia, Estados Unidos, Canadá, Brasil, entre otros y también ha sido utilizada en Chile en la definición de proyectos de remediación evaluados y aprobados en el SEIA.

¹¹ Por sus siglas en inglés *Risk-Based Corrective Action*.

¹² American Society for Testing and Materials

RBCA es un proceso de toma de decisiones basado en riesgo, usado en la evaluación de sitios con presencia de contaminación y en el diseño de las acciones de remediación que buscan eliminar o mitigar los riesgos. La metodología RBCA, la cual se centra en la protección de la salud humana y de los recursos ambientales, fue desarrollado como una herramienta que permite asignar recursos en una forma sustentable (tiempo, dinero, marcos normativos, etc.) a múltiples sitios contaminados, de modo de facilitar la adopción de decisiones innovadoras y efectivas con respecto a los costos (decisiones costo-efectivas), al tiempo que se asegura la protección de la salud humana y los recursos ambientales.

En Chile no existe normativa que establezca una metodología para la realización de Evaluaciones de Riesgos para la Salud Humana. No obstante, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), en conjunto con la Fundación Chile, han elaborado la “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” del (MMA, 2012). Adicionalmente, en el marco de la evaluación de proyectos en el SEIA, el SEA ha elaborado la “Guía de Evaluación de Impacto Ambiental – Riesgo para la Salud de la Población” (2012).

La Guía del MMA indica que La Evaluación de Riesgo Ambiental tiene por objetivo establecer el riesgo que la contaminación potencial presente en un lugar determinado supone para los sujetos de protección, los que pueden ser poblaciones humanas, ecosistemas u otros recursos, de acuerdo a los objetivos y características específicas del caso. En general, la Evaluación de Riesgos debe contemplar no sólo la situación actual del mismo, sino también cualquier situación futura previsible que pueda diferir de la actual. Esto último ya sea debido a la distribución y tipología de los contaminantes y/o por los cambios en las condiciones de la exposición de algunos receptores potenciales, como consecuencia de cambios de los usos del suelo o de otros recursos relevantes. Aunque la consideración de escenarios futuros suele ser más difícil de abordar, por llevar implícito un ejercicio de predicción y las consiguientes incertidumbres, su incorporación sistemática al análisis y gestión de riesgos resulta en muchos casos necesaria.

Por su parte, en la Guía del SEA de Riesgo para la Salud de la Población, algunos aspectos importantes mencionados son:

- Se define Riesgo como: probabilidad de ocurrencia del efecto adverso sobre el receptor.
- La Evaluación de Riesgo caracteriza, cualitativa o cuantitativamente, la magnitud o severidad del efecto adverso y la extensión y probabilidad de exposición.
- La sola presencia de contaminantes en el ambiente no constituye necesariamente un riesgo para la salud de las personas. Para que se genere o presente riesgo para la salud debe existir una fuente contaminante, un receptor (que en este caso corresponde a una población humana), y la posibilidad de migración del contaminante hasta un punto de contacto con el receptor, es decir, que exista una vía de exposición completa o potencialmente completa (Figura 1-9). Si no hay posibilidad de contacto entre personas y contaminantes (esto es: no hay posibilidad de exposición), entonces no hay riesgo para la salud de las personas.



Figura 1-9: Componentes del Riesgo

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

1.4.2.2 Descripción de la metodología

La metodología de Evaluación de Riesgo RBCA está integrada en una secuencia lógica de procedimientos organizados en niveles, tal como se describe a continuación y se observa en la Figura 1-10. Este mismo enfoque es el que se describe en la “Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes” del (MMA, 2012).

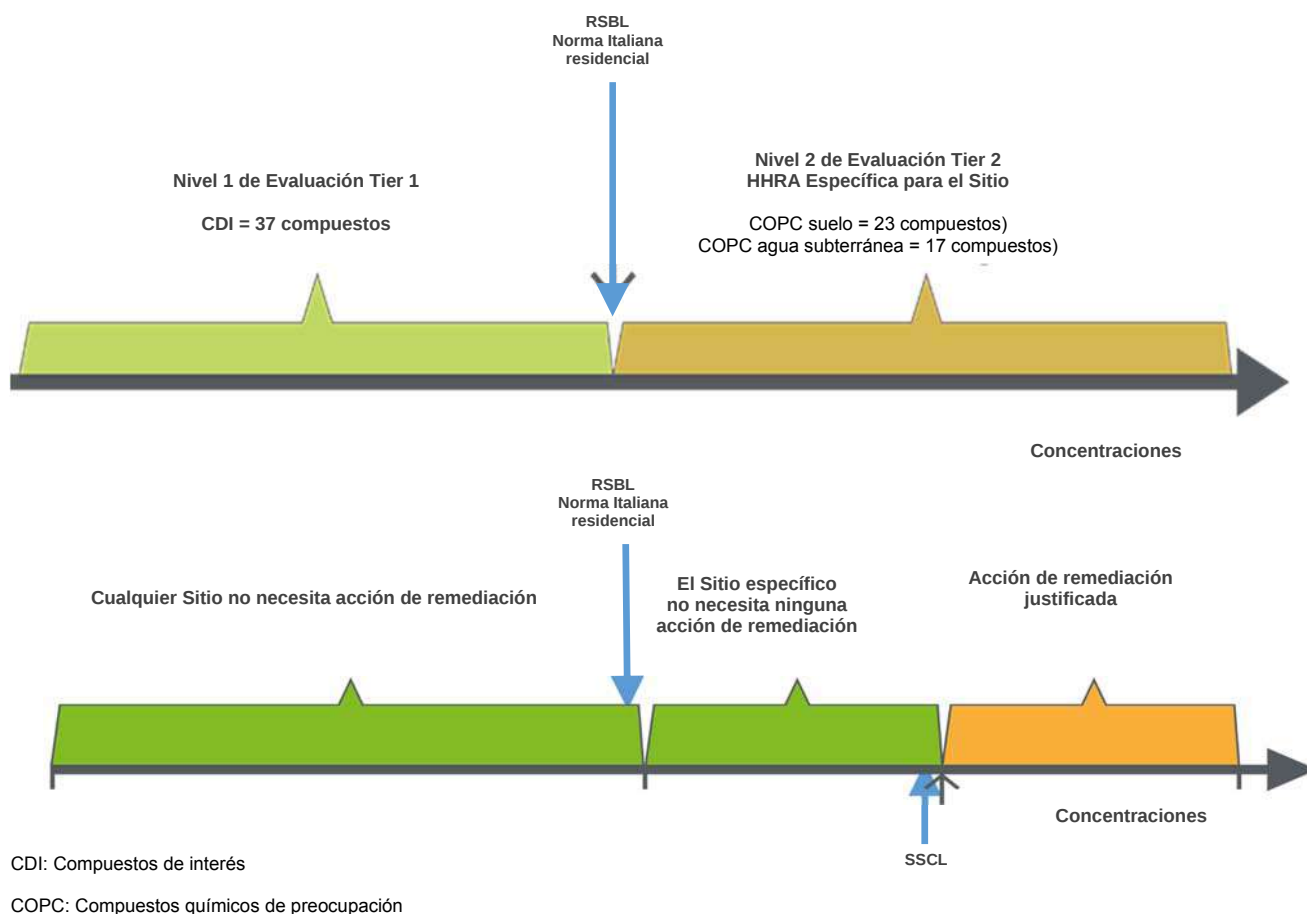


Figura 1-10: Esquema de la secuencia de la HHRA

Fuente: Elaboración propia en base a Guía Metodológica para la Gestión de Suelos con Potencial Presencia de Contaminantes, Fundación Chile, 2012

El Nivel 1 (*Tier 1*) del proceso implica una primera evaluación del sitio y clasificación inicial de éste en base a estándares de evaluación de riesgo conservadores (RBSL¹³), que son de carácter genérico y no tienen en cuenta las características específicas del sitio en estudio. El Nivel 1 (*Tier 1*) puede incluir una comparación de datos de concentración en el sitio con valores genéricos de estándares o normas de un determinado país, para un determinado uso de terreno (por ejemplo, norma italiana, en el Anexo 5 de la Ley de Medio Ambiente de dicho país se establecen los criterios de calidad del suelo para uso residencial y áreas verdes, comercial e industrial).

Los Niveles 2 y 3 (*Tier 2* y *Tier 3*) consideran la evaluación del sitio utilizando información más específica sobre éste (por ejemplo, profundidad del agua subterránea, velocidad de infiltración, etc.), y/o la evaluación de puntos de cumplimiento alternativo (localizaciones de exposición). El Nivel 3 normalmente comprende análisis más complejos, como una evaluación detallada del sitio, una evaluación probabilística y modelaciones sofisticadas de

¹³ Por sus siglas en inglés *Risk-Based Screening Levels*.

destino y transporte de sustancias químicas. La HHRA para el Proyecto se realizó bajo el proceso de los Niveles 1 y 2 del RBCA, considerando los siguientes pasos:

- Formulación del problema, incluye:
 - La determinación de los receptores de interés y las vías de exposición.
 - Identificación de los posibles compuestos químicos de potencial preocupación (COPC¹⁴).
 - Modelo conceptual del sitio (MCS).
- Evaluación de peligro/toxicidad, incluye la evaluación de la relación dosis-respuesta y la selección de los valores apropiados de toxicidad de los compuestos químicos identificadas como COPC.
- Evaluación de la exposición, incluye la definición de los escenarios de exposición y la evaluación de la relevancia de las vías de exposición para los receptores individuales. Se realiza únicamente para los COPC.
- Caracterización del riesgo, incluye la caracterización de potenciales efectos adversos para la salud por los compuestos químicos cancerígenos y no cancerígenos. Se realiza únicamente para los COPC.
- Desarrollo de criterios de remediación, corresponde al cálculo de las concentraciones objetivo de remediación (niveles de remediación específicos para el sitio o SSCL), en base a los niveles de riesgo aceptables para compuestos químicos cancerígenos y no cancerígenos identificados como COPC.

En algunos casos, la HHRA puede utilizarse para calcular el riesgo (riesgo incremental de cáncer, ILCR¹⁵, o el índice de peligro, HI¹⁶) de un compuesto químico en una o más matrices ambientales (metodología identificada como HHRA hacia adelante). En otros casos, la HHRA puede ser utilizada para calcular la concentración de un compuesto químico que corresponde a un determinado riesgo o peligro en una matriz ambiental (HHRA hacia atrás).

Los cálculos de HHRA hacia adelante (cálculo *forward*) y hacia atrás (cálculo *backward*) utilizan las mismas ecuaciones y supuestos, pero se diferencian en el sentido en que se desarrolla la HHRA:

- El cálculo hacia adelante (cálculo *forward*) comienza con una concentración dada de compuesto en una matriz ambiental (concentración de exposición), luego se definen los escenarios de exposición y se calcula la dosis o ingesta diaria, para finalmente caracterizar el riesgo a través de la estimación de un ILCR o HI, que se compara con los niveles de riesgo aceptables establecidos para el proyecto (por ejemplo, HI = 1, ILCR individual = 1E-06 & ILCR total = 1E-05, Sección 1.4.3¹⁷). Los niveles de riesgo aceptables están basados en estándares internacionales, por ejemplo, en Italia o los Estados Unidos, el valor de ILCR aceptable para un compuesto individual es 1E-06.
- El cálculo hacia atrás (cálculo *backward*) utiliza los mismos pasos que el cálculo hacia adelante, pero invierte el orden del cálculo. Comienza con la selección de un ILCR o HI determinado como criterio objetivo, o nivel de riesgo aceptable (por ejemplo HI = 1, ILCR individual = 1E-06 & ILCR total = 1E-05), identifica un potencial compuesto químico presente en la matriz ambiental, luego define los supuestos de exposición, calcula un factor representativo de dosis, identifica los valores de toxicidad, y finalmente determina aquella concentración del compuesto en la matriz ambiental que resguarda la salud humana, basado en ILCR o HI aceptables. Estos

¹⁴ Por sus siglas en inglés, *Chemical of Potential Concern*.

¹⁵ Por sus siglas en inglés *Incremental Lifetime Cancer Risk*.

¹⁶ Por sus siglas en inglés *Hazard Index*.

valores corresponden a los criterios de remediación o niveles de limpieza específicos del sitio, o SSCL que se usan para identificar las necesidades de remediación y/o para verificar un proceso de remediación. (Sección 1.4.3”).

En las siguientes secciones se presenta un resumen del desarrollo de la metodología para el Proyecto objeto del presente EIA. El documento completo de la HHRA para el Sitio se acompaña en el Anexo 1.2. Este documento fue elaborado por profesionales de las oficinas de Golder en Italia con el apoyo de profesionales de Golder en Chile.

Se hace presente que el documento de la HHRA fue sometido a un proceso de revisión independiente, encomendado por ILS a GSI Environmental Inc. (GSI) de Estados Unidos de Norteamérica. GSI es una firma de consultoría en ingeniería con amplia experiencia en el desarrollo de evaluaciones de riesgo para la salud humana para proyectos de diferentes rubros, especialmente los asociados a contaminación con hidrocarburos. Esta empresa posee amplios vínculos académicos y gran credibilidad con las agencias regulatorias de Estados Unidos de Norteamérica y es reconocida por el desarrollo de software innovadores, algunos de ellos en conjunto con agencias federales y estatales, que son utilizados por organizaciones industriales y gubernamentales de todo el mundo, entre los que se destaca el “*RBCA Tool Kit for Chemical Releases*”, que ha sido utilizado en evaluaciones de riesgo de proyectos de remediación evaluados en el SEIA. En el Anexo 1.3 se presenta el informe de revisión de la HHRA realizada por GSI.

1.4.2.2.1 Determinación de los Receptores de Interés y las Vías de Exposición

De acuerdo con los usos actuales y futuros del Sitio y del Área de Playa y alrededores, los receptores potenciales seleccionados para la HHRA son los que se presentan en la Tabla 1-7. Los criterios para la selección de las vías de exposición se basan en la presencia de receptores y/o la existencia de dichas vías entre los receptores y las fuentes de contaminación.

Tabla 1-7: Receptores humanos y vías de exposición seleccionadas

Receptor potencial	Vías de exposición	Fundamento
Dentro del Sitio		
Residente	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.
	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera.
Trabajadores en establecimientos dentro del Sitio (establecimientos comerciales, administrativos y de equipamiento)	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.
Transeúnte y residente	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera a lo largo de las veredas de las calles y áreas verdes.
Trabajador de la construcción	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente dispersan a la atmósfera.
	Ingestión accidental de suelo	Contacto directo e ingestión de suelo subsuperficial impactado durante excavaciones y obras de construcción.
	Contacto dermal con el suelo	
	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a oficinas instaladas en el Sitio (un piso, sin subterráneo), para la supervisión de obras.
Alrededores del Sitio		
Trabajadores en establecimientos fuera del Sitio (establecimientos comerciales y de equipamiento)	Inhalación de vapores en espacios interiores	Vapores del subsuelo (suelo y agua subterránea) que potencialmente ingresan a edificios.
Usuario recreacional	Inhalación de vapores en espacios abiertos	Vapores del suelo y agua subterránea que dispersan a la atmósfera en la playa y en la costanera del Área de Playa.
	Contacto dermal con suelo y agua subterránea	El suelo que excede los valores Tier 1 se ha detectado principalmente a profundidades mayores de 2,0 m. De forma muy conservadora se asume que el usuario recreacional podría tener contacto directo con suelo en la playa y con agua subterránea cuando la filtración del agua ocurre en la playa y no dentro del mar, por ejemplo, mientras se juega con la arena de la playa haciendo huecos.

Nota: El receptor identificado como transeúnte también puede ser denominado en el documento como "viandante"

Fuente: Anexo 1.2, Evaluación de Riesgo para la Salud Humana.

En la HHRA, se calcularon los SSCL para el suelo, el agua subterránea y gases del suelo del Sitio, con el objeto de determinar metas para las acciones de remediación para el Sitio, considerando los niveles de riesgo aceptables establecidos para el presente estudio. Para los escenarios de exposición actuales en los alrededores del Sitio y escenarios futuros, se han calculado los niveles de riesgo en base a las concentraciones existentes en el terreno, con el fin de descartar la existencia de riesgos a la salud de los potenciales receptores.

1.4.2.2.2 Definición de los compuestos químicos de potencial preocupación (COPC)

A partir de los resultados de las investigaciones del Plan de Muestreo 2015-2016 se verificó que el suelo y el agua subterránea en el Sitio presentan compuestos de interés, entre otros TPH, BTEX y PAH. También se detectaron otros parámetros, como metales, pesticidas y compuestos orgánicos de fenoles en el suelo subsuperficial y el agua subterránea en el Sitio.

Para la selección de valores de referencia a usar en el primer nivel de la evaluación de riesgo (*Tier 1*) e identificar los compuestos de potencial preocupación, se efectuó una revisión de los valores establecidos en la normativa de distintos países (Italia, Estados Unidos [US EPA], Estado de Texas, Holanda y Australia).

Considerando la opción propuesta para el futuro uso del suelo del Sitio, el estándar de calidad de referencia seleccionado para el desarrollo del *Tier 1* corresponde a la normativa italiana, en particular los valores para uso residencial/área verde (Anexo 5 del Decreto Legislativo n. 152, *Norme in materia ambientale*, promulgado en abril de 2006). Se ha seleccionado una normativa internacional teniendo en cuenta que en Chile actualmente no existe una referencia de calidad de suelo que pueda ser usada en estudios de evaluación ambiental. En este aspecto, es importante mencionar que el artículo 11 del D.S. N° 40/2012 (RSEIA) indica que a falta de normas de calidad podrán utilizarse normas de referencia vigentes en otros países¹⁷. La selección de la normativa italiana estuvo basada principalmente en las características similares con Chile del fondo geológico y el clima, así como también porque esta normativa establece valores bastante conservadores en comparación con países con características similares (ver Capítulo 3 “Línea de Base”, Sección 3.6, “Caracterización Físico Química del Suelo” por detalles de la selección de *Tier 1*).

Los resultados de los análisis químicos de las muestras de suelo y agua subterránea se compararon con dichos valores de referencia. Todos los compuestos analizados fueron evaluados para seleccionar las sustancias que constituyen COPC, para su incorporación en el procedimiento *Tier 2* de la HHRA y para el cálculo de los SSCL (ver Sección 1.4.3”). Los criterios de evaluación fueron los siguientes:

- La frecuencia de detección del compuesto en la matriz ambiental considerada (por ejemplo, suelo o agua subterránea) es mayor que cero.
- La concentración detectada del compuesto químico excede los valores de referencia del *Tier 1* (valor de referencia de Italia).
- El compuesto es suficientemente volátil (específicamente para los escenarios de inhalación de vapores).
- La literatura internacional dispone de un valor de referencia toxicológico (“TRV”, *Toxicological Reference Value*) para el compuesto, para las vías de exposición consideradas (por ejemplo, inhalación o contacto dermal). El detalle de las vías consideradas se encuentra en la Tabla 1-7
- La muestra es representativa para los receptores presentados en la Tabla 1-7. Es decir refleja la concentración y estado para las vías de exposición probables.

En la Tabla 1-8 se detallan los COPC en el suelo y agua subterránea del Sitio y alrededores, junto con la información de volatilidad de los compuestos.

¹⁷Artículo 11.- Normas de referencia. Las normas de calidad ambiental y de emisión que se utilizarán como referencia para los efectos de evaluar si se genera o presenta el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), ambas del artículo 11 de la Ley, serán aquellas vigentes en los siguientes Estados: República Federal de Alemania, República Argentina, Australia, República Federativa del Brasil, Canadá, Reino de España, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América, Nueva Zelandia, Reino de los Países Bajos, República Italiana, Japón, Reino de Suecia y Confederación Suiza. Para la utilización de las normas de referencia, se priorizará aquel Estado que posea similitud en sus componentes ambientales, con la situación nacional y/o local, lo que será justificado razonablemente por el proponente.

Tabla 1-8: Compuestos de potencial preocupación para el Sitio y alrededores

Parámetro	Inhalación de vapores		Contacto directo con el agua subterránea en la playa	Contacto directo con el suelo en la playa	Exposición etapa construcción/remediación, contacto directo con suelo
	Suelo no saturado	Agua subterránea	Agua subterránea	Suelo no saturado	Suelo no saturado
<i>Muestras consideradas</i>	Todas	Todas	Muestras rompiente	Sólo 0-2 mbns**	Todas
Benceno	X	X	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X
Etilbenceno	X	X*	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X
Tolueno	X*	X*	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X*
Xilenos total	X	X	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X
Antraceno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Benzo(a)antraceno	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	X
Benzo(k)fluoranteno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X
Benzo(a)pireno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	X	n.c. (C<LD)	X
Benzo(g,h,i)perileno	n.c. (no TRV)	n.c. (no TRV)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (no TRV)
Criseno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Fluoranteno	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<Tier 1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	X
Naftaleno	X	X	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	X
Fenantreno	n.c. (no TRV)	n.c. (no TRV)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no TRV)
TPH	X	X	n.c. (C<LD)	X	X
Arsenico	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Bario	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)
Cromo III	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1)
Cromo VI	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<LD)	X
Cobre	n.c. (no volátil)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	X
Plomo	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	X
Mercurio	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Níquel	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no volátil)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Vanadio	n.c. (no volátil)	n.c. (no Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	X
Zinc	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)	n.a.	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
Aldrin	X	X	n.c. (C<LD)	n.a.	X
DDT	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	X
Dieldrin	X	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	X
Endrin	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	X
Alfa-HCH	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	n.c. (C<Tier 1)
Beta-HCH	n.c. (no volátil)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	X
Gama-HCH	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.a.	n.c. (C<Tier 1)
PCB (Aroclor 1260)	X	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	n.a.	X
Bis-(2-etilhexil)ftalato	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (no Tier 1)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<Tier 1)
2-Monoclorofenol	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)	n.a.	n.c. (C<LD)	n.c. (C<LD)
Pentaclorofenol	n.c. (no volátil)	n.c. (no volátil)	n.c. (C<Tier 1)	n.c. (C<LD)	X

Parámetro	Inhalación de vapores		Contacto directo con el agua subterránea en la playa	Contacto directo con el suelo en la playa	Exposición etapa construcción/remediación, contacto directo con suelo
	Suelo no saturado	Agua subterránea	Agua subterránea	Suelo no saturado	Suelo no saturado
<i>Muestras consideradas</i>	Todas	Todas	Muestras rompiente	Sólo 0-2 mbns**	Todas
2,3,4-Triclorofenol	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.a.	n.c. (no Tier 1 y C<LD)	n.c. (no Tier 1 y C<LD)

X: compuesto seleccionado para desarrollo de la Evaluación de Riesgos.

C<Tier 1: concentración menor que Tier 1.

C<LD: concentración menor que límite de detección.

no volátil: compuesto orgánico no es suficientemente volátil (US EPA, 2004a), y por tanto, no se considera en el escenario de exposición de inhalación.

n.a.: compuesto no analizado.

n.c.: compuesto no considerado para esta vía de exposición.

no TRV: en la literatura internacional no existe un valor de referencia toxicológico para la vía de exposición (contacto dermal o inhalación) de este compuesto.

no Tier 1: no existe un valor de referencia (Tier 1) para este compuesto.

* : estos compuestos no presentaron excedencias respecto del Tier 1 en estas matrices, pero igualmente se consideran como COPC por estar relacionados con las actividades industriales históricas del Sitio.

** : para la vía de exposición de contacto dermal con suelo del Área de Playa sólo se consideraron resultados de muestras recolectadas hasta 2 metros de profundidad (0-2 mbns).

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

Los compuestos identificados como no volátiles en la Tabla 1-8 no fueron considerados en la vía de evaluación de inhalación de vapores. De acuerdo con las guías internacionales¹⁸, se considera que estos compuestos no son suficientemente volátiles porque su constante de Ley de Henry es igual o menor que 1E-05 atm-m³/mol y/o porque no son suficientemente tóxicos para la exposición por la vía de inhalación, debido a que la concentración de vapor del compuesto puro no representa un riesgo incremental de cáncer mayor a 1E-06. Otros compuestos, como benceno, aldrín, dieldrín y PCB, considerados lo suficientemente volátiles y tóxicos para potencialmente constituir un riesgo inaceptable por inhalación de vapores, han sido incluidos en la HHRA.

1.4.2.2.3 Evaluación de la Toxicidad

La evaluación de toxicidad proporciona una estimación de cuánta exposición a un compuesto químico puede ocurrir sin que se produzcan efectos adversos para la salud, tomando como base una exposición de por vida (o parte importante de la vida; por ejemplo, niñez).

La toxicidad de los compuestos químicos ha sido clasificada ampliamente en función de su modo de acción; es decir, sustancias con umbral (no cancerígenas) versus sustancias sin umbral (cancerígenas).

El análisis de los efectos toxicológicos se evalúa de forma diferente para los compuestos cancerígenos y para los compuestos no cancerígenos. En el caso de los compuestos no cancerígenos existen niveles umbrales (dosis), sobre los cuales potencialmente se empiezan a presentar efectos adversos a la salud. En el caso de los compuestos cancerígenos no existen niveles umbrales; cualquier nivel de exposición a la sustancia diferente de cero corresponde a un incremento en la probabilidad de inducir efectos cancerígenos.

¹⁸ US EPA (United States Environmental Protection Agency), User's Guide for Evaluating Subsurface Vapor Intrusion into Buildings

Johnson P.C. y R. Ettinger. 1991. Heuristic Model for Predicting the Intrusion Rate of Contaminant Vapors into Buildings. Environmental Science and Technology, 25 N°8, 1445- 1452.

La clasificación de todos los COPC utilizados en este estudio se muestra en la Tabla 1-9. Esta clasificación está basada en una práctica desarrollada por el Sistema de Información Integrada de Riesgos (IRIS¹⁹), de la US EPA. Es importante aclarar que un mismo compuesto puede generar efectos adversos cancerígenos y efectos adversos a la salud que no necesariamente signifiquen el posterior desarrollo de cáncer. Es por esto que, para aquellos compuestos cancerígenos, también se realiza una evaluación de los efectos no cancerígenos de dichos compuestos.

Tabla 1-9: Clasificación de las sustancias según sus propiedades cancerígenas

Parámetro	Clasificación de las propiedades de los compuestos químicos cancerígenos por US EPA (IRIS)	Evaluación de efectos cancerígenos en este estudio	Evaluación de efectos No cancerígenos en este estudio
Benceno	A	Sí	Sí
Etilbenceno	D	Sí	Sí
Tolueno	D	No	Sí
Xilenos total	D	No	Sí
Benzo(a)antraceno	B2	Sí	no TRV
Benzo(k)fluoranteno	B2	Sí	no TRV
Benzo(a)pireno	B2	Sí	no TRV
Indeno(1,2,3-cd)pireno	B2	Sí	no TRV
Naftaleno	C	Sí	Sí
TPH - fracciones alifáticas aromáticas	D	No*	Sí
Cromo VI	A	Sí	Sí
Cobre	D	No	Sí
Plomo	B2	No**	Sí
Vanadio	n.c.	No	Sí
Aldrin	B2	Sí	Sí
DDT	B2	Sí	Sí
Dieldrin	B2	Sí	Sí
Endrin	D	No	Sí
Beta-HCH	C	Sí	Sí
PCB total	B2	Sí	Sí
Pentaclorofenol	B1	Sí	Sí

Notas:

IRIS-US EPA: Integrated Risk Information System – US Environmental Protection Agency

Clase A: Cancerígeno en humanos.

Clase B1: Probable cancerígeno humano - basado en evidencia limitada de carcinogenicidad en seres humanos y evidencia suficiente de carcinogenicidad en animales.

Clase B2: Probable cancerígeno humano - basado en evidencia suficiente de carcinogenicidad en animales.

Clase C: Posible cancerígeno humano.

Clase D: No clasificable sobre la carcinogenicidad para seres humanos.

Clase E: Existe evidencia de no carcinogenicidad para los seres humanos.

*: Las fracciones de hidrocarburos totales se consideran no cancerígenas para los seres humanos, aunque algunas sustancias que componen estas fracciones sí se consideran cancerígenas. De hecho, la carcinogenicidad de las sustancias se evalúa individualmente, pero frente a la ausencia de TRV para diferentes fracciones, en el presente estudio se evaluarán riesgos no cancerígenos.

** No se dispone de datos toxicológicos carcinogénicos para el plomo inorgánico. El Grupo de Evaluación de Carcinógenos de IRIS recomienda que no se utilice una estimación numérica.

n.c.: no clasificado.

no TRV: En la literatura internacional no existe un valor de referencia toxicológico para la vía de exposición (contacto dermal o inhalación) de este compuesto.

Antraceno, criseno, fluoranteno, bario, cromo III, mercurio, níquel, zinc, alfa-HCH, gama-HCH, 2-monoclorofenol, bis-(2-etilhexil)ftalato y 2,3,4-triclorofenol no se presentan en la tabla porque no son considerados compuestos de potencial preocupación (COPC) en el presente estudio.

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

¹⁹ Por sus siglas en inglés *Integrated Risk Information System*.

Para la mayoría de los compuestos existen TRV desarrollado por agencias u organismos internacionales. Para los no cancerígenos, que se asume tienen un efecto de umbral, los TRV son conocidos como dosis de referencia (RfD²⁰). Para los compuestos cancerígenos se conocen como factor de riesgo de cáncer o factor de pendiente (Slope Factor – Sf/URF²¹), que corresponde al límite superior de la probabilidad de que un individuo presente cáncer durante su vida como resultado de la exposición a una sustancia cancerígena.

Tanto las dosis de referencia (RfD) como los factores de riesgo de cáncer se determinan a través de estudios toxicológicos y epidemiológicos, los que están disponibles en bases de datos de organismos de diferentes países. Para el presente estudio se utilizaron bases de datos de los siguientes organismos:

- EEUU: IRIS – US EPA.
- EEUU: Grupo de evaluación de criterios de TPH (TPH CWG).
- Países Bajos: RIVM Instituto Nacional de Salud Pública. Únicamente para TRV de plomo.

1.4.2.2.4 Evaluación de la Exposición

La evaluación de la exposición consiste en determinar de forma cuantitativa la dosis o ingesta diaria (I) de las sustancias a las cuales los receptores estarán potencialmente expuestos. Se estima para cada compuesto de preocupación y por cada vía de exposición, en función de la concentración del compuesto, la frecuencia y duración de la exposición y las características del receptor.

1.4.2.2.5 Caracterización del Riesgo

La caracterización del riesgo es la etapa final en el proceso de una HHRA, en la que se integra la evaluación de las vías de exposición y la toxicidad.

a) Compuestos no cancerígenos

Para cada vía de exposición, se compara la estimación de dosis de exposición (dosis estimada, D) con la RfD de los compuestos no cancerígenos. La razón entre D y RfD equivale al cociente de peligro (HQ, *Hazard Quotient*), el que se calcula como se muestra en la siguiente ecuación:

$$HQ_{ij} = \frac{D_{ij}}{RfD_{ij}}$$

Donde:

HQ_{ij}: Cociente de peligro de un compuesto químico i, para la vía de exposición j (adimensional).

D_{ij}: Dosis de exposición en el área de estudio para un compuesto químico i ajustada a la absorción relativa, para la vía de exposición j (mg/kg-día).

²⁰ Por sus siglas en inglés *Reference Doses*.

²¹ Sf para las vías de exposición de ingestión y URF para las vías de exposición de inhalación.

RfD_{ij} : Dosis de referencia para un compuesto químico i , para la vía de exposición j (mg/kg-día).

Los riesgos para un mismo compuesto químico se supone que son aditivos para las múltiples vías de exposición, por lo que el riesgo total asociado a compuestos no cancerígenos se estima mediante la siguiente sumatoria:

$$HI = \sum HQ_{ij}$$

Donde:

HI: índice de peligro para un compuesto i .

HQ_{ij} : cociente de peligro para un compuesto químico i , para la vía de exposición j (adimensional).

Un HI menor que 1 indica que la exposición estimada no representa riesgo potencial a la salud. Este valor se utiliza tanto para HI para la exposición a un compuesto no cancerígeno (HI individual), como para HI total (suma de HI de todos los compuestos). No obstante, un HI mayor que 1 no necesariamente indica la ocurrencia de efectos a la salud humana. En el caso de que HI supere el valor de 1, se hace necesaria una revisión detallada de las incertezas y supuestos asociadas a la metodología de una HHRA. En este análisis, y especialmente para aquellos HI que presentan una diferencia marginal respecto de 1, es importante considerar las fuentes de incertidumbres y una revisión de los supuestos utilizados en el desarrollo de los cálculos de la evaluación de riesgo, que en su mayoría son altamente conservadores.

b) Compuestos cancerígenos

Para la evaluación de riesgo se calcularon los ILCR, que proporcionan una estimación de la probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a una sustancia cancerígena por una vía de exposición determinada. Cabe mencionar que este índice no toma en consideración otros factores que pueden aumentar el riesgo de un individuo de desarrollar cáncer, como son la predisposición genética, hábitos alimenticios, etc.

Para un compuesto cancerígeno individual, el ILCR se determina de la siguiente manera:

$$ILCR_{ij} = D_{ij} \times SF_{ij}$$

Dónde:

$ILCR_{ij}$: Incremento de probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno i , para la vía de exposición j (adimensional).

D_{ij} : Dosis diaria media a lo largo de la vida para compuesto cancerígeno i , para una vía de exposición j (mg/kg-día).

SF_{ij} : Factor de pendiente, potencia cancerígena del contaminante (mg/kg-día)⁻¹.

El ILCR total se calcula a partir de la sumatoria de los ILCR de todas las vías de exposición para cada compuesto cancerígeno:

$$ILCR_{total} = \sum ILCR_{ij}$$

Dónde:

$ILCR_{total}$ = exceso de riesgo cancerígeno total de un individuo a lo largo de la vida.

$\sum ILCR_{ij}$ = incremento de probabilidad de un individuo para desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno i , para la vía de exposición j (adimensional).

Los niveles de riesgo aceptables han sido definidos por organismos reguladores internacionales encargados de la protección de la salud. Por ejemplo, un valor de 1E-05 (un caso en cien mil, Tabla 1-10).

En la HHRA, se adoptaron los siguientes valores de ILCR, de acuerdo con los criterios internacionales Tabla 1-10):

- ILCR para un solo compuesto cancerígeno (compuesto individual): **1E-06**.
- ILCR para la suma de todas las vías de exposición y todos los COPC identificados como compuestos cancerígenos: **1E-05**.

Tabla 1-10: Criterios internacionales para nivel de riesgo incremental de cáncer (ILCR)

País	Criterios ILCR - compuesto individual	ILCR total
EEUU ⁽¹⁾	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Canadá	ILCR = 1E-06 (Ontario)	(No se usa ILCR total)
Australia	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Italia ⁽²⁾	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Hungría	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Suecia	ILCR = 1E-06 (solo para PAH individual)	ILCR = 1E-05
Alemania	ILCR = 1E-05	ILCR = 4E-05
Francia	ILCR = 1E-06	ILCR = 1E-05
Holanda	ILCR = 1E-04	No especificado

⁽¹⁾ Criterio ILCR podría variar dependiendo el Estado

⁽²⁾ Criterio seleccionado para el presente EIA.

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

1.4.3 Resultados de Cálculos del Riesgo

A continuación, se presentan los resultados de cálculo de los niveles de riesgo y los SSCL estimados para los diferentes escenarios relacionados con el futuro desarrollo inmobiliario del Sitio y sus alrededores. Para el cálculo de los niveles de riesgo y de los SSCL se utilizó el programa RISC5 (*Risk Integrated Software for Cleanups*), versión 5, desarrollado por *BP Oil International*.

Los cálculos de riesgo se realizaron hacia adelante y hacia atrás, utilizando como criterios de riesgo ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y para compuestos no cancerígenos HI = 1. Los parámetros de

entrada fueron seleccionados en base a los datos de la US EPA, con el fin de reflejar adecuadamente las condiciones conservadoras.

Para un mayor detalle sobre el desarrollo de los escenarios de exposición, los parámetros seleccionados y los cálculos de niveles de riesgo y SSCL, ver Anexo 1.2, “Evaluación de Riesgo para la Salud Humana – Terreno Las Salinas”.

1.4.3.1 Establecimiento de los Niveles de Remediación Específicos para el Sitio (SSCL)

1.4.3.1.1 SSCL para Suelo Subsuperficial – Escenario Residencial

El cálculo de los SSCL para el suelo subsuperficial se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás, con el objeto de calcular las concentraciones para los compuestos químicos en el suelo subsuperficial que protegen la salud de las personas (criterios de riesgo ILCR para compuesto individual = $1E-06$, ILCR total = $1E-05$, y HI =1). De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el suelo subsuperficial en el Sitio.

La comparación de las concentraciones máximas de los COPC detectadas en el Sitio con los SSCL, mostró que las concentraciones de benceno, etilbenceno y naftaleno exceden los SSCL calculados (Tabla 1-11), por lo que se requiere considerar acciones de remediación para el suelo subsuperficial para estos compuestos.

Tabla 1-11: SSCL para suelo subsuperficial del Sitio – escenario residencial y comparación con las concentraciones máximas detectadas dentro del Sitio

Parámetro	SSCL (mg/kg)	Concentración máxima en el Sitio (mg/kg)
Benceno	0,45	2
Etilbenceno	1,6	13
Tolueno	400	0,38
Xilenos total	50	2,3
Naftaleno	5 ⁽³⁾	49
TPH alifático C10-C12	Csat	1600 ⁽¹⁾
TPH aromático C10-C12	Csat	460 ⁽¹⁾
TPH alifático C12-C16	Csat	5100 ⁽¹⁾
TPH aromático C12-C16	Csat	1800 ⁽¹⁾
TPH GRO	Csat	2.600 ⁽²⁾
TPH DRO+ORO	Csat	23.980 ⁽²⁾
Suma TPH	Csat	24.120
Aldrin	10	1,3
Dieldrin	10	1,1
PCB (Aroclor 1260)	10	0,26

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

Celdas en amarillo indica excedencia del SSCL.

Csat: Concentración de saturación, corresponde a la concentración de un parámetro absorbible en el suelo, a partir de la cual podría formar una fase líquida.

(1) Concentración máxima detectada en base a metodología de análisis de fracciones de TPH (TPH CWG).

(2) Concentración máxima detectada en base a metodología para análisis de TPH orgánicos (TPH EPA 8015).

(3) Para el Naftaleno se adoptó como SSCL el valor del Tier 1, correspondiente a la normativa italiana, en particular los valores para uso residencial/área verde (Anexo 5 del Decreto Legislativo n. 152, *Norme in materia ambientale*).

En el caso de los TPH, los SSCL identificados como Concentración de saturación (Csat) indican que no existe riesgo para la salud humana a ninguna concentración para este parámetro. Es decir, no existe riesgo por presencia de concentraciones de TPH en el suelo a ninguna concentración, para los escenarios evaluados. Lo anterior se explica en la volatilidad de estos compuestos, ya que las fracciones de TPH existentes corresponden a sustancias químicas con muy baja o nula volatilidad.

No obstante, en base a los análisis sitio-específicos de fracciones de TPH y del tipo de suelo y para efectos de definir objetivos de remediación, se estableció de forma conservadora un SSCL de 6.000 mg/kg para TPH total en suelo no saturado como objetivo de remediación, considerando que concentraciones de TPH superiores a este valor tendrán el potencial de formación de FLNA generando una fuente de impacto en el agua subterránea. El SSCL que se calculó fue comparado con los valores de suma-TPH (definido como la suma de TPH rango GRO+DRO+ORO²²) recolectados dentro del Sitio en el Plan de Muestreo 2015-2016. Se observó que la concentración máxima detectada en el Sitio (24.120 mg/kg) es mayor que el SSCL (Anexo 1.4, “Comparación de resultados de las campañas de suelo y agua subterránea con los estándares de referencia”). En consecuencia, también para el caso de los TPH se requiere considerar acciones de remediación para el suelo subsuperficial.

1.4.3.1.2 SSCL para Agua subterránea – Escenario Residencial

Al igual que para el suelo, el cálculo de los SSCL para el agua subterránea se realizó con el proceso de HHRA hacia atrás, con el objeto de definir las concentraciones para los compuestos químicos en el agua que protegen la salud de las personas (criterios de riesgo ILCR para compuesto individual = 1E-06, ILCR total = 1E-05, y HI = 1). De este modo, los SSCL representan las metas de remediación para el agua subterránea en el Sitio.

Las concentraciones de los COPC obtenidas de la primera campaña (junio 2015-enero 2016), la segunda campaña (junio de 2016) y la tercera campaña (mayo-junio 2018), dentro de los Paños a excavar por el Proyecto, fueron comparados con los SSCL para agua subterránea. En la siguiente tabla se presenta el resumen de resultados.

²² Por sus siglas en inglés GRO *Gasoline Range Organics*, orgánicos rango gasolina; DRO: *Diesel Range Organics*, orgánicos rango diesel; ORO: *Oil Range Organics*, orgánicos rango aceites.

Tabla 1-12: SSCL para agua subterránea del Sitio – escenario residencial y comparación con las concentraciones máximas detectadas dentro del Sitio

Parámetro	Concentración máxima en el Sitio (µg/L)			SSCL (µg/L)
	Primera campaña entre junio 2015 y enero 2016	Segunda campaña en junio 2016	Tercera campaña en mayo-junio 2018	
Benceno	7,2	30	20	4.000
Etilbenceno	13	19	13	6.000
Tolueno	5,4	3,1	4	6.000
Xileno	28	7,4	10	3.000
Naftaleno	330	120	120	8000
Alifático C5-C6	<610	<300	710	600
Alifático C6-C8	<610	630	1.200	600
TPH alifático C08-C10	310	<290	<330	600
TPH alifático C10-C12	300	<290	350	600
TPH alifático C12-C16	640	2.000	2.100	1.250
TPH aromático C10-C12	370	330	950	4.000
TPH aromático C12-C16	800	750	1.400	4.000
Suma-TPH (GRO+DRO+ORO)	70.000	n/m	n/m	No aplica
Aldrin	0,51	n/m	n/m	1.000

n/m: no medido

Celdas en amarillo indica excedencia del SSCL

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

Según se observa en Tabla anterior, la comparación de los máximos valores detectados en el Sitio con los SSCL indica el cumplimiento en todos los puntos de muestreo localizados dentro del Sitio en la primera campaña de muestreo. No obstante, en el pozo PO-G18, ubicado en el Paño Sur, el límite de detección del análisis de TPH alifático C5-C6 y TPH alifático C6-C8 (LD>610 ug/L) es mayor al SSCL de 600 ug/L; por lo tanto, de forma conservadora se consideran como una excedencia.

En la segunda y tercera campaña complementaria se presentaron algunas excedencias, tal como se indica a continuación:

- En el año 2016:
 - En el pozo de monitoreo PO-B20 ubicado en el Paño Sur se detectó una concentración de 630 ug/L de TPH alifáticos C6-C8 excediendo el SSCL establecido en 600 ug/L.
 - Se excedió el SSCL TPH alifáticos C12-C16 establecido en 1.250 u/L en tres pozos ubicados en el Paño Sur: MA5 con 1600 ug/L PO-D18A con 2000 ug/L y PO-D18B con 1800 ug/L.
 - En el Año 2016 no se detectaron excedencias en el Paño Norte.
- En el año 2018:
 - Excedencia del SSCL de TPH alifáticos C5-C6 en un pozo ubicado en el paño Sur PO-C16 con 710 ug/L.

- Excedencia de TPH alifáticos C6-C8 en un pozo ubicado en el paño Sur PO-C16 con 1.200 ug/L.
- Excedencia de TPH alifáticos C12-C16 en cinco pozos de monitoreo del Paño Sur: MA5 con 2100 ug/L PO-D18A con 2100 ug/L, PO-B20 con 1800 ug/L, PO-C20 con 1300 ug/L y AP6 con 1500 ug/L.
- Excedencia de TPH alifáticos C12-C16 en dos pozos de monitoreo del Paño Norte: PCM-38 con 2100 ug/L y AP-4 con 1600 ug/L.

En consecuencia, se requiere implementar acciones de remediación del agua subterránea tanto en el Paño Norte como en el Paño Sur. Las acciones de remediación se realizarán por medio de la metodología de biorremediación mejorada (Ver Sección 1.4.6.3 y Sección 1.7.1.5), la que se aplicará en el fondo de todas las excavaciones que lleguen hasta el nivel del agua subterránea.

1.4.3.2 Cálculo de los Niveles de Riesgo

El riesgo para diferentes escenarios se calculó usando la metodología de la HHRA hacia adelante y los resultados fueron comparados con los niveles de riesgo aceptable establecidos para el Sitio.

1.4.3.2.1 Escenario de uso Comercial y de Equipamiento Actual Alrededores del Sitio

- Área de Playa y estación de servicio Petrobras

En este escenario se evalúa el riesgo potencial para los trabajadores de establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en los alrededores del Sitio (Área de Playa y estación de servicios PETROBRAS), mediante el desarrollo de la HHRA hacia adelante. El riesgo calculado está asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea, en base a las muestras de gas de suelo recolectadas en la proximidad de la losa de los establecimientos comerciales y de equipamiento.

La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados (Tabla 1-13), muestra que el riesgo para la salud de los trabajadores de los establecimientos comerciales y de equipamientos existentes es insignificante. Las concentraciones de gas de suelo medidas en la proximidad de los establecimientos indican que los niveles de riesgo resultantes son al menos 1 orden de magnitud menor que los criterios de riesgo adoptados, y por tanto, las concentraciones de gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

Tabla 1-13: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de trabajador comercial/equipamiento actual en los alrededores del Sitio

Niveles de riesgo	Riesgo calculado Trabajador comercio/equipamiento	Criterio de riesgo adoptado (Nivel de riesgo aceptable)
HI TOTAL	1,8E-02	1,0
ILCR TOTAL	2,0E-07	1,0E-5

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

▪ Estación de servicio Copec

Durante las investigaciones ambientales se recolectaron muestras en el terreno de la estación de servicio, y en la HHRA se realizó un cálculo de riesgo potencial específico para los trabajadores actuales de los establecimientos comerciales y de equipamiento ubicados en la misma. El escenario es idéntico al escenario comercial/equipamiento de la sección precedente, con el riesgo potencial asociado a la inhalación de vapores en espacios interiores provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. El riesgo para la salud humana se evalúa solo para el escenario de espacios interiores, ya que se considera el más crítico; por lo tanto; también es protector del trabajador de espacios exteriores (trabajo al aire libre). Para el cálculo de riesgo se utilizaron las muestras de gas de suelo recolectadas cerca de las losas de los establecimientos existentes en la estación de servicio.

La comparación de ILCR y HI calculados con los criterios de riesgo adoptados (Tabla 1-14), muestra que los valores calculados para el escenario de exposición actual, para la estación de servicio, cumple con los criterios adoptados, y el riesgo para salud de estos receptores es insignificante. Las concentraciones de gas de suelo medidas en la proximidad de los establecimientos indican que los niveles de riesgo resultantes son al menos 2 órdenes de magnitud menor que los criterios de riesgo adoptados, y por tanto, las concentraciones de gas de suelo son compatibles con este escenario de exposición.

Tabla 1-14: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso comercial y equipamiento actual en la estación de servicio Copec

Niveles de riesgo	Riesgo calculado Trabajador comercio/equipamiento	Criterio de riesgo adoptado (Nivel de riesgo aceptable)
HI TOTAL	6,7E-03	1,0
ILCR TOTAL	8,1E-08	1,0E-5

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

1.4.3.2.2 Escenario de Uso Recreacional Área de Playa

En este escenario se evalúa el riesgo potencial para las personas que hacen uso para fines recreacionales del Área de Playa frente al Sitio, mediante el cálculo del riesgo hacia adelante. El riesgo calculado está asociado al contacto dermal con el suelo y el agua subterránea, y con la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea.

Los cálculos de riesgo indicaron que, para el usuario recreacional, tanto para niños como para adultos, los niveles de riesgo total calculados para todos los compuestos y para todas las vías de exposición están por debajo de los criterios de riesgo adoptados. Es decir, para el escenario de exposición recreacional en el Área de Playa la existencia de riesgo para la salud es insignificante (Tabla 1-15).

Tabla 1-15: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de uso recreacional en el Área de Playa - todas las vías de exposición

Vía de exposición	ILCR	HI	ILCR	HI
	Niño		Adulto	
Inhalación en espacios abiertos	1,9E-08	7,8E-03	2,6E-08	2,2E-03
Contacto dermal con suelo	-	1,4E-01	-	5,2E-02
Contacto dermal con agua subterránea	2,6E-07	-	5,9E-07	-
Total	2,8E-07	1,5E-1	6,1E-07	5,4E-02
Criterio de riesgo adoptado (Nivel de riesgo aceptable)	1,0E-5	1	1,0E-5	1

- : no determinado porque no es un compuesto cancerígeno.

Fuente: Elaboración propia en base a Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

1.4.3.2.3 Trabajador de la Construcción en el Sitio

Este escenario de exposición comprende las actividades de excavación durante la ejecución y supervisión de los procesos de biorremediación. El riesgo a la salud humana se evaluó para el trabajador que realiza trabajos de remediación; no obstante, también aplica al trabajador de la construcción de obras futuras, ya que en este último caso realizará trabajos en el Sitio remediado y estará expuesto a concentraciones menores. Para desarrollar el cálculo del riesgo, se usaron las máximas concentraciones medidas en el subsuelo y en el gas de suelo y una duración de la exposición de 10 años, siendo un supuesto altamente conservador, ya que se proyecta que las obras de biorremediación tendrán una duración aproximada de cuatro años.

▪ Trabajador de la Construcción en el Sitio en Labores de Obras

En este escenario se calcula el riesgo para la salud asociado al escenario del trabajador de la construcción que participa de las obras del proyecto de biorremediación. Tomando en consideración la normativa chilena aplicable para el trabajo con sustancias peligrosas, el trabajador debe usar un overol de faena con mangas largas, con lo que la piel expuesta al contacto dermal corresponde al rostro y las manos. El supuesto de contacto dermal con el rostro y las manos es un supuesto conservador, ya que se debe considerar el uso de elementos de protección personal ("EPP") adicionales como guantes y mascarilla dependiendo del área de trabajo.

El riesgo calculado está asociado al contacto dermal e ingestión de suelo y la inhalación de vapores en espacios abiertos, provenientes de compuestos volátiles en el suelo y en el agua subterránea. En la Tabla 1-16 se presenta el resumen de los resultados.

Tabla 1-16: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de trabajador de la construcción en el Sitio, labores de obra

Vía de exposición	HI	ILCR
Ingestión de suelo	3,3E-01	2,6E-06
Contacto dermal con suelo	5,5E-01	5,0E-06
Inhalación de vapores en espacios abiertos	9,8E-02	5,1E-07
Total	9,8E-01	8,1E-06
Criterio de riesgo adoptado (Nivel de riesgo aceptable)	1,0	1,0E-5

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

Tal como se observa en la tabla anterior, el riesgo total para compuestos calculado para todos los compuestos y para todas las vías de exposición están por debajo de los criterios de riesgo adoptados (HI=1, ILCR 1,0E-5).

El criterio de ILCR para compuesto individual (1E-06) es levemente excedido por dieldrin y cromo VI (Ver Tabla 36 en Sección 4.8.1 del Anexo 1.2). No obstante, estos COPC presentaron excedencias en menos del 3% del total de muestras con respecto al valor de referencia de Tier 1 (9 muestras con excedencias respecto a un total de 568 muestras analizadas) y están en ubicaciones acotadas del Sitio, las que pueden observarse en la Anexo 1.2 (Figura 5 del Apéndice A). Esta excedencia de los criterios de riesgos está calculada asumiendo un escenario de exposición altamente conservador que considera que el mismo trabajador está en contacto con los suelos impactados por un tiempo de 10 años durante la jornada de trabajo legal (9 horas cada día), a pesar de que se espera que los trabajos del proyecto de remediación tengan una duración aproximada de cuatro años. Además, considerando que este riesgo está dado por el contacto directo y la ingestión de los suelos, el riesgo puede ser suprimiendo la vía de exposición con el uso de EPP apropiados, específicamente, el uso de guantes y overol para reducir el contacto dermal con el suelo y el uso de máscaras y guantes para prevenir la ingestión accidental de suelo.

El contacto dermal con el agua subterránea durante los trabajos de remediación/construcción no fue considerada una vía de exposición potencial para el Sitio, toda vez que los trabajadores no excavarán manualmente hasta la franja capilar, y por tanto, no entrarán en contacto con el agua subterránea.

▪ **Trabajador de la construcción en el Sitio en labores de supervisión**

Se consideró adicionalmente el escenario de exposición del supervisor de las faenas de biorremediación/construcción. Se supone que este trabajador está expuesto únicamente a los vapores provenientes del suelo y el agua subterránea a través de la inhalación de vapores en espacio interiores (oficina). Los espacios interiores pueden ser instalaciones prefabricadas, y se asume que será construida en una losa sobre la superficie del suelo, sin nivel subterráneo. Para este escenario, se consideraron las máximas concentraciones de gas de suelo medidas en el Sitio.

Los niveles de riesgo calculados para la inhalación de vapores en espacios interiores son menores que los criterios de riesgo adoptados en la HHRA (HI total =1 y ILCR total = 1E-05). Por lo tanto, el riesgo para la salud de estos

receptores es insignificante y que las concentraciones medidas son compatibles con este escenario de exposición. En la Tabla 1-17 se presenta un resumen de los resultados.

Tabla 1-17: Niveles de riesgo ILCR y HI calculados para el escenario de supervisor de trabajos de remediación/supervisión

Vía de exposición	HI Total	ILCR Total
Inhalación de vapores en espacios interiores	5,9E-02	8,5E-07
Criterio de riesgo adoptado (Nivel de riesgo aceptable)	1,0	1,0E-5

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

1.4.4 Resumen de la Evaluación y Requerimientos de Biorremediación

A continuación, se presenta una síntesis de las áreas que deben ser remediadas, sobre la base de los resultados de las extensas investigaciones del Plan de Muestreo 2015-2016 y su evaluación en base a la HHRA.

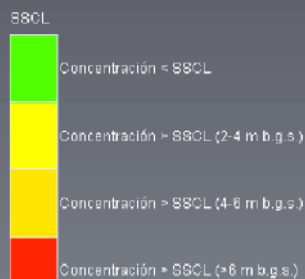
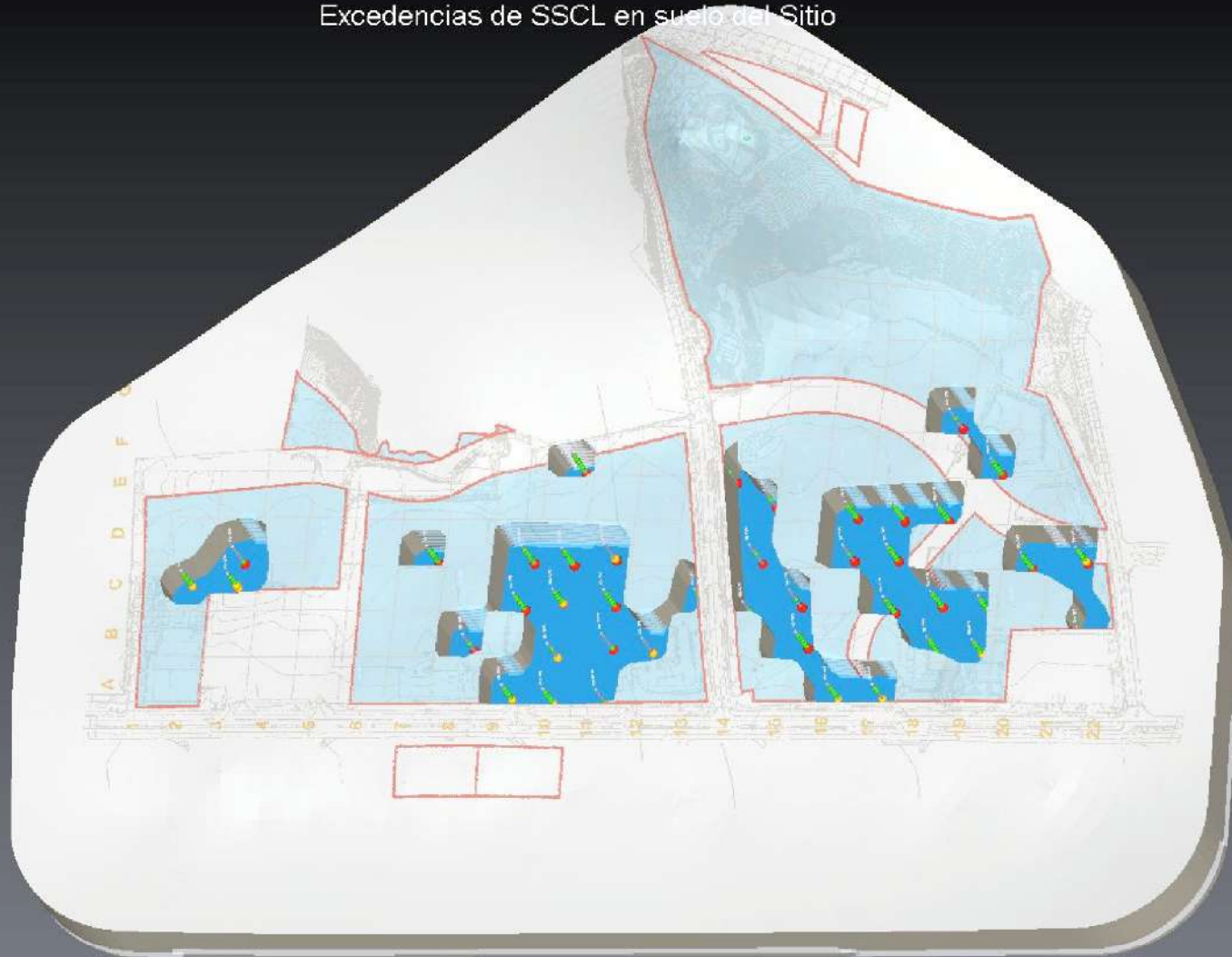
- **Suelos dentro el Sitio:** Tal como se detalla en la Sección 1.4.3.1.1.1, se presenta riesgo potencial para la salud de las personas que podrían vivir en edificios construidos en el Sitio, como parte de una futura activación de los usos de suelo permitidos por el PRC de Viña del Mar, por presencia en el subsuelo de concentraciones de benceno, etilbenceno y naftaleno, sobre todo en la franja capilar (> 6 mbns). Igualmente, existe superación del valor de Csat calculado para TPH (6.000 mg/kg). Las excedencias se localizan en el Paño Norte y en el Paño Sur. Las zonas que presentan excedencias de los SSCL en el suelo subsuperficial son las que delimitan las áreas donde es necesario desarrollar acciones de remediación. Estas zonas se presentan en la Figura 1-11 del presente Capítulo.
- **Agua subterránea – Fase disuelta:** Tal como se detalla en la Sección 1.4.3.1.2, se detectaron en el paño Norte y en el Paño Sur algunos pozos donde se exceden las concentraciones establecidas para el SSCL para agua subterránea de TPH (7 pozos fracción alifáticos C12-C16, un pozo alifáticos C6-C8 y un pozo alifáticos C5-C6). Estas concentraciones fueron detectadas durante las campañas de muestreo complementario de agua subterránea dentro del Sitio, llevadas a cabo en junio de 2016 y en mayo-junio de 2018. Los pozos donde se detectaron las excedencias mencionadas se indican en la Figura 1-12. Otros compuestos, BETX, aldrín, dieldrín y PCB no presentaron concentraciones que representen riesgo para la salud de las personas.
- **Agua Subterránea – FLNA:** En las campañas de muestreo de agua subterránea se detectó presencia de FLNA en tres pozos de monitoreo ubicados en el Paño Norte, con espesores máximos de 8,8 cm en el pozo PO-C03, <0,1 (película iridiscente) en el pozo PO-D03 y 16,5 cm en el pozo PO-F11. El registro de los niveles de FLNA medidos en diferentes campañas se presenta en la Sección 3.9.6.2 del Capítulo 3 “Línea de Base”, correspondientes al componente “Calidad del agua subterránea”.

Los pozos donde se detectó presencia de FLNA se presentan en la Figura 1-12.



PROYECTO DE REMEDIACIÓN TERRENO LAS SALINAS

Excedencias de SSCL en suelo del Sitio



SIMBOLOGÍA

SSCL : niveles de limpieza específicos del sitio.

m.b.g.s.: metros bajo el nivel del suelo

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO "SANEAMIENTO DEL
TERRENO LAS SALINAS"**

**ZONAS DE REQUERIMIENTO DE
REMEDIACIÓN POR EXCEDENCIA DE LOS
SSCL EN SUELO SUPERFICIAL**



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-11



SIMBOLOGÍA

- Grilla (33 x 33 m)
- Área de proyecto (Paño)

- Compuesto de interés (TPH Alifático)
- < SSCL
 - Excedencia SSCL TPH Alifático C5-C6
 - Excedencia SSCL TPH Alifático C6-C8
 - Excedencia SSCL TPH Alifático C12-C16
 - Presencia de FLNA






GOLDER

LAS SALINAS
PROYECTO LAJIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

ZONAS CON REQUERIMIENTO DE REMEDIACIÓN POR PRESENCIA DE FLNA Y FASE DISUELTA EN AGUA SUBTERRÁNEA

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	C.A.	NOV 18	ESCALA:	REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-12	

1.4.5 Evaluación de Tecnologías de Remediación

En base al análisis de la caracterización del Sitio y los objetivos planteados se realizó una evaluación de alternativas de remediación, que se inició con una revisión de las tecnologías disponibles en base al conocimiento teórico-práctico de diversos consultores con experiencia a nivel nacional e internacional y a través de la revisión de datos de experiencias en otros países. Considerando las características de los compuestos y condiciones a remediar se identificó una lista con las alternativas de tecnologías de las cuales se seleccionaron, en una primera etapa, aquellas que se consideraron apropiadas bajo las condiciones y limitaciones del Sitio.

Las siguientes tecnologías para la remediación del suelo fueron seleccionadas para la evaluación preliminar:

- Tecnologías *ex-situ*:
 - Excavación y disposición.
 - Excavación y remediación en biopila.
 - Excavación y lavado del suelo (*soil washing*).
- Tecnologías *in-situ*:
 - Oxidación química *in-situ* (in-situ chemical oxidation, ISCO).
 - Bioventilación (BV).
 - Desorción térmica *in-situ*.
 - Lavado del suelo *in-situ* (soil flushing).
 - Biorremediación *in-situ*
 - Fitorremediación.
 - Atenuación natural monitoreada (monitored natural attenuation, MNA).

En la Figura 1-18 se presenta un resumen de la descripción de las tecnologías de remediación señaladas previamente para el suelo. Se incluye un análisis comparativo de estas tecnologías en base a sus ventajas y desventajas y a los potenciales plazos.

Tabla 1-18: Análisis comparativo de las tecnologías de remediación de suelos

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Tiempo de remediación	Estado/Aplicabilidad
Excavación y disposición	El suelo impactado es removido vía excavación, para disposición en un relleno fuera del sitio.	- Efectividad con respecto a la remoción de la fuente de impacto. - Tratamiento rápido.	- Alta generación de material a disponer. - Requerimiento de material de relleno. - Costo alto	Corto	Aplicable – no seleccionada.
Excavación y biorremediación en biopila	El suelo impactado es removido vía excavación y tratado en biopilas –pilas de suelo conformadas en la superficie para apoyar la biodegradación eficiente de los contaminantes mediante microorganismos .	- Proceso dominado por la actividad microbiana en los suelos - Biorremediación tiene la capacidad de minimizar procesos abióticos (volatilización o migración de compuestos) - Efectividad con respecto a la remoción de la fuente de impacto. - Generación mínima de residuos. - Re-uso en el sitio de suelos tratados. - Bajo consumo de energía. - Tecnología probada en diversos proyectos de biorremediación a nivel internacional. - Los equipos requeridos para su funcionamiento están disponibles en Chile.	- Dificultad de biodegradación de hidrocarburos más recalcitrantes, requiriendo la incorporación de factores adicionales para aumentar su eficiencia (adición de bacterias con capacidades degradativas, adición de nutrientes). - Se requiere amplia disponibilidad de espacio para el montaje.	Medio	Aplicable – seleccionada.
Excavación y lavado del suelo (soil washing)	El suelo impactado es removido vía excavación y tratado en el sitio usando agua y productos químicos para eliminar los contaminantes del suelo.	- Efectividad con respecto a la remoción de la fuente de impacto. - Tratamiento rápido. - Re-uso en el sitio de suelos tratados.	- Alto consumo de energía. - Elevado consumo de agua. - Generación de residuos (lodos resultantes del lavado del suelo). - Costo alto.	Corto	Aplicable – no seleccionada por dificultad del manejo de los residuos (lodos y agua impactada). No disponibilidad de equipos en Chile.
Oxidación química <i>in situ</i> (ISCO)	Inyección de oxidantes en el subsuelo, que generan reacciones de reducción/oxidación convirtiendo los contaminantes peligrosos en no peligrosos o en compuestos menos tóxicos.	- Bajo costo de instalación y funcionamiento. - No se generan residuos. - Tratamiento rápido. - Equipos para su operación pueden conseguirse en Chile.	- Difícil alcanzar eficiencia en el suministro y distribución de oxidantes en los suelos impactados no saturados. - Se requiere importar los reactivos requeridos. - Aspectos de seguridad por manejo de sustancias químicas.	Corto mediano y	Aplicable - No seleccionada por baja eficiencia en el suelo no saturado.

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Tiempo de remediación	Estado/Aplicabilidad
Bioventilación (BV)	Consiste en la inyección de aire en el subsuelo para mejorar la biodegradación de los contaminantes, proporcionando condiciones aeróbicas.	- No hay generación de residuos. - Biorremediación. - Tecnología bien establecida. - Operación sencilla.	- Dificultad de biodegradación de hidrocarburos pesados, tomando tiempos más largos. - Plazos de remediación largos. - Puede requerir muchos pozos de ventilación.	Largo	Aplicable – no seleccionada por los plazos de remediación muy largos.
Desorción térmica <i>in situ</i>	Adición de calor al suelo para aumentar la desorción de los contaminantes y remoción eficiente de contaminantes volátiles y semivolátiles. Los vapores, fase disuelta y FLNA son recuperados vía extracción de vapores y recuperación hidráulica.	Tratamiento rápido.	- Alto consumo de energía. - Se requiere control hidráulico y/o de los vapores. - Es necesario el tratamiento del agua subterránea/vapores. - Se requieren pruebas piloto. - Costo alto.	Medio	Aplicable, no seleccionada por altos costos y alto consumo de energía. No disponibilidad de equipos en Chile.
Lavado del suelo <i>in situ</i> (Soil flushing)	El <i>soil flushing</i> implica inundar la superficie del suelo con una solución apropiada para remover los contaminantes del suelo. La solución contaminada se recupera a través de recuperación hidráulica.	Eficiente en suelos homogéneos y permeables.	- Impactos en la calidad del agua subterránea. - Se requiere control hidráulico. - Se recomiendan pruebas de laboratorio. - Generación de residuos secundarios (agua subterránea recuperada que debe ser tratada o dispuesta en sitio autorizado). - Puede requerir muchos pozos de lavado.	Medio	- Aplicable - No seleccionada. - Problema de seguridad debido a la playa adyacente.
Biorremediación	Eliminación de los contaminantes del suelo superficial y subsuperficial mediante el uso de microorganismos. Los contaminantes son transformados en productos inocuos	- Bajos costos de instalación y operación. - Biorremediación.	- Rendimiento depende del clima. - Tiempos de remediación variables. - El acceso al área debe ser controlada.	Largo	No aplicable por los largos tiempos requeridos.
Fitorremediación	Eliminación de los contaminantes del suelo superficial y subsuperficial mediante el uso de plantas. Los contaminantes son transformados en productos inocuos o acumulados en la biomasa vegetal.	- Bajos costos de instalación y operación. - Biorremediación.	- Eliminación de residuos secundarios (biomasa vegetal que contiene hidrocarburos). - Rendimiento depende del clima. - Tiempos de remediación extensos. - No es eficaz para las zonas profundas de impacto. - El acceso al área de fitorremediación debe ser controlada.	Largo	No aplicable por los largos tiempos requeridos.
Atenuación natural monitoreada (MNA)	La reducción de la concentración de contaminantes se debe únicamente a mecanismos naturales: dilución, dispersión, degradación química y biológica, etc.	No se generan residuos.	- No implica remediación de suelos. - Manejo residual de largo plazo. - Difícil aceptación por parte de las autoridades públicas.	Muy largo	No aplicable por los largos plazos requeridos.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al agua subterránea, las siguientes tecnologías fueron seleccionadas para la evaluación preliminar:

- Oxidación química *in situ* (ISCO).
- Biorremediación mejorada.
- Biosparging (BS).
- Extracción de aguas subterráneas.
- *Soil mixing* y oxidación química *in situ* (SMCO).
- Atenuación natural monitoreada (MNA).

En la Figura 1-19 se presenta un análisis comparativo de estas tecnologías en base a sus ventajas y desventajas y a los potenciales plazos.

Tabla 1-19: Análisis comparativo de las tecnologías de remediación del agua subterránea

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Tiempo de remediación	Estado/ Aplicabilidad
Oxidación química <i>in situ</i> (ISCO)	La inyección de oxidantes en el subsuelo genera reacciones de reducción/oxidación, convirtiendo los contaminantes peligrosos en no peligrosos o en compuestos menos tóxicos.	- Bajo costo de instalación y operación. - No se generan residuos. - Tratamiento rápido. - Equipos para su operación pueden conseguirse en Chile.	- Aspectos de seguridad por manejo de sustancias químicas. - Impactos en la calidad del agua subterránea por generación de subproductos. - Posibles rebotes - múltiples inyecciones requeridas. - Se requieren muchos puntos de inyección. - Se requiere importar los reactivos requeridos.	Corto a mediano	Aplicable –no seleccionada.
Biorremediación mejorada	La destrucción de los contaminantes por mecanismos biológicos se favorece con la inyección de mejoradores para optimizar las condiciones ambientales de los microorganismos. Los mejoradores incluyen compuestos oxigenados, sulfato, carbono orgánico, nitratos, etc.	- Biorremediación. - No se generan residuos. - Bajos costos de instalación y operación.	- Los hidrocarburos pesados difíciles de biodegradar, toman más tiempo. - Se requieren muchos puntos de inyección. - Se necesitan pruebas piloto.	Medio a largo	Aplicable – seleccionada.
Biosparging (BS)	Consiste en inyectar aire en el subsuelo para mejorar la biodegradación de contaminantes, proporcionando condiciones aeróbicas.	- Biorremediación. - Tecnología probada. - Bajos costos de funcionamiento. - No se generan residuos.	- Los hidrocarburos pesados difíciles de biodegradar toman más tiempo. - Se requieren muchos puntos de inyección de aire.	Medio o largo	Aplicable – No seleccionada por el tipo de producto a remediar (FLNA).
Extracción de aguas subterráneas	La extracción de agua subterránea consiste en la remoción continua del agua subterránea a través de una serie de pozos equipados con bombas. La extracción de agua subterránea previene la migración de la pluma de impacto aguas abajo del Sitio, y reduce la fuente de impacto en el agua subterránea.	- Previene la migración de contaminantes hacia aguas abajo. - Tecnología probada.	- Tratamiento del agua extraída. - Remediación de largo plazo. - Se debe bombear grandes volúmenes de agua. - Costos de operación altos.	Largo	Aplicable – No seleccionada No es factible por restricción del acuífero.
Soil mixing con oxidación química <i>in situ</i> (SMCO)	Utiliza la mezcla mecánica de suelos saturados con oxidantes químicos.	- No se generan residuos. - Tratamiento rápido. - Aplicación eficiente de los oxidantes.	- Requiere maquinaria pesada cuyo acceso al Sitio puede ser difícil. - Se necesitan pruebas piloto. - Debe ser incorporada a la excavación de suelos no saturados. - Costo alto.	Corto	Aplicable – No seleccionada por su dificultad de aplicación.
Atenuación natural monitoreada (MNA)	La reducción de la concentración de contaminantes se debe únicamente a mecanismos naturales: dilución, dispersión, degradación química y biológica, etc.	No se generan residuos.	- No implica la remediación de agua subterránea. - Manejo residual de largo plazo. - Difícil aceptación por parte de las autoridades públicas.	Muy largo	No aplicable por los largos tiempos requeridos.

Fuente: Elaboración propia

1.4.6 Tecnologías Seleccionadas en Base a la Biorremediación

Diversas tecnologías basadas en biorremediación han sido seleccionadas para el saneamiento del suelo y el agua subterránea del Sitio. La biorremediación, tal como lo describe la guía de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (*A Citizen's Guide to Bioremediation, USEPA, 2012*) consiste en el uso de microorganismos para limpiar el agua subterránea y el suelo contaminados. Los microorganismos son organismos microscópicos, que incluyen bacterias, arqueas, hongos y protozoos, muchos de los cuales viven naturalmente en los suelos. La biorremediación estimula el crecimiento de microorganismos capaces de utilizar los contaminantes como fuentes de alimento y energía. Algunos contaminantes que comúnmente son sometidos a procesos de biorremediación son el petróleo y algunos derivados, como solventes y plaguicidas.

La biorremediación de sitios contaminados con hidrocarburos se basa en el concepto de que la microbiota (la cantidad de microorganismos totales) asociada al suelo posea una actividad microbiana capaz de degradar los contaminantes a tasas razonables que permitan un proceso de saneamiento. Para que la biorremediación sea sostenida en el tiempo, se requieren de condiciones ambientales apropiadas durante el proceso, tales como pH, humedad, disponibilidad de oxígeno u otro aceptor de electrones, en el caso de microorganismos aerobios o anaerobios, respectivamente, disponer de un balance mínimo de nutrientes (N,P,K, y otros iones), temperatura, entre otros.

La biorremediación depende de la disponibilidad de microorganismos, principalmente bacterias, con capacidades degradativas, ya sea endógenas o introducidas (bioaugmentación) en el suelo y del agua subterránea. En algunos casos, ante la insuficiente densidad de bacterias nativas, se pueden agregar, por ejemplo, bacterias degradadoras de hidrocarburos, para hacer más eficiente el tratamiento. Estas bacterias introducidas corresponden a bacterias nativas ambientales no patógenas que no deben representar un riesgo para la salud de las personas ejecutando el proyecto o la comunidad adyacente (cepas no patogénicas), como tampoco un riesgo para el equilibrio ecológico de Sitio. Estas bacterias introducidas deben ser preferentemente de la Región donde se realiza la biorremediación, como lo indica la normativa de Italia. La bioaugmentación es una tecnología ampliamente utilizada en los países OCDE como Alemania, Italia, Francia, Holanda, Bélgica, Estados Unidos y Canadá.

Complementariamente, la biorremediación puede estimularse agregando sustancias inocuas que estimulan la actividad microbiana. Por ejemplo, algunos nutrientes (e.g., fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio) se agregan para estimular la microbiota nativa. La mayoría de estos compuestos son del mismo tipo que los utilizados en la agricultura, en césped y jardines (por ejemplo, elementos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio) y se agregan solamente en la cantidad necesaria para promover la actividad degradativa de los microorganismos en la biorremediación.

La biorremediación presenta la ventaja de emplear procesos naturales para el saneamiento de sitios contaminados. Otra ventaja es que el suelo y el agua subterránea contaminados se tratan en el lugar sin necesidad de trasladar suelo hacia otro sitio ni tampoco bombear agua subterránea del acuífero. Los subproductos o desechos generados durante estos procesos son mínimos o inexistentes.

Según la guía de remediación de la USEPA, (*A Citizen's Guide to Bioremediation, USEPA, 2012*), gracias a la biorremediación se han saneado muchos terrenos contaminados en los Estados Unidos, siendo una tecnología eficiente de uso cotidiano que ha sido seleccionada en más de 100 sitios *Superfund*²³.

²³ El programa *Superfund* de la USEPA es responsable de realizar el saneamiento de algunos de los sitios más contaminados de Los Estados Unidos y responder a emergencias ambientales, derrames de petróleo y desastres naturales.

En el Anexo 1.5 se presenta una descripción ampliada de las tecnologías de biorremediación, con resultados de ensayos y estudios de casos exitosos a nivel internacional realizados en áreas urbanas.

1.4.6.1 Densidad Microbiana en Sitio Las Salinas

Para el caso específico del terreno Las Salinas, el Centro de Biotecnología de la Universidad Técnica Federico Santa María realizó análisis microbiológicos en 57 muestras de suelo y una muestra de agua subterránea, obtenidas del Sitio durante la ejecución del Plan de Muestreo 2015-2016, para verificar la presencia de Heterótrofos Cultivables Totales (HCT) y Degradadores de Hidrocarburos (DH). El detalle de los resultados de los análisis de todas las muestras se presenta en el Anexo 1.6 "Análisis de conteo de HCT y DH". La mayoría de las muestras de suelo fueron tomadas a profundidades entre 6,0 m y 7,0 m. Para los suelos, los resultados indicaron presencia de HCT en 52 de las 57 muestras (91%) y presencia de DH en 48 de las 57 muestras (84%). En la Tabla 1-20 se resumen estos resultados.

Tabla 1-20: Resultados conteo de bacterias en el terreno Las Salinas

Matriz	Unidad	Número de muestras	HCT			DH		
			Presencia	Máximo	Mínimo	Presencia	Máximo	Mínimo
Suelo	UFC/g suelo seco	57	91%	$1,43 \times 10^7$	$1,87 \times 10^3$	84%	$1,45 \times 10^7$	$1,04 \times 10^4$
Agua subterránea	UFC/ml agua	1	NC	$2,23 \times 10^5$	$2,23 \times 10^5$	NC	$2,63 \times 10^5$	$2,63 \times 10^5$

NC: No calculado por contar con un solo dato.

Fuente: Elaboración propia en base a informes de laboratorio del Centro de Biotecnología de la UTFSM.

Tal como se observa, en la tabla anterior, en las muestras de suelo en donde se detectó presencia de heterótrofos totales (91% de las muestras) se registraron rangos de entre 10^3 – 10^7 UFC/g suelo seco y en las muestras en donde se detectó presencia de DH (84% de las muestras) se registraron rangos entre 10^4 – 10^7 UFC/g suelo seco. La muestra de agua subterránea indicó presencia de degradadores de hidrocarburos en el rango de 10^5 UFC/ml de agua. En algunas muestras los heterótrofos totales y los degradadores de hidrocarburos estaban en niveles insuficientes, por lo que en estos suelos se requiere aumentar significativamente los niveles de microorganismos degradadores de hidrocarburos. Por lo anterior, se puede concluir que las condiciones del terreno Las Salinas son aptas para la implementación de tecnologías para la remediación del suelo y agua subterránea basadas en la biorremediación.

De acuerdo con lo anterior, se seleccionaron las tecnologías de biorremediación para el suelo y el agua subterránea que se describen en las siguientes secciones.

1.4.6.2 Suelo

1.4.6.2.1 Descripción de la Tecnología y Justificación

La tecnología seleccionada para la remediación del suelo fue la excavación y tratamiento en biopilas del suelo que excede los SSCL establecidos para el Sitio.

La tecnología de biorremediación en biopila implica la formación de pilas de suelo con presencia de hidrocarburos y la estimulación de la actividad microbiana aeróbica de los suelos capaz de degradar los constituyentes a base de petróleo adsorbidos a las partículas del suelo, reduciendo así las concentraciones de

estos compuestos. La biorremediación se llevará a cabo a través de la adición de compost (que mejora la retención de humedad y provee de nutrientes y microorganismos ambientales), adición de agua y aire, y el monitoreo permanente de aquellos factores ambientales que garanticen tasas de degradación eficientes. Adicionalmente, para aquellas partidas de suelo cuyas tasas de degradación no permitan asegurar la efectividad del proceso, se propone la adición de microorganismos ambientales con capacidades degradativas (bioaumentación).

Esta tecnología fue seleccionada en base a los siguientes aspectos:

- La textura del suelo existente en el Sitio (arenas homogéneas) es adecuada para el tratamiento en biopilas, ya que es posible de airear y de distribuir la humedad y nutrientes.
- El producto químico de preocupación (DRO, hidrocarburos de rango medio) es biodegradable por microorganismos.
- Las concentraciones máximas registradas en el Sitio están dentro del rango de tratamiento eficiente de la tecnología.
- Las condiciones climáticas predominantes en el área en donde se encuentra el Sitio son propicias para la actividad microbiana en el suelo. Se ha demostrado que ésta puede disminuir significativamente a temperaturas menores que 10 °C. No obstante, la temperatura promedio en el Sitio no es menor que 10 °C, a lo largo de todo el año.
- Es un tratamiento que se realiza dentro del Sitio (*On-Site*), sin necesidad de transportar los suelos hacia un sitio de disposición final.
- Se considera que la tecnología de biorremediación mediante biopila es apropiada para el Sitio dadas las características de los impactos identificados, que corresponden a hidrocarburos de petróleo que pueden ser biotratables y a la presencia de bacterias DH en diversos suelos del Sitio, según los análisis microbiológicos realizados. Sin embargo, algunos suelos podrían requerir la adición de microorganismos nativos.

Esta tecnología ha sido probada ampliamente a nivel internacional desde hace algunas décadas, demostrando buenos resultados en la reducción de casi todos los derivados de hidrocarburos, incluidos compuestos orgánicos volátiles (VOC), compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) e hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH) y es parte de la lista de tecnologías recomendadas por la Mesa de Trabajo de Tecnologías de Remediación de Los Estados Unidos (FRTR por sus siglas en inglés de *Federal Remediation Technologies Roundtable*). La FRTR es un grupo de colaboración de los Estados Unidos conformado por agencias federales involucradas en el saneamiento de sitios contaminados, siendo uno de sus principales miembros la USEPA. En Chile se cuenta con la experiencia exitosa del proyecto “Rehabilitación de Terreno Ex Planta ESSO Puerto Montt”, calificado favorablemente mediante la Resolución Exenta N° 362/2007 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Los Lagos, en el cual se usó esta tecnología obteniendo resultados altamente satisfactorios.

La biorremediación en biopila se considera una técnica eficiente y relativamente simple de diseñar y operar. Se construyen generalmente sobre una base impermeable para reducir el potencial de migración de lixiviados al subsuelo. Para la aireación, se requiere de la instalación de una red de tuberías perforadas, que están conectadas a un soplador que facilita la aireación de la pila. En algunos casos, se requiere de la construcción de un sistema de recolección de lixiviados, especialmente cuando se ha instalado un sistema de adición de humedad. Las pilas generalmente están cubiertas con una membrana impermeable para prevenir la liberación de emisiones y para proteger el suelo del viento y las lluvias.

1.4.6.2.2 Principales Componentes

Los principales componentes del sistema de tratamiento son:

- Un sistema de aireación con bombas de vacío para forzar el aire a través del suelo apilado y mantener la biopila en depresión con respecto al ambiente externo;
- Un sistema de recolección del lixiviado generado por la biopila;
- Un sistema de irrigación para asegurar un nivel suficiente de humedad, nutrientes y microorganismos en el suelo apilado;
- Una base impermeable para prevenir la dispersión de lixiviados al suelo;
- Un sistema de impermeabilización superficial para prevenir la dispersión de gases al aire;
- Un sistema de tratamiento del aire extraído por medio de filtros (ej: carbón activado);
- Uno o más puntos de monitoreo.

En la Figura 1-13 se presenta el esquema típico de una biopila y se entregan detalles del diseño y ejecución del proceso de tratamiento.

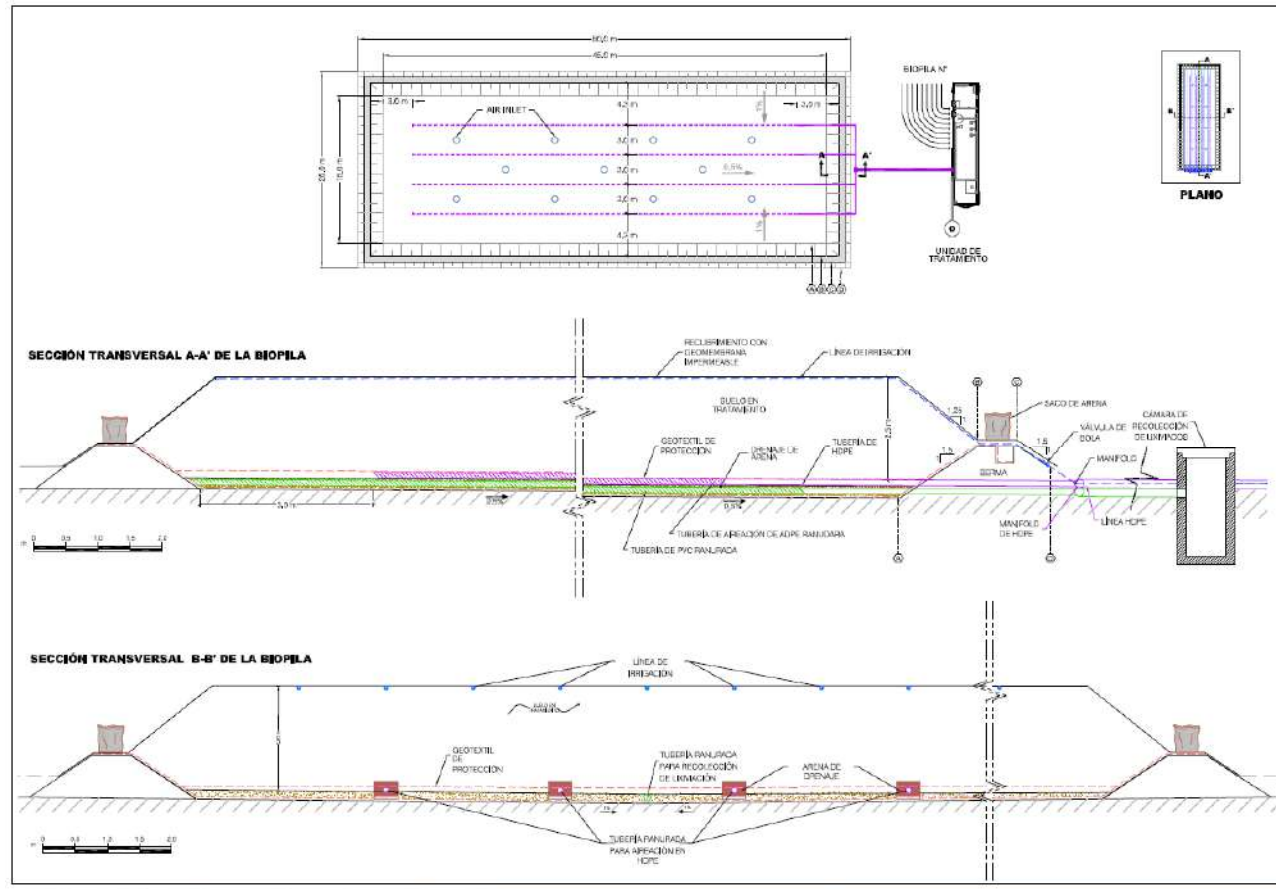
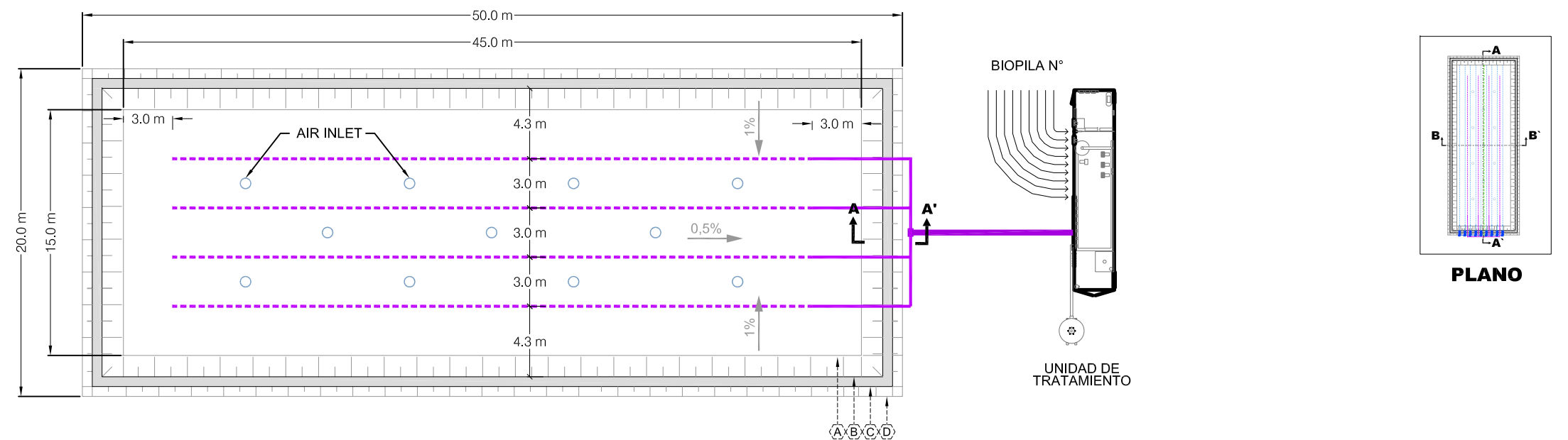
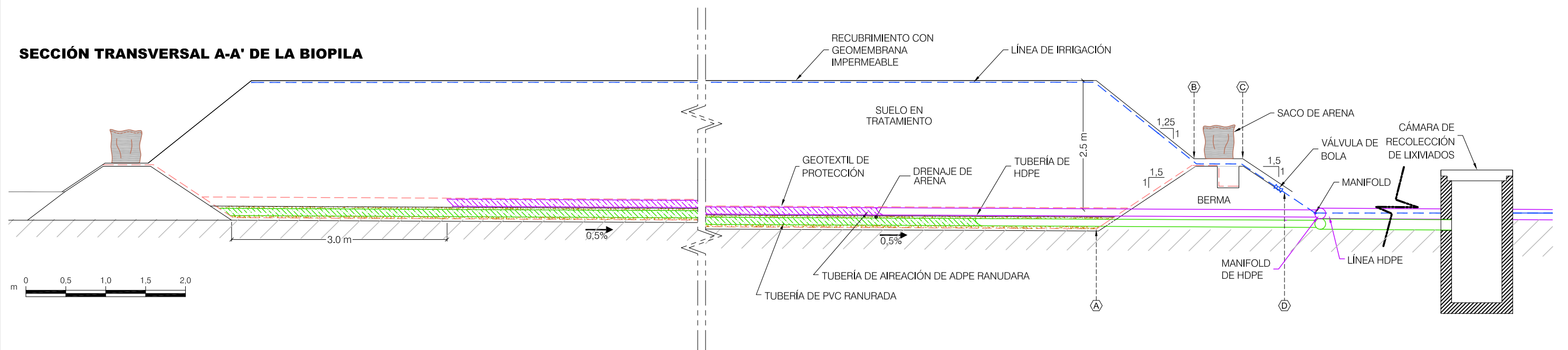


Figura 1-13: Esquema de biopila



SECCIÓN TRANSVERSAL A-A' DE LA BIOPILA



SECCIÓN TRANSVERSAL B-B' DE LA BIOPILA

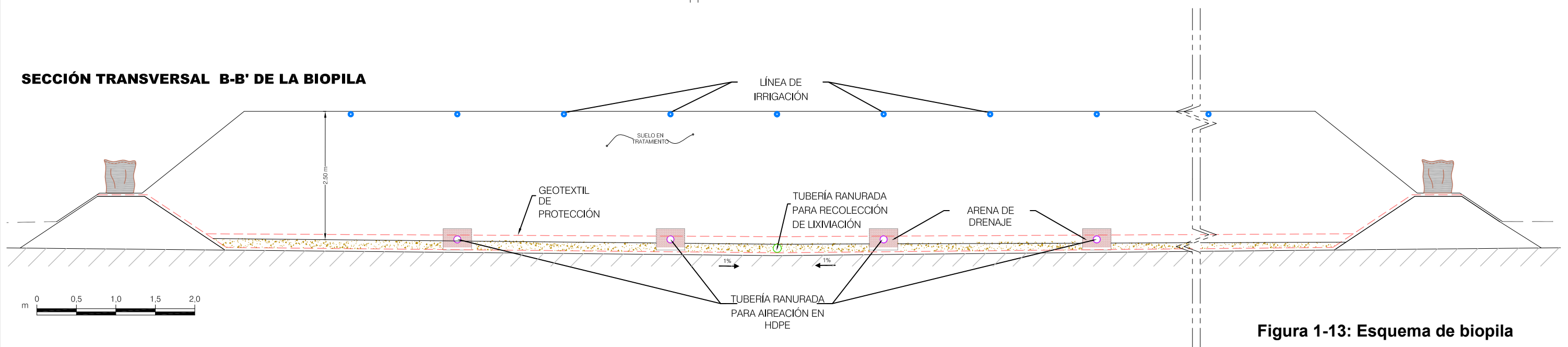


Figura 1-13: Esquema de biopila

1.4.6.2.3 Control del Proceso de Tratamiento

Si bien lo principal a controlar en la operación de una biopila es que las concentraciones de los contaminantes relevantes vayan disminuyendo a lo largo del proceso (verificación que es descrita en las secciones 1.4.6.2.5 y 1.7.1.3.5), para que la biorremediación sea eficiente se requiere de condiciones apropiadas de humedad, pH, temperatura, nutrientes y fuente de carbono. En la Tabla 1-21 se presentan los parámetros de control que generalmente se registran durante el proceso de biorremediación y que sirven para realizar ajustes o variaciones que permitan verificar la disminución de las concentraciones de hidrocarburos presentes en los suelos.

Tabla 1-21: Parámetros de control para operación de las biopilas

Parámetro	Criterio
Densidad de población bacteriana	$> 10^5$ UFC/gramo de suelo seco
pH del suelo	$6 < \text{pH} < 8$
Humedad del suelo	$40\% < \text{capacidad de campo} < 85\%$
Temperatura del Suelo	$10^\circ\text{C} < \text{temperatura del suelo} < 45^\circ\text{C}$
Concentración de nutrientes Relación carbono (C): nitrógeno (N): fósforo (P)	100:10:1 a 100:1:0,5

Fuentes:

How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: A guide for corrective action plan reviewers, United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2017

Biopile design and construction manual naval facilities engineering service center, Port Hueneme, California, Naval Facilities Engineering Service Center, 1996

A continuación, se describe cada uno de los parámetros de control de la operación de una biopila:

Densidad de la población bacteriana

El suelo normalmente contiene un gran número de microorganismos diversos, incluyendo bacterias, algas, hongos, protozoos y actinomicetos. En suelos bien drenados, como los del Sitio, estos organismos son generalmente aerobios. De estos organismos, las bacterias son el grupo más numeroso y bioquímicamente activo, particularmente a bajos niveles de oxígeno. Las bacterias requieren una fuente de carbono para el crecimiento celular, que puede ser tomada de los hidrocarburos presentes en el suelo, y una fuente de energía para mantener las funciones metabólicas necesarias para el crecimiento. Los microorganismos requieren nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno y fósforo para apoyar el crecimiento celular y sostener los procesos de biodegradación. Los nutrientes pueden estar disponibles en cantidades suficientes en los suelos del sitio, pero, con mayor frecuencia, es necesario añadir nutrientes a los suelos de la biopila para mantener las poblaciones bacterianas. En aquellos suelos con insuficiente densidad microbiana, se contempla la adición de microorganismos nativos.

El proceso metabólico utilizado por las bacterias para producir energía requiere un aceptor terminal de electrones (TEA) para oxidar enzimáticamente la fuente de carbono a dióxido de carbono. Los microbios son clasificados por las fuentes de carbono y TEA que utilizan para llevar a cabo los procesos metabólicos. Las bacterias que utilizan compuestos orgánicos (por ejemplo, constituyentes del petróleo y otros compuestos orgánicos naturales) como fuente de carbono son heterótrofas; aquellos que utilizan compuestos inorgánicos de carbono (por ejemplo, dióxido de carbono) son autotróficos. Las bacterias que usan oxígeno como TEA son

aerobias; aquellos que utilizan un compuesto distinto del oxígeno, (por ejemplo, nitrato, sulfato), son anaeróbicos; y los que pueden utilizar oxígeno y otros compuestos como TEAs son facultativos. Para las aplicaciones enfocadas al tratamiento de suelos impactados con derivados del petróleo, sólo las bacterias que son tanto aeróbicas (o facultativas) y heterotróficas son importantes en el proceso de degradación.

Con el fin de evaluar la presencia y la población de bacterias naturales que contribuirán a la degradación de los constituyentes del petróleo, es necesario realizar análisis de laboratorio de muestras de suelo del Sitio. Estos análisis, como mínimo, deben incluir el recuento de placas para bacterias heterotróficas totales. Los resultados del conteo de placas se informan normalmente en términos de unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo. Las densidades de población microbiana en suelos típicos oscilan entre 1×10^4 y 1×10^7 UFC / gramo de suelo. Para que las biopilas sean eficientes, el recuento mínimo de placas heterotróficas debe ser de 1×10^5 UFC/gramo o mayor. Los recuentos de placas inferiores a 1×10^3 UFC/gramo podrían indicar la presencia de concentraciones tóxicas de compuestos orgánicos o inorgánicos (por ejemplo, metales). En esta situación, las biopilas pueden seguir siendo efectivas si el suelo es condicionado o enmendado para reducir las concentraciones tóxicas y aumentar la densidad de población microbiana. En los suelos del Sitio con niveles insuficientes de microorganismos y cuyas tasas de biodegradación no evolucionen de manera adecuada a través del tratamiento de bioestimulación, implicará las acciones correctivas indicadas en la sección 1.7.1.3.5.4.

Es importante aclarar que los recuentos de microorganismos heterótrofos totales indican la densidad microbiana total del sistema y que los microorganismos degradadores de hidrocarburos indican la fracción de éstos que específicamente poseen el potencial de biodegradación de estos compuestos.

Contenido de humedad

Los microorganismos del suelo requieren condiciones húmedas para un crecimiento adecuado. La humedad excesiva del suelo, sin embargo, restringe el movimiento del aire a través de la biopila, reduciendo así la disponibilidad de oxígeno que es esencial para los procesos metabólicos bacterianos aeróbicos. En general, los suelos deben estar húmedos, pero no excesivamente. El rango ideal para la humedad del suelo es entre 40% y 85% de la capacidad de retención de agua (capacidad de campo) del suelo o entre 12% y 30% en peso.

El contenido de humedad de la biopila puede cambiar a medida que avanza la remediación. El aire normalmente entrará en la biopila a menos del 100% de humedad relativa. El aire tiende a eliminar la humedad a medida que se mueve a través de la biopila y se satura con agua, reduciendo así el contenido de humedad. Sin embargo, al mismo tiempo, el proceso de biodegradación convierte los hidrocarburos en CO_2 y H_2O , renovando así el contenido de humedad en algún grado.

Temperatura del suelo

La tasa de crecimiento bacteriano es una función de la temperatura. Se ha demostrado que la actividad microbiana del suelo disminuye significativamente a temperaturas inferiores a 10°C y esencialmente se detiene por debajo de 5°C . La actividad microbiana de la mayoría de los microorganismos importantes para la biodegradación de los hidrocarburos de petróleo también disminuye a temperaturas superiores a 45°C .

En el rango de 10°C a 45°C , la tasa de actividad microbiana por lo general se duplica por cada 10°C de aumento de la temperatura. Debido a que la temperatura del suelo varía con la temperatura ambiente, habrá ciertos períodos durante el año en que disminuirá el crecimiento bacteriano y, por lo tanto, la degradación de los constituyentes. Cuando la temperatura ambiente vuelve al rango de crecimiento, la actividad bacteriana se restaurará gradualmente.

Concentración de nutrientes

Los microorganismos requieren nutrientes inorgánicos tales como nitrógeno y fósforo para apoyar el crecimiento celular y mantener los procesos de biodegradación. Los nutrientes pueden estar disponibles en cantidades suficientes en los suelos a tratar, pero, con frecuencia, es necesario añadir nutrientes a los suelos de la biopila para mantener las poblaciones bacterianas en cantidad apropiada. Sin embargo, cantidades excesivas de ciertos nutrientes pueden reprimir el metabolismo microbiano. La relación recomendada de carbono (C): nitrógeno (N): fósforo (P) necesaria para la biodegradación está en el rango de 100:10:1 a 100:1:0,5, dependiendo de los constituyentes específicos y de los microorganismos implicados en el proceso de biodegradación. Es importante mencionar, que los hidrocarburos presentes en el suelo son los que aportan el carbono (C). Los nutrientes pueden obtenerse tanto de insumos específicos ricos en estos componentes; por ejemplo, urea o desde compuestos preparados tales como el compost.

pH del suelo

Para apoyar el crecimiento bacteriano, se recomienda que el pH del suelo esté dentro del rango de 6 a 8, siendo un valor de aproximadamente 7 (neutro) óptimo. Los suelos con valores de pH fuera de este rango podrán requerir ajuste de pH durante la construcción de la biopila y durante el funcionamiento de ésta. El pH del suelo en la biopila se puede incrementar mediante la adición de cal y disminuir añadiendo azufre elemental durante la construcción. También se pueden inyectar soluciones líquidas en la biopila durante la operación para ajustar el pH mediante las tuberías de irrigación.

1.4.6.2.4 Tiempos de Operación

El tiempo de operación de las biopilas depende de las concentraciones de hidrocarburos presentes en el suelo a tratar y del control de los parámetros operacionales.

Según la FRTR, la biopila es un proceso de tratamiento de corta duración pudiendo ser de unas semanas a varios meses. Por su parte, el *Naval Facilities Engineering Service Center* de los Estados Unidos en su manual para el diseño y construcción de biopilas (*Biopile design and construction manual naval facilities engineering service center, Port Hueneme, California, Naval Facilities Engineering Service Center, 1996*), indica que la remediación en biopilas puede ser completada en periodos entre tres a seis meses.

Considerando las concentraciones de hidrocarburos a remediar, así como la alta permeabilidad de los suelos del terreno Las Salinas (principalmente arenas gruesas) y manteniendo los parámetros de control en niveles adecuados, se espera que el tiempo de tratamiento sea alrededor de tres meses hasta alcanzar los SSCL establecidos para el Sitio.

1.4.6.2.5 Verificación del Tratamiento

La verificación del tratamiento se realizará a través de la toma periódica de muestras de suelo para análisis de los compuestos que están siendo tratados (por ejemplo: BETX, TPH), comparando los resultados con los valores de referencia de la remediación, que para el presente proyecto corresponden a los SSCL. En la sección 1.7.1.3.5.5 se detalla el muestreo de verificación del tratamiento en las biopilas para el presente proyecto.

Las biopilas se mantendrán por un periodo mínimo de tres meses, luego del cual será realizado un monitoreo del suelo que indique a qué niveles de SSCL se ha llegado. En el caso de que la partida de suelo biorremediado cumpla con los SSCL establecidos, el suelo será reintegrado al terreno, bajo la proyección de las futuras

vialidades contenidas en el PRC. De lo contrario, la partida de suelo que no cumpla con SSCL implicará las acciones correctivas indicadas en la sección 1.7.1.3.5.4.

1.4.6.2.6 Pruebas piloto

Se resumen a continuación las experiencias que se han llevado a cabo para analizar el potencial de biorremediación, considerando los suelos del terreno Las Salinas.

Las pruebas confirmaron la importancia de la bioestimulación y bioaumentación para un proceso de biorremediación de estos suelos.

1.4.6.2.6.1 Pruebas basadas en Biorremediación

La Universidad Técnica Federico Santa María realizó la evaluación de estrategias de remediación mediante estudios evaluados a dos escalas experimentales:

- Pilotos a escala microcosmos, que contemplaron el análisis de pilotos aerobios (bioaumentación, bioestimulación y biorremediación mejorada) y pilotos anaerobios (bioaumentación).
- Pilotos a escala semi industrial, mediante cinco biopilas de tratamientos de bioaumentación y bioestimulación aireada y no aireada y landfarming.

Estos estudios fueron realizados durante el año 2016 y 2017 en dependencias del Centro de Biotecnología y Microbiología Ambiental Dr. Daniel Alkalay Lowitt, perteneciente a la citada casa de estudios.

1) Estudio de pilotos complementarios mediante microcosmos

Este estudio contempló la utilización de sedimentos y aguas subterráneas extraídas del Sitio para la elaboración de microcosmos con incubaciones de 1 L, clasificados en dos categorías: pilotos aerobios y anaerobios.

Los pilotos aerobios correspondieron a bioaumentación mediante la adición paulatina de una suspensión concentrada de bacterias degradadoras de hidrocarburos (HC) a los sedimentos y bioestimulación por medio de la adición de nutrientes (compost) en proporciones distintas (10% y 40% relación peso/peso), para estimular a los microorganismos nativos degradadores de HC. Adicionalmente, se agregó un tratamiento denominado biorremediación mejorada (bioaumentación y bioestimulación de forma simultánea), en donde se buscaba un efecto sinérgico entre la incorporación de bacterias degradadoras de HC y la adición de nutrientes (compost). El detalle de este estudio está contenido en el Anexo 1.5.

Una segunda categoría de pilotos, de tipo anaerobios, contempló la evaluación del tratamiento de bioaumentación en condiciones anóxicas adicionando dos cepas de bacterias sulfato reductoras capaces de degradar HC en condiciones anaerobias.

En ambos sets de experimentos se consideró el estudio de microcosmos sin intervención, utilizados para evaluar las tasas de pérdida de HC de forma abiótica (volatilización, por ejemplo). Los microcosmos fueron incubados en oscuridad a temperatura controlada (20-25°C) por un período de aproximadamente un mes.

Los resultados de degradación de hidrocarburos en los microcosmos aerobios indicaron que los tratamientos de biorremediación mejorada y de bioestimulación con adición de nutrientes al 10% y al 40% registraron

mayores tasas de degradación, alcanzando tasas de ~80% de los HC presentes en las muestras. En el caso del tratamiento de bioaumentación aeróbico, este registró una tasa de degradación superior al 60% al cabo de los 41 días de incubación. Finalmente, los tratamientos aerobios sin intervención (control) no registraron mayores variaciones en las concentraciones de HC iniciales presentes en los sedimentos.

En cuanto a los resultados de microcosmos anaerobios de bioaumentación, estos reportaron una menor eficiencia de remoción respecto a los tratamientos aerobios, alcanzando tasas de remoción cercanas al ~17% de los HC iniciales presentes. Las incubaciones control, al igual que los tratamientos aerobios, no registraron variaciones significativas de las concentraciones de hidrocarburos.

Estos estudios de microcosmos indicaron que la bioaumentación y la bioestimulación en condiciones aerobias fueron claves para la biorremediación de los suelos contaminados con hidrocarburos. La evaluación de tratamientos mediante microcosmos son una base metodológica útil para poder determinar el potencial de biorremediación de los suelos en condiciones ideales de laboratorio, pero no permite recrear fidedignamente las condiciones medio ambientales características del Sitio. Los resultados obtenidos identificaron el potencial de remoción de HC, a partir del cual se consideraron nuevas experiencias piloto, descritas a continuación.

2) Estudio de biorremediación de hidrocarburos en suelos contaminados en pilotos a escala semi industrial

Los pilotos se ejecutaron a través de la modalidad de biopilas abiertas en el que se evaluaron tres tratamientos para suelos extraídos del Sitio: landfarming, bioaumentación y bioestimulación. Se consideró, además, la evaluación de la disponibilidad de oxígeno en la degradación de HC para los tratamientos de bioaumentación y bioestimulación, por lo que se incorporó un sistema especial de aireación que operaba de forma continua (24 h/día). Cada uno de estos tratamientos se contrastó con una biopila sometida al mismo tratamiento sin intervención de aire forzado. En total se dispuso de cinco biopilas de 0,4 m³ cada una, sobre una geomembrana aislante HDPE. Las biopilas se dispusieron al aire libre y fueron ubicadas de manera contigua. El proceso de biorremediación en los pilotos incluyó la adición de hidrocarburos (diésel) para representar de mejor manera las condiciones de mayor concentración de contaminantes del Sitio. Durante el desarrollo del proceso, los suelos de las biopilas fueron volteadas de manera periódica para favorecer la distribución homogénea de hidrocarburos, agua y nutrientes y fueron regadas para mantener una humedad que favorece la biodegradación.

Los tres tipos de técnicas de tratamiento se describen a continuación:

- Landfarming es un tratamiento de biorremediación que busca estimular la actividad de las comunidades microbianas nativas del suelo a través de la modificación periódica de las condiciones fisicoquímicas del suelo, incluyendo volteos periódicos del material y riego.
- La bioaumentación (definida previamente), corresponde a un tratamiento a través del cual se adicionan microorganismos nativos degradadores de HC, al suelo contaminado, con el propósito de desencadenar procesos de biodegradación de HC. En general, esta técnica se utiliza cuando la microbiota nativa no posee la capacidad de degradar en forma eficiente los contaminantes de interés.
- La bioestimulación (definida previamente), es un tratamiento que se basa en la incorporación de nutrientes, sustratos orgánicos o enmiendas, o aditivos como biosurfactantes con capacidad de estimular el crecimiento de los microorganismos autóctonos del lugar capaces de degradar compuestos de HC.

La forma en la cual se ejecutó el experimento se indica a continuación. El detalle de esta experiencia piloto, con resultados y figuras, está contenido en el Anexo 1.5.

- **Landfarming:** la estimulación de la microbiota con capacidad de degradación de HC se realizó mediante volteos del material y adición periódica de agua (riegos).
- **Bioaumentación:** consistió en la incorporación a las biopilas de manera periódica de 24 L de cepas bacterianas nativas con capacidad de degradación de HC, lo que se complementó con volteos y riegos.
- **Bioestimulación:** consideró la adición a cada biopila de una enmienda orgánica compuesta de humus y compost al 10 %v/v al comienzo del experimento para estimular las tasas de degradación de las comunidades nativas con capacidad de degradación de HC. Estas biopilas fueron volteadas y regadas de forma periódica.

Se monitorearon de manera regular por 25 semanas los procesos de degradación de contaminantes mediante la concentración de HC alifáticos de cadena larga (C₁₁ - C₂₅), y HC aromáticos de 1 a 6 anillos aromáticos (HAPs), además de parámetros fisicoquímicos tales como pH, concentración de sales, macronutrientes, humedad, entre otros.

Los resultados obtenidos en las biopilas semiindustriales muestran que los tratamientos evaluados registraron significativas tasas de remoción de HC alifáticos y aromáticos. Los tratamientos más eficientes, en términos de degradación de HC alifáticos de cadena larga C₁₁ a C₂₅, correspondieron a Bioaumentación (~85% de los HC presentes inicialmente) y Bioestimulación (~80%). Landfarming es el tratamiento con menos degradación de HC alifáticos (69%). La disponibilidad de oxígeno a través de la inyección forzada con un sistema especial de aireación no se tradujo en mayores diferencias en términos de degradación de HC alifáticos, por lo que no se considera un factor determinante en la degradación de HC en estos ensayos. Los tratamientos más eficientes en términos de degradación de HC aromáticos y HC poliaromáticos (HAPs), corresponde a Bioaumentación (~90%), y en menor medida, Landfarming (~84%) y Bioestimulación (~82%).

Este experimento a cielo abierto demostró que los suelos del Sitio presentan condiciones apropiadas para la biorremediación aerobia en biopilas, que permiten remover una proporción relevante de los contaminantes hidrocarburos. Ambos tratamientos de bioaumentación y bioestimulación, a través de la adición de microorganismos degradadores y nutrientes, permitieron un incremento sustantivo de la densidad y la actividad microbiana en los suelos tratados, garantizando a su vez la efectividad del proceso de biorremediación de estos suelos contaminados. La bioaumentación aerobia con bacterias degradadoras de hidrocarburos fue el tratamiento de descontaminación más eficiente en los ensayos de pilotos de suelos contaminados de este Sitio. Iteraciones de escalamiento llevados a cabo en el mismo sitio serán claves para optimizar las dosis de microorganismos (bioaumentación) y/o de enmiendas (bioestimulación) suficientemente efectivas para generar un efecto degradativo eficiente en los tiempos considerados en el proyecto. Por otro lado, parece importante destacar que la biorremediación por bioaumentación y por bioestimulación al lograr una más rápida y mayor remoción de los hidrocarburos, disminuye los riesgos de volatilización de hidrocarburos y su dispersión en el aire. Es importante resaltar que la aplicación de bacterias propias de la Región (en este caso, de la Región de Valparaíso) es una condición que favorece la biorremediación y que cumple con reglamentaciones ambientales más exigentes como la norma Italiana.

1.4.6.2.6.2 Prueba Piloto Biopila en Terreno

Se llevó a cabo una prueba piloto de la tecnología de biopila (sin Bioestimulación ni Bioaumentación) para explorar el desempeño y definir los parámetros de diseño para el tratamiento del suelo del terreno Las Salinas.

La prueba piloto de biopila consistió en la construcción y operación de una celda de biopila a escala de prueba para evaluar la aplicabilidad de la tecnología al Sitio y obtener la información necesaria para la construcción de una biopila como parte del plan de remediación para el Sitio. La prueba confirmó la importancia de la bioestimulación para un proceso de biorremediación de estos suelos.

El detalle con la descripción de los ensayos realizados y los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 1.7 “Prueba Piloto Biopila”.

1.4.6.3 Agua Subterránea, Fase Disuelta

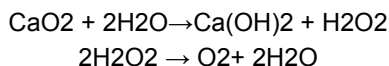
1.4.6.3.1 Descripción de la Metodología y Justificación

La tecnología seleccionada para el tratamiento de las concentraciones disueltas de hidrocarburos que exceden los SSCL en el Paño Norte y en el Paño Sur es la biorremediación mejorada a través de la aplicación de un compuesto liberador de oxígeno a la profundidad máxima de excavación (nivel saturado).

La biorremediación mejorada consiste en la aplicación de reactivos en el subsuelo para mejorar la degradación biológica de hidrocarburos en suelos saturados o en la zona manchada²⁴. Esta tecnología es usada ampliamente en la remediación de sitios contaminados con hidrocarburos y está documentado su uso a nivel internacional. Es parte de la lista de tecnologías recomendadas por la *Federal Remediation Technologies Roundtable* (FRTR) de los Estados Unidos.

Está bien documentado que los acuíferos contaminados con compuestos orgánicos quedan rápidamente con deficiencias de oxígeno, debido a la actividad de microorganismos aeróbicos heterótrofos. Una vez consumido el oxígeno, pueden utilizarse otros aceptores de electrones (nitrato, Fe III, Mn IV, sulfato), pero los procesos de degradación son más lentos. El agotamiento de los aceptores de electrones y principalmente del oxígeno, se considera generalmente como el principal factor limitante de la biodegradación orgánica *in situ*.

El peróxido de calcio ($\text{CaO}(\text{OH})_2$) se usa principalmente para la biorremediación mejorada de contaminantes en agua subterránea y suelo. Las formulaciones disponibles en el mercado ofrecen una liberación prolongada del oxígeno en la subsuperficie por más de 350 días. El peróxido de calcio proporciona oxígeno por medio de hidrogenación, como se muestra a continuación:



Esta tecnología fue seleccionada en base a los siguientes aspectos:

- Es necesario efectuar una remediación de las áreas donde se detectó FLNA.
- El tiempo de la remediación es el más corto en comparación con cualquier otra tecnología.
- Se comprobó la presencia de bacterias degradadoras de hidrocarburos en el suelo del Sitio.
- Se facilita la aplicación en el fondo de la excavación.
- No se generan aguas residuales que deban ser manejadas o dispuestas fuera del Sitio.
- Se considera apropiada para el Sitio dadas las características de los impactos identificados, que corresponden a hidrocarburos de petróleo que pueden ser biotratables y a la presencia de bacterias DH, según los análisis microbiológicos realizados.

²⁴ La zona manchada (*smear zone* en inglés) es un área con suelo contaminado por presencia de FLNA, que puede existir, en diferentes grados, dentro de la zona de fluctuación del nivel freático.

- El bombeo del agua subterránea no es factible durante la remediación, debido a la existencia de restricciones normativas a la extracción de aguas subterráneas presentes en el Sitio.

Se decidió también utilizar la biorremediación mejorada con el objetivo de mejorar la eficiencia de los procesos naturales de biorremediación que seguirán produciéndose a lo largo del tiempo.

Se hace presente que esta tecnología será aplicada en todas las áreas de excavación donde se alcance el nivel de agua subterránea, no limitándose a aquellas con excedencia de SSCL.

1.4.6.3.2 Principales Componentes

La biorremediación mejorada a través de la aplicación de un compuesto liberador de oxígeno es una tecnología sencilla, sin requerimiento de equipos o maquinaria sofisticada.

Los reactivos potencialmente aplicables a los combustibles pesados son los hidróxidos de magnesio o calcio – ampliamente usados y que se comercializan con el nombre ORC® (*Oxygen Release Compound*) o PermeOx® Ultra – o, según la composición química del agua subterránea y el estado de oxidación de ésta, nitratos, sulfatos o los ácidos húmicos. El reactivo puede inyectarse al subsuelo por medio de pozos de inyección o por inyección por empuje directo (directamente en sondajes). También puede ser aplicado directamente en excavaciones donde aflore el agua subterránea. Estos productos son de amplio uso en Europa y EEUU desde hace por lo menos veinte años y con el tiempo han ido remplazando a aquellos sistemas de tratamientos que requieren una mayor demanda de equipos, maquinaria y consumo de energía, como el bioventeo.

Para el presente proyecto el peróxido de calcio, (en polvo o granular) se aplicará directamente en las excavaciones abiertas y se mezclará con la pala de la excavadora antes de rellenar las excavaciones. El reactivo debe ser suministrado antes de la mezcla, ya sea esparciéndolo sobre el suelo o colocándolo en una serie de zanjas someras a lo largo del área de mezclado. Como alternativa, puede mezclarse el peróxido de calcio con el material de relleno antes de su colocación en la excavación.

Considerando que el peróxido de calcio está clasificado como sustancia peligrosa (Clase de peligrosidad 5.1 – comburente), se deberá habilitar una bodega en el Sitio para su almacenamiento temporal.

1.4.6.3.3 Control del Proceso de Tratamiento

Durante la aplicación del compuesto se debe verificar que se efectúe una mezcla apropiada con el suelo saturado, para garantizar una buena distribución y por lo tanto mejores resultados del tratamiento.

De acuerdo con las recomendaciones de la USEPA, en su documento *How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites. A guide for corrective, action plan reviewers, Chapter XII, Enhanced Aerobic Bioremediation* para que la biorremediación mejorada sea efectiva, se debe contar con una población de bacterias²⁵ de 1×10^3 UFC/g, la cual se ha verificado con los análisis microbiológicos llevados a cabo por el Centro de Biotecnología de la UTFSM. Con la aplicación del peróxido de calcio se espera una disponibilidad mayor de oxígeno para que aumenten la densidad de población bacteriana.

1.4.6.3.4 Tiempos de Reacción del Compuesto Liberador de Oxígeno

De acuerdo con los datos de la literatura (PeroxyChem, 2016) la liberación de oxígeno puede extenderse por hasta un año, manteniendo niveles de oxígeno disuelto en el agua subterránea de 8-10 mg/L. De acuerdo con los resultados de la prueba piloto (ver Sección 1.4.6.3.6), se obtuvo una disminución de aproximadamente un

²⁵ Una 1. población de bacterias es un conjunto de individuos de la misma especie, es decir con las mismas características.

64% en las concentraciones de la suma de TPH relativa al valor de línea base al tercer mes después de implementado el tratamiento.

1.4.6.3.5 Verificación del Tratamiento

La verificación del tratamiento se realiza mediante la toma de muestras de agua subterránea, generalmente de pozos de monitoreo que se instalan aguas debajo del terreno remediado, para análisis de los compuestos que están siendo tratados (por ejemplo: BETX, TPH), comparando los resultados con los valores de referencia de la remediación, que para el presente proyecto corresponden a los SSCL.

La verificación se debe realizar después de la aplicación del compuesto liberador de oxígeno, considerando que los tiempos de actuación pueden llegar hasta un año. En la Sección 1.7.1.9 se detalla la verificación propuesta para el presente proyecto.

1.4.6.3.6 Prueba Piloto Biorremediación Mejorada a Través de Inyecciones

Se llevó a cabo una prueba piloto de la tecnología de biorremediación mejorada para verificar su eficiencia y definir los parámetros de diseño y dosificaciones requeridas.

Los objetivos específicos de la prueba piloto fueron determinar si la tecnología es adecuada para mejorar la biorremediación del Sitio, estimar la eficiencia de la tecnología al aumentar la concentración de oxígeno en el agua subterránea y establecer parámetros de diseño (radio de influencia, cantidad de reactivos, efectos secundarios y subproductos, etc.).

La prueba se realizó en el sector nororiente del Paño Sur (cuadrante G14 de la grilla del Plan de Muestreo 2015-2016 (Figura 1-8), donde se detectaron concentraciones de TPH orgánicos (DRO+GRO+ORO) en el agua subterránea en el rango de 15 a 20 mg/L.

Se habilitaron 9 puntos de inyección de reactivo distribuidos en un área de prueba en un área de 12 m x 12 m (grilla de 9 cuadrantes). Para la evaluación de la prueba se utilizó un pozo de monitoreo aguas arriba, uno en el área de inyecciones y uno aguas abajo de acuerdo a la dirección esperada del flujo de agua subterránea.

Se seleccionó como reactivo liberador de oxígeno el peróxido de calcio, en una dosis de 3 kg de oxígeno para degradar 1 kg de hidrocarburos. La cantidad total de reactivo utilizada en la prueba fue de aproximadamente 1.000 kg y se aplicó al subsuelo mediante inyección por empuje directo, técnica que permite una distribución homogénea y precisa del reactivo a distintas profundidades. Las inyecciones en los 9 puntos se realizaron desde aproximadamente 6 mbns (profundidad promedio del agua subterránea) hasta alrededor de 9 mbns y se realizaron en sentido ascendente (desde los más profundo a lo más superficial) a intervalos de aproximadamente 0,5 m.

Antes de iniciar las inyecciones de la prueba piloto se hizo la medición de línea base en los pozos de monitoreo de agua subterránea: profundidad del agua, datos geoquímicos (oxígeno disuelto [DO], potencial de óxido reducción [ORP], pH, temperatura [T°], conductividad) y análisis de muestras para CDI, nitratos, sulfatos, Fe, Mn, As, Ni, Cr total y Cr VI, así como las condiciones ambientales. Una vez finalizadas las inyecciones se midió semanalmente en los pozos de monitoreo la profundidad del agua, los parámetros geoquímicos y las condiciones ambientales, y durante los 3 meses siguientes a las inyecciones se tomaron muestras de agua para el análisis de los CDI.

De acuerdo con los resultados, los pozos monitoreados previo a las inyecciones muestran altas concentraciones de hidrocarburos de petróleo, mayormente en el rango diésel, encontrándose las mayores concentraciones de estos en el pozo EB-MW-02 (pozo ubicado dentro del área de la grilla de inyecciones), con

concentraciones mayores a 30 mg/L. En este pozo se observa una disminución de aproximadamente un 64% en las concentraciones de la suma de TPH relativa al valor de línea base al mes 3 luego del tratamiento. En el mes 4 se observó un aumento en las concentraciones de TPH, probablemente producto del desplazamiento de agua subterránea con impactos por hidrocarburos desde zonas no tratadas en la prueba. Este efecto podrá ser contrarrestado para el Proyecto aplicando el compuesto liberador de oxígeno en el fondo de las excavaciones y extendiendo el área donde se realiza la aplicación del compuesto liberador de oxígeno.

Las conclusiones de la prueba y las recomendaciones para la implementación en el Sitio se indican a continuación:

- Los datos del Sitio muestran que ocurrió biodegradación de manera significativa, degradándose los hidrocarburos en otras sustancias orgánicas más simples e inocuas.
- La cantidad de reactivo inyectado en el subsuelo fue estimada en base a la concentración de hidrocarburos detectada en el pozo PO-G14 (EB-MW-01/G14) durante el Plan de Muestreo 2018-2016 (alrededor de 15 mg/L), mientras que el pozo construido dentro del área de inyección (EB-MW-02) mostró concentraciones de compuestos orgánicos mucho mayores (30 mg/L). Por tanto, es posible que la cantidad de peróxido de calcio inyectado haya sido insuficiente para alcanzar los niveles esperados de reducción de CDI. Consecuentemente, la dosificación debe ser validada antes de su aplicación en las áreas que requieren remediación por presencia de hidrocarburos, en base a la Evaluación de Riesgos para la Salud Humana desarrollada para el Sitio (Anexo 1.2).
- El pH medido en la zona de la prueba resultó ser bastante ácido, presentando un valor en el rango de 6 en el pozo existente aguas arriba (EB-MW-01/G14) y de 4,3 en el pozo aguas abajo (EB-MW-03). No obstante lo anterior, de acuerdo a las mediciones de parámetros de campo realizadas recientemente en el Sitio, el rango de pH en general es más alto dentro del Sitio (encontrándose en promedio alrededor de 6,5). Sin perjuicio de lo anterior, se considera que la tecnología puede ser igualmente aplicada en zonas con valores bajos de pH dentro del Sitio, por cuanto existe evidencia de la presencia de microorganismos degradadores de hidrocarburos en el suelo en zonas con pH ácido, tal como lo señalan los resultados de los análisis de conteo de microorganismos degradadores de hidrocarburos realizados por la Universidad Técnica Federico Santa María y que se detallan en la Sección 1.4.6 del presente Capítulo.
- Los puntos de inyección directa se diseñaron de acuerdo a una grilla de 4x4 m. El hecho de que no se observaran cambios significativos en parámetros de operación pudo deberse a que el radio de influencia real de los puntos de inyección pudo ser menor, o bien, a posibles problemas de distribución en el subsuelo. Por lo tanto, se recomienda realizar modificaciones a la estrategia de aplicación del compuesto liberador de oxígeno para mejorar su distribución en el subsuelo. La distribución se podría mejorar considerando una mezcla directa de los compuestos liberadores de oxígeno con suelo en el fondo de las excavaciones. También, y para mitigar el riesgo del efecto rebote, se podría aplicar la tecnología en un área de tratamiento mayor que la zona impactada, incluyendo las zonas localizadas aguas arriba.

La descripción de los ensayos realizados y los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 1.8 “Prueba piloto biorremediación mejorada”.

1.5 Descripción de Partes, Acciones y Obras Físicas del Proyecto

Dada la naturaleza del Proyecto (remediación de un Sitio), las actividades a desarrollar no corresponden a las obras típicas de los proyectos que se evalúan en el SEIA. Para este caso, la Fase de Construcción estará asociada a las actividades de preparación del Sitio y la Fase de Operación al proceso de remediación propiamente tal. La Fase de Cierre contempla principalmente el retiro de equipos y limpieza general del Sitio.

1.5.1 Enfoque para la Remediación

La remediación del Sitio ha sido planteada a partir de los resultados de la HHRA y de las concentraciones actuales de los COPCs y está enfocada a remediar el suelo y el agua subterránea en aquellos sectores del Sitio con presencia de compuestos de interés en concentraciones tales que puedan representar riesgo a la salud humana para el futuro desarrollo inmobiliario del mismo, el cual podría incluir edificios residenciales, comerciales y equipamiento.

La remediación del suelo se ejecutará por paños de manera secuencial, comenzando por el Paño Sur. La remediación del Paño Norte comenzará una vez se haya terminado la remediación del Paño Sur o bien podrá ser distanciada o pospuesta en el tiempo. Sin perjuicio de lo anterior, para efectos de la evaluación ambiental del presente Proyecto, se consideran los 2 paños.

1.5.1.1 Remediación del Suelo

- Las áreas que requieren remediación, definidas en base a los SSCL establecidos en la HHRA, han sido identificadas en la Sección 1.4.4 “Resumen de la evaluación y requerimientos de remediación”. Adicionalmente, la estrategia de remediación consideró el porcentaje de suelo que requiere remoción por riesgo y su ubicación en el Sitio y el futuro desarrollo del Sitio.
- El Proyecto de remediación contempla la excavación del 100% de los suelos no saturados, considerando que el suelo que requiere tratamiento se encuentra principalmente en la franja capilar. No obstante, en la mayoría del terreno, el suelo que está en la zona no saturada no tiene presencia de compuestos de COPCs.
- Complementariamente, la remediación incluye la excavación de los suelos saturados, hasta aproximadamente 0,5 m por debajo del nivel freático promedio. Esta excavación adicional es conservadora y tiene por objeto considerar las fluctuaciones del nivel freático que pueden modificar el estado del suelo de saturado a no saturado.
- Considerando que la calidad del suelo en todo el terreno es heterogénea, se realizará una excavación segregada, separando el material excavado en acopios de acuerdo a las clasificaciones de tipos de suelos, previo a su uso como relleno. Lo anterior, con el objetivo de no impactar el suelo limpio y separar los suelos que requieren remediación en las biopilas. La misma segregación de suelo será usada para el relleno de las excavaciones.
- En base a los antecedentes disponibles, existe una zona con infraestructura que debe ser removida para que no queden en el Sitio vestigios de las operaciones industriales históricas. Éstas corresponden a bases de estanques (parte alta del Paño Sur) y algunas edificaciones usadas en el pasado como oficinas. En las áreas donde se ubica esta infraestructura, según el HHRA, no se requiere implementar acciones de remediación.
- En el área donde se habilitará la instalación de faenas (costado Este del Paño Norte) no se requiere implementar ninguna acción de remediación, ya que no existen concentraciones de los compuestos de interés que puedan representar riesgo para la salud humana.
- No se requiere implementar medidas de remediación de suelo en el Área de Playa (usuario comercial/equipamiento en alrededores del Sitio ni para el escenario de uso recreacional, ver Secciones 1.4.3.2.1 y 1.4.3.2.2) ya que las concentraciones de los compuestos de interés no representan riesgo para la salud humana.

1.5.1.2 Remediación del Agua Subterránea

- La remediación de agua subterránea se requiere en las áreas donde se ha identificado presencia de FLNA y aquellas donde al menos uno de los COPCs excede los SSCL establecidos para el Sitio, según se indica en la Sección 1.4.4” (Figura 1-12). La tecnología seleccionada a implementar es la biorremediación mejorada, una tecnología que a través de la aplicación de un compuesto liberador de oxígeno mejora la eficiencia de los procesos naturales de degradación. El compuesto liberador de oxígeno será aplicado en todas las áreas de excavación donde se alcance el nivel de agua subterránea. La descripción del proceso de biorremediación mejorada se presenta en la Sección 1.4.6.3 y en la Sección 1.7.1.3.
- No se extraerá agua subterránea durante los trabajos de excavación debido a lo siguiente:
 - El sector del Sitio Las Salinas se encuentra emplazado sobre un área de restricción hídrica, lo que se traduce en una limitación para la extracción de agua subterránea.
 - Según lo dispuesto en el artículo 65 del Código de Aguas, las áreas de restricción corresponden a aquellos sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común en los que exista el riesgo de grave disminución de un determinado acuífero, con el consiguiente perjuicio de derechos de terceros ya establecidos en él.
 - En el caso del acuífero Estero Las Salinas Sur, lugar de emplazamiento de Proyecto, fue declarado área de restricción por medio del Decreto N° 372 de fecha 27 de octubre de 2005.
 - La declaración de área de restricción para nuevas explotaciones de aguas subterráneas tiene como principal consecuencia que la Dirección General de Aguas (DGA) sólo podrá otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento de aguas, limitando prudencialmente los nuevos derechos (artículo 66 del Código de Aguas).
 - En el caso del Estero Las Salinas Sur, el Decreto N° 372/2005 señala que el otorgamiento provisional de derechos se hará *“hasta por un caudal correspondiente al 25% de los derechos otorgados como definitivos en cada uno de los sectores acuíferos...”*. Dicha restricción permitiría la extracción de un caudal promedio anual equivalente y continuo de 0,89 L/s, para la solicitud de derechos de agua.
 - Cualquier extracción de agua que supere los 0,89 L/s debe ser infiltrada dentro del terreno (para no alterar las condiciones bajo las cuales la DGA declaró esta área como restringida), cumpliendo con las características de emisión establecidas en la legislación vigente.
- No se requiere implementar medidas de remediación del agua subterránea en el Área de Playa, ya que las concentraciones de los COPCs no representan riesgo para la salud humana, para los escenarios probables en este sector (trabajadores de comercio/ equipamiento y uso recreacional).

1.5.1.3 Verificación del saneamiento del terreno

La verificación del proceso de saneamiento del terreno es una actividad continua que se realizará durante el desarrollo del Proyecto hasta el final de la Fase de Operación, a través de muestreos de suelo y agua subterránea, tal como se resume a continuación:

- Muestreo de verificación en acopios de Suelo Limpio (ver Sección 1.7.1.3.4). Se realizará durante la Fase de Operación, mediante la toma de muestras compuestas de suelo, previo a su reposicionamiento como material de relleno de las excavaciones. Servirá para ratificar la condición de Suelo Limpio que será reposicionado dentro de las áreas excavadas.

- Muestreo de cumplimiento de SSCL en biopilas (ver Sección 1.7.1.3.5.5).
- Muestreo de verificación final se realizará durante la Fase de Operación, luego de finalizado el saneamiento de cada Paño, a través de la toma de muestras para análisis de gases del suelo y de agua subterránea. Con este muestreo se confirmará que las concentraciones de los COPC en el suelo y el agua subterránea del Paño correspondiente no presentan condiciones de riesgo para la salud humana (vía de exposición completa corresponde a la intrusión de vapores provenientes del suelo y el agua subterránea).

En la Tabla 1-22 se presenta de forma referencial el resumen del esfuerzo de muestreo que permitirá realizar la verificación del saneamiento del Sitio a lo largo de toda la ejecución del proyecto.

Tabla 1-22: Resumen del esfuerzo de muestreo de verificación a lo largo del desarrollo del Proyecto

Tipo de muestreo	Matriz	N° de muestras (valor referencial)	Observación
Muestreo de verificación de acopios de suelo limpio	Suelo	664	Una muestra por cada 1.000 m ³ de suelo
Muestreo de cumplimiento de los SSCL en biopilas	Suelo	336	Un punto de muestreo por cada 250 m ³ de biopila, con al menos dos muestras en el perfil vertical
Muestreo de verificación final	Gases del suelo	272	Un punto de muestreo en cada cuadrante de la grilla, con al menos dos muestras por punto (a diferentes profundidades).
	Agua subterránea	16	30 pozos de monitoreo

Fuente: Elaboración propia.

1.5.2 Fase de Construcción

A esta fase corresponderán las actividades de preparación del Sitio requeridas para luego iniciar la Fase de Operación (remediación). Las actividades de la fase de Construcción son:

Etapa 1

- Transporte de personal, maquinaria, equipos y materiales.
- Instalación de cerco perimetral en el paño Sur.
- Construcción de la instalación de faenas, para lo cual se adecuará un área en el costado Este del Paño Norte. La instalación de faenas será la misma para la Etapa 1 y para la Etapa 2, e incluirá la bodega de almacenamiento de sustancias químicas y la bodega de almacenamiento temporal de residuos peligrosos (ver Sección 1.6.1.3).
- Mejoramiento de vías de circulación interna, para el desplazamiento entre los diferentes sectores del Sitio.
- Recepción y almacenamiento de materiales de construcción y los insumos químicos que se utilizarán en la Fase de Operación para los procesos de biorremediación mejorada del Paño Sur.
- Hincado de vigas "H" del muro berlinés en el perímetro del Paño Sur. El muro berlinés es una estructura enterrada que servirá de soporte de las paredes de la excavación (técnica de entibamiento), que se realizará como parte de las acciones de remediación en la Fase de Operación.
- Remoción de la infraestructura remanente en el Paño Sur bases de estanques (parte alta del Paño Sur) y algunas edificaciones usadas en el pasado como oficinas

Etapa 2

- Transporte de personal, maquinaria, equipos y materiales.
- Instalación de cerco perimetral en el Paño Norte.
- Habilitación de la instalación de faenas construida durante la Etapa 1.
- Mejoramiento de vías de circulación interna, para el desplazamiento entre los diferentes sectores del Sitio.
- Hincado de vigas “H” del muro berlinés en el perímetro del Paño Norte.
- Recepción y almacenamiento de materiales de construcción y los insumos químicos que se utilizarán en la Fase de Operación para los procesos de biorremediación mejorada en el Paño Norte.
- Remoción de la infraestructura remanente en el Paño Norte (demoliciones y excavaciones de estructuras existentes).

1.5.3 Fase de Operación

Corresponde a la ejecución del proceso de remediación del Sitio, a través de una serie de actividades que tienen los siguientes objetivos principales:

- Remediar el suelo y el agua subterránea en los sectores que presentan concentraciones que exceden los SSCL establecidos para los COPCs o en los que se ha registrado presencia de FLNA en las tres campañas de muestreo de agua subterránea.
- Corroborar la efectividad de las actividades de remediación a través de un muestreo de verificación final.

A continuación, se señalan las actividades contempladas en la Fase de Operación (proceso de remediación) para cada etapa del Proyecto.

Etapa 1

- Excavación de todos los suelos del Paño Sur, hasta aproximadamente 0,5 m bajo el nivel promedio del agua subterránea. Esta excavación se realizará secuencialmente y por sectores para tener espacio suficiente para el manejo de los suelos, segregados en acopios durante la excavación.
- Instalación de muro berlinés o aplicación de *soil nailing* en el Paño Sur, para garantizar la estabilidad de las excavaciones. Esta actividad se irá realizando a medida que avancen las excavaciones y para su configuración se utilizarán las vigas H hincadas en la Fase de Construcción.
- Transporte interno de los suelos excavados a los acopios temporales dentro del Paño Sur, clasificándolos de acuerdo con las concentraciones de los compuestos de interés, registradas en el Plan de Muestreo 2015-2016, como se indica en la Tabla 1-23 a continuación:

Tabla 1-23: Acopios de suelo según concentraciones de los compuestos de interés (CDI)

Tipo de acopio	Características	Tratamiento
Suelo limpio	CDI < Tier 1	No requiere tratamiento, cumple con los SSCL
Suelo SSCL Tipo 1	CDI ≥ Tier 1 CDI < SSCL TPH < 750 mg/Kg	No requiere tratamiento, cumple con los SSCL
Suelo SSCL Tipo 2	CDI ≥ Tier 1 CDI < SSCL TPH ≥ 750 mg/Kg	No requiere tratamiento, cumple con los SSCL
Suelo biopilas	CDI ≥ SSCL	Tratamiento en biopilas

Tier 1 corresponde a las concentraciones indicadas en la norma italiana para uso de suelo residencial

Fuente: Elaboración propia.

- Construcción de las biopilas de acuerdo con las especificaciones indicadas en la Sección 1.7.1.3.3 y operación de las mismas hasta alcanzar los SSCL establecidos para el Sitio, en la medida en que se vaya excavando suelos con esta clasificación. El suelo tratado en las biopilas, una vez alcance las concentraciones de los SSCL, pasará a tener la clasificación de Suelo SSCL Tipo 1 o Tipo 2, dependiendo de la concentración final de TPH.
- Remediación *in situ* del agua subterránea mediante la aplicación de compuesto liberador de oxígeno directamente en todas las áreas en las que la excavación se alcance el nivel del agua subterránea (biorremediación mejorada). La aplicación del compuesto liberador de oxígeno se realizará en el fondo de la excavación, en la zona saturada, previo al relleno de la excavación.
- En el caso que se detecte presencia de FLNA sobrenadante en el agua subterránea durante las excavaciones, ésta será bombeada hacia tambores o hacia u otro sistema de recolección (por ejemplo, camión cisterna), para su almacenamiento temporal o envío a un sitio autorizado para la disposición de residuos peligrosos. A su vez, el suelo presente en dicha zona será enviado a tratamiento en biopila.
- Relleno de las excavaciones con el suelo trasladado desde los acopios de suelo limpio, suelo SSCL Tipo 1 y Suelo SSCL Tipo 2. Este último incluye el suelo tratado en las Biopilas, que haya sido comprobado el cumplimiento de los SSCL.
- Verificación del proceso de remediación de suelo y el agua subterránea en el Paño Sur, a cabo a través de la toma de muestras para análisis de gases del suelo y muestras de agua desde pozos de monitoreo. Se tomarán muestras de gases del suelo considerando que la vía de exposición completa corresponde a la intrusión de vapores provenientes del suelo y el agua subterránea. Los resultados serán comparados con los SSCL correspondientes calculados en la HHRA (Anexo 1.2, "Evaluación de Riesgo para la Salud Humana"). Esta actividad se realizará una vez se haya completado el relleno de las excavaciones.

Etapa 2

- Excavación de todos los suelos del Paño Norte, hasta aproximadamente 0,5 m bajo el nivel promedio del agua subterránea. Esta excavación se realizará por sectores para tener espacio suficiente para el manejo de los suelos, segregados en acopios durante la excavación.
- Instalación de muro berlinés o aplicación de *soil nailing* en el Paño Norte, para garantizar la estabilidad de las excavaciones. Esta actividad se irá realizando a medida que avancen las excavaciones y para su configuración se utilizarán las vigas H hincadas en la Fase de Construcción.

- Transporte interno de los suelos excavados a los acopios temporales dentro del Paño Norte, clasificándolos de acuerdo con las concentraciones de los compuestos de interés, registradas en el Plan de Muestreo 2015-2016, como se indica en la Tabla 1-23
- El suelo que ha sido identificado con características de peligrosidad en el Paño Norte durante el Plan de Muestreo 2015-2016, será enviado a disposición final a través de un tercero autorizado.
- Construcción de las biopilas de acuerdo con las especificaciones indicadas en la Sección 1.7.1.3.3 y operación de la misma hasta alcanzar los SSCL establecidos para el Sitio. El suelo tratado en las biopilas, una vez alcance las concentraciones de los SSCL, pasará a tener la clasificación de Suelo SSCL Tipo 1 o Tipo 2, dependiendo de la concentración final de TPH.
- Remediación *in situ* del agua subterránea y FLNA mediante la aplicación de compuesto liberador de oxígeno en todas las áreas en las que se alcance el nivel del agua subterránea (biorremediación mejorada). La aplicación del compuesto liberador de oxígeno se realizará en el fondo de la excavación, en la zona saturada, previo al relleno de la excavación.
- En el caso que se detecte presencia de FLNA sobrenadante en el agua subterránea durante las excavaciones, esta será bombeada hacia tambores, para su almacenamiento temporal hasta su envío a un sitio autorizado para la disposición de residuos peligrosos. A su vez, el suelo presente en dicha zona será enviado a tratamiento en biopila.
- Relleno de las excavaciones con el suelo de los acopios de suelo limpio, suelo SSCL Tipo 1, Suelo SSCL Tipo 2 y el suelo proveniente de las biopilas.
- Verificación final del proceso de remediación de suelo y el agua subterránea en el Paño Norte, que se llevará a cabo a través de la toma de muestras para análisis de gases del suelo. Los resultados serán comparados con los SSCL correspondientes para gases del suelo calculados en la HHRA (Anexo 1.2, "Evaluación de Riesgo para la Salud Humana"). Esta actividad se realizará una vez se haya completado el relleno de cada área.

1.5.4 Fase de Cierre

Cada una de las etapas del Proyecto tendrá su propia Fase de Cierre una vez llevada a cabo la campaña de muestreo de verificación de la remediación de la etapa correspondiente.

Las actividades contempladas en las Fases de Cierre pretenden dejar el Sitio en condiciones adecuadas para los usos establecidos en el PRC de Viña del Mar. Dichas actividades son las siguientes:

- Limpieza de equipos utilizados en el proceso de remediación.
- Desmantelamiento y retiro de equipos.
- Desmantelamiento de la instalación de faenas (retiro de equipos e infraestructura).

1.6 Descripción de la Fase de Construcción

1.6.1 Indicación de las Partes, Obras y Acciones Asociadas a la Fase de Construcción

A esta fase corresponderán las actividades de preparación del Sitio previo al inicio del proceso de remediación. A continuación, se detallan las actividades correspondientes a esta Fase del Proyecto.

1.6.1.1 Transporte de Personal, Maquinaria, Equipos y Materiales

Al inicio de la Fase de Construcción, se contempla el traslado al Sitio de todas aquellas maquinarias, equipos, estructuras y materiales necesarios para las tareas de remediación.

Dentro de las maquinarias y equipos a trasladar al Sitio, se consideran equipos de construcción estándar, tales como excavadoras, retroexcavadoras, motoniveladoras; en tanto que los materiales incluyen acero, hormigón, agua para la construcción, madera para moldajes e insumos menores necesarios para la construcción de la instalación de faenas y la adecuación de caminos internos.

También se contempla el transporte de las vigas H y madera que servirán para la construcción del muro berlinés.

El personal a cargo de la supervisión de las obras se trasladará en vehículos de transporte privados, principalmente camionetas 4x2 o 4x4, furgonetas, o similar, según los requerimientos de cada actividad.

1.6.1.2 Instalación de Cierre Perimetral

En cada una de las etapas del Proyecto se instalará un cerco perimetral alrededor del límite del Paño correspondiente.

El cerco perimetral estará compuesto por paneles OSB (18 mm de espesor) o equivalente, con una altura de aproximadamente 3,6 m, y cadeneteados por "tablas de tapa". De manera alternativa y dependiendo de la disponibilidad de materiales del contratista que realice los trabajos, el cerco perimetral podría ser construido con muros tipo pandereta.

1.6.1.3 Instalación de Faenas

La instalación de faenas se emplazará en el Paño Norte, cerca del límite Este del predio y será utilizado en las dos Etapas del Proyecto. Es una obra temporal que será removida en la Fase de Cierre del Proyecto, una vez verificada la remediación de todo el Sitio.

La instalación de faenas ocupará un área de aproximadamente 1.000 m² y las diferentes áreas previstas se indican en la Tabla 1-24.

Tabla 1-24: Infraestructura principal de la instalación de faenas

Instalaciones	Área de ocupación aproximada (m ²)
Zona estacionamientos	147
Oficinas	21
Laboratorio	21
Comedores	21
Baños	36
Vestidores	42
Bodega de sustancias químicas	40
Bodega de materiales/herramientas	21
Área para almacenamiento de residuos no peligrosos	9
Bodega de almacenamiento temporal residuos peligrosos	96
Acopio de materiales	96
Total aproximado	550

Fuente: Elaboración propia.

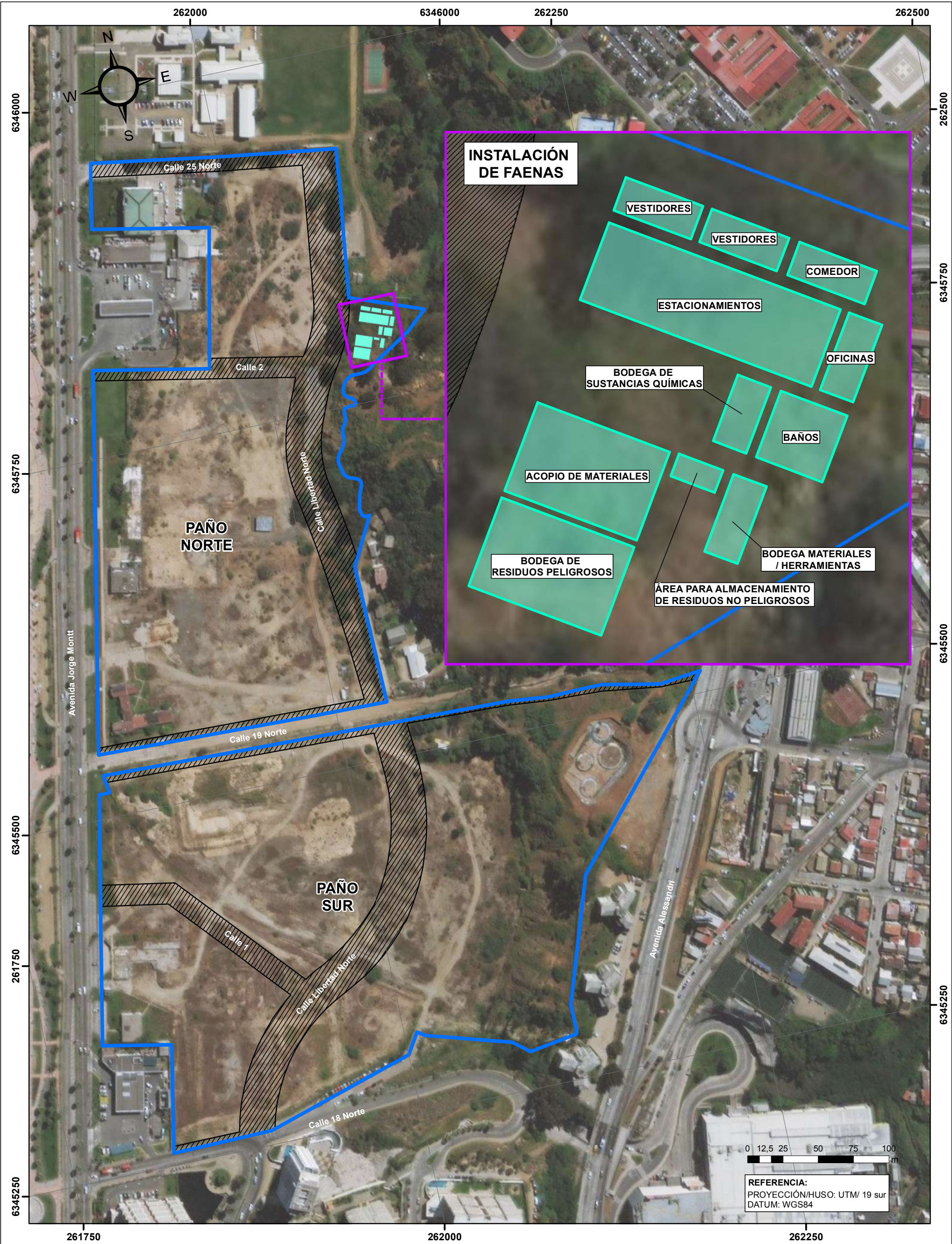
Para la habilitación de estas instalaciones se realizará el despeje, limpieza y nivelación del terreno y se aplicará una capa de grava en la superficie del suelo. No se prevén movimientos de tierra importantes ni materiales sobrantes de excavación. En el caso de requerir corte de material, se utilizará para la nivelación del terreno. En caso de que se genere algún tipo de escombros o sobrante de excavación, serán acopiados temporalmente para su posterior gestión en un sitio autorizado o para su manejo junto con los suelos que serán gestionados durante la Fase de Operación (paño Norte o Paño Sur).

Se utilizarán principalmente contenedores, con excepción de la bodega de almacenamiento de residuos peligrosos (ver Sección 1.6.8.1.3). Los contenedores de oficinas y bodega estarán acondicionados con electricidad, ventanas, puerta de acceso en pared lateral y piso tipo flotante o similar.

Durante el periodo inicial de montaje de las instalaciones de faenas se habilitarán baños químicos, en una cantidad proporcional al número de trabajadores de acuerdo a las exigencias del D.S. N° 594/99 del Ministerio de Salud (MINSAL). El manejo y disposición de los residuos de los baños químicos será realizado por el proveedor el que contará a su vez con su respectiva autorización sanitaria. Una vez habilitada las instalaciones de faenas, los baños químicos serán reemplazados por un área de baños fijos con conexión a la red de suministro de agua y alcantarillado.

En las áreas de trabajo que se encuentren a más de 75 m de la instalación de faenas, se habilitarán baños químicos de acuerdo a la cantidad de trabajadores, dando cumplimiento a los requerimientos del DS 594/1999.

La instalación de faenas proyectada se muestra en Figura 1-14. Es importante mencionar que el layout podría variar en la etapa de ingeniería de detalle del Proyecto o por necesidades de la empresa contratista que realice los trabajos, manteniendo las mismas instalaciones básicas y servicios indicados en esta sección del documento, y la misma ubicación y superficie descrita.



SIMBOLOGÍA

- Instalación de faenas
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)






ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

INSTALACIÓN DE FAENAS PROYECTADA

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA:	REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-14	

1.6.1.4 Mejoramiento de Caminos de Acceso

Para la ejecución del Proyecto se utilizarán los accesos existentes en los sectores Norte y Sur del Sitio, provistos de portones que proporcionan accesos por calle 19 Norte y por la calle 18 Norte, así como por el Oeste por la Avenida Jorge Montt. Estos accesos son aptos tanto para vehículos livianos como para vehículos pesados. Los Paños Norte y Sur del Sitio cuentan actualmente con caminos interiores de circulación que permiten el desplazamiento entre las diferentes áreas del terreno.

Por otra parte, para acceder al sector alto en el costado Este del paño Sur, en donde se emplazan las estructuras remanentes de la operación histórica del Sitio (bases de estanques), se cuenta con un acceso habilitado desde la calle Subida Alessandri, equipado con un portón. Actualmente, dicho acceso es apto sólo para vehículos livianos. Considerando lo anterior, se requiere mejorar el acceso hacia dicho sector y adecuar las vías de circulación internas para el desplazamiento.

De esta forma se ejecutarán trabajos de habilitación de nuevos caminos interiores y se realizarán mejoras a los caminos ya existentes dentro del Sitio, de manera de proporcionar acceso adecuado para las maquinarias y equipos. Los caminos interiores tendrán un ancho de aproximadamente 12 m.

El mejoramiento de caminos de acceso y caminos interiores existentes y la construcción de nuevos caminos interiores, será realizado con maquinaria de construcción estándar, tales como buldócer, retroexcavadoras, motoniveladora, rodillo compactador y camiones tolva para el transporte de material. El mejoramiento supone la nivelación del terreno y la aplicación de una capa de gravilla.

El movimiento de tierra será mínimo y no se prevé material sobrante de los trabajos de nivelación.

1.6.1.5 Recepción y Almacenamiento de Sustancias Químicas para el Proceso de Biorremediación Mejorada

Las sustancias químicas que se utilizarán para el sistema de tratamiento de biorremediación mejorada serán adquiridas de un proveedor especializado en insumos químicos para remediación ambiental. El compuesto a utilizar es el peróxido de calcio, sustancia peligrosa (Clase de peligrosidad 5.1 – comburente), cuya hoja de seguridad se acompaña en el Anexo 1.9.

El peróxido de calcio será trasladado por el proveedor hasta el sitio, donde se acopiará temporalmente en una bodega de sustancias químicas para pequeñas cantidades, habilitada en el área de instalación de faenas, manteniendo en esta un stock inferior a 30 ton.

La bodega será adecuada en un contenedor o instalación similar y el manejo y almacenamiento de las sustancias químicas cumplirá con las disposiciones del D.S. N° 43/2015, "Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas".

1.6.1.6 Hincado de Vigas Muro Berlínés

Como ya se ha mencionado, el muro berlinés se utilizará como soporte de las excavaciones asociadas a la remediación del terreno en la Fase de Operación, en el perímetro exterior de cada Paño (ver Figura 1-17 Es una técnica de contención que consiste en hincar perfiles de acero verticales (mencionadas también en el presente documento como vigas "H") con una longitud igual a la altura de excavación más un empotramiento. Estos elementos se hincan entre 0,80 m a 1,60 m de separación pudiendo llegar incluso hasta los 3 m, entre los cuales se colocan tablonces de madera perpendicular a medida que se sucede con la excavación. La estabilidad del conjunto se logra agregando anclajes o pernos los cuáles se ejecutan sobre una viga o placa de apoyo que transmiten la carga en los perfiles (ver Figura 1-15).

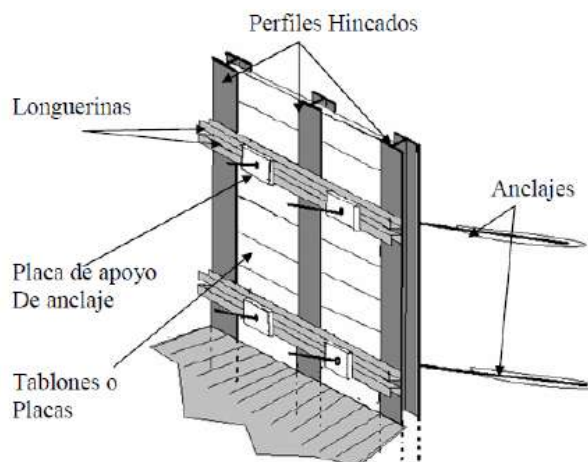


Figura 1-15: Esquema de muro berlínés

Fuente: Revista BIT (55), Julio 2007

En la Fase de construcción de cada una de las etapas del Proyecto se realizará el hincado de los perfiles metálicos del muro berlínés. La conformación final del muro (instalación de tablones, anclajes y longuerinas) se llevará a cabo a medida que avancen las excavaciones de la Fase de Operación.

El hincado de los perfiles de acero se realizará haciendo uso de un martillo vibrador montado sobre una excavadora, similar al mostrado en la Figura 1-16. Los perfiles a instalar se hincarán en secciones de 2,0 a 3,0 m y se irán uniendo entre sí mediante coplas, hasta alcanzar la profundidad requerida.

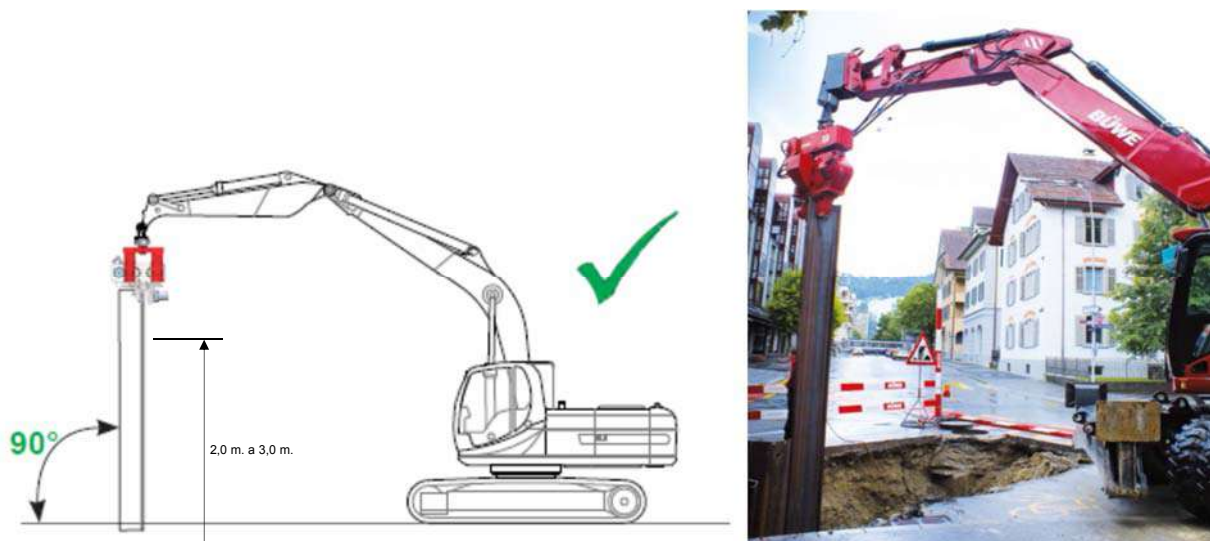
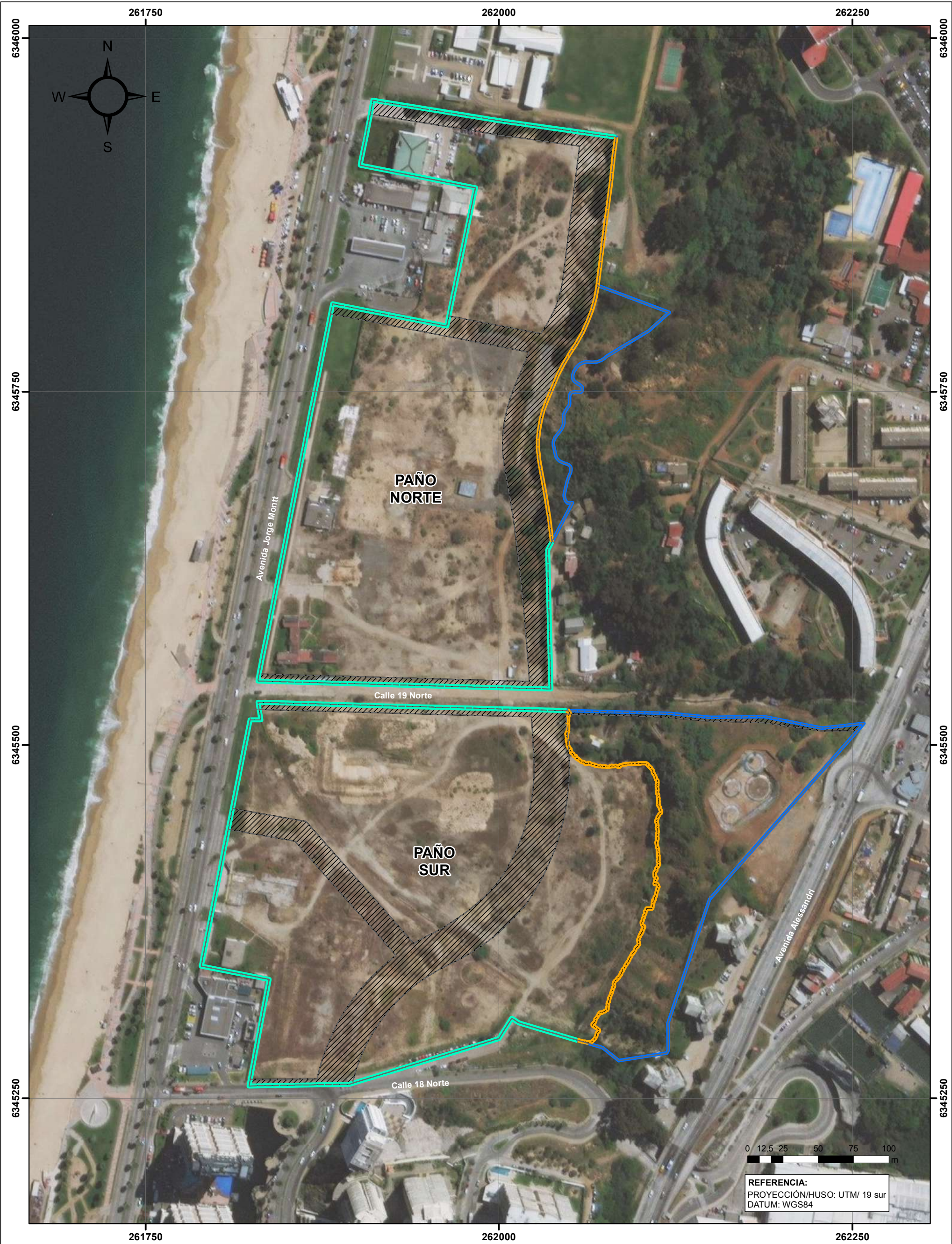


Figura 1-16: Ejemplo de hincado de perfiles usando martillo vibratorio montado sobre excavadora

Fuente: Dawson Construction Plant Ltd, Excavator mounted vibrator, Owners Manual.

El perímetro sobre el cual se prevé la instalación de los perfiles metálicos para el muro berlínés se presenta en la Figura 1-17.



SIMBOLOGÍA

- Muro Berlínés
- Soil Nailing
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)





ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO "SANEAMIENTO DEL
TERRENO LAS SALINAS"

PERIMETRO DE SOPORTE DE
EXCAVACIONES CON MUROS
BERLINÉS Y SOIL NAILING

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA:	REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-17	

1.6.1.7 Remoción de Infraestructura Remanente

La remoción de infraestructura remanente hace referencia al retiro de estructuras que aún existen en el Sitio producto de operaciones pasadas. Básicamente consisten en edificios de oficinas en el Paño Norte y el Paño Sur y bases de estanques en el Paño Sur, localizadas en el sector Este en lo alto de la ladera. La localización de las principales estructuras a remover se indica en la Figura 1-18.

De acuerdo a los antecedentes del Sitio, las investigaciones ambientales realizadas en el mismo y a la Evaluación de Riesgos a la Salud Humana (HHRA) desarrollada como parte de dichas investigaciones, no se requiere realizar ningún tipo de remediación en el sector de la ladera del Paño Sur. Tampoco se requiere realizar ninguna remediación bajo las edificaciones existentes actualmente, ya que fueron utilizadas en el pasado como oficinas o bodegas sin ningún manejo de combustibles.

Para la remoción de estas estructuras se utilizarán los mismos procedimientos contemplados en la RCA N° 203/2004, es decir, maquinaria de demolición (por ejemplo, martillos demoledores), de manera de reducir en tamaño las estructuras para su posterior retiro del lugar y acopio mediante retroexcavadoras.

Las estructuras removidas serán acopiadas en un sector cercano a las excavaciones, para su posterior transporte por un tercero hasta un sitio de disposición autorizado.

Para el caso de la base de los estanques existentes en el paño Sur, una vez retiradas las bases de concreto se excavará el suelo subyacente hasta una profundidad de aproximadamente entre 0,5 m a 1,0 m.

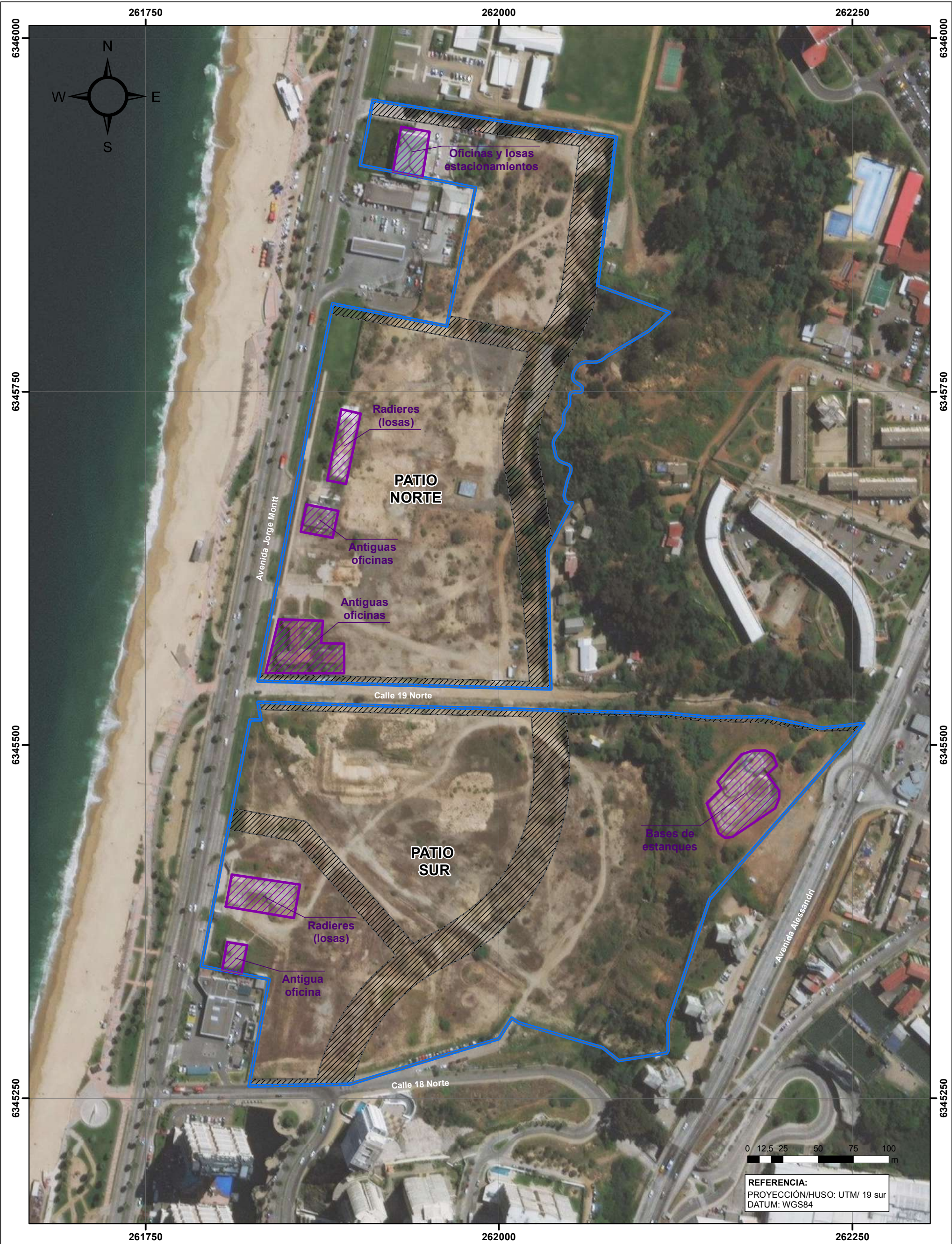
La cantidad estimada de material a transportar fuera del Sitio para su disposición se presenta en Tabla 1-25.

Tabla 1-25: Estimación de volúmenes de estructuras a disponer como residuo industrial no peligroso – bases de estanques sector cerro

Sector	Volumen de escombros (m3)	
	Etapas 1	Etapas 2
Escombros Demolición bases estanques (alto de la ladera oeste)	461	0
Suelo subyacente bajo estanques (alto de la ladera oeste)	2.000*	0
Escombros Edificaciones y radieres	350	2000

Para el cálculo del volumen de suelo subyacente se utilizó una profundidad promedio de 1,0 m, correspondiente al suelo de fundación.
 Fuente: Elaboración propia.

El material de la demolición y los suelos serán enviados a una escombrera autorizada o a un sitio de disposición final de residuos de construcción, mediante terceros autorizados.



SIMBOLOGÍA

- Instalación remanente
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)






GOLDER

LAS SALINAS
PROYECTO LAS SALINAS

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

PRINCIPAL INFRAESTRUCTURA

REMANENTE A REMOVER

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA:	REV 0
REVISOR	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-18	

1.6.2 Fecha Estimada e Indicación de la Parte, Obra o Acción que Establece el Inicio y Término de la Fase de Construcción

Se estima que el Proyecto iniciará las actividades de Construcción de la Etapa 1 en marzo de 2020, comenzando con la instalación de faenas como hito de inicio de la Fase de Construcción del Proyecto. No obstante, esta fecha podría variar, dependiendo de la fecha en que se obtenga la RCA favorable del Proyecto.

El inicio de la Fase de Construcción de la Etapa 2 del Proyecto sólo podrá darse una vez finalizada la Fase de Cierre de la etapa anterior pudiendo existir un período de inactividad entre ambas Etapas, lo cual dependerá de las necesidades y avances del proyecto. Sin perjuicio de lo anterior, el inicio de cada una de las etapas del Proyecto será informado de manera oportuna a la Autoridad Ambiental.

En la Tabla 1-26 se presenta el hito de inicio y término de la Fase de Construcción de cada una de las etapas del Proyecto.

Tabla 1-26: Hitos de inicio y término de la Fase de Construcción en cada etapa del Proyecto

Etapa del proyecto	Inicio		Término	
	Hito de inicio	Fecha estimada	Hito de término	Fecha estimada
Etapa 1 Paño Sur	Instalación de faenas	Marzo 2020	Recepción y almacenamiento de materiales	Junio 2020
Etapa 2 Paño Norte	Movilización del contratista	Marzo 2023	Recepción y almacenamiento de materiales	Junio 2023

Fuente: Elaboración propia.

1.6.3 Cronograma de las Principales Partes, Obras y Acciones Asociadas a la Fase de Construcción

Cada una de las etapas del Proyecto se presenta con un cronograma de construcción independiente, donde se indican las principales partes, obras y acciones de la Fase de Construcción. La Etapa 2 podrá iniciar inmediatamente o entre 6 meses a 1 año después de finalizada la Fase de Cierre de la Etapa anterior. Para efectos de evaluación de los impactos, de forma conservadora, se ha considerado que las Etapas son secuenciales y que la Etapa 2 comienza inmediatamente después de concluida la Fase de Cierre de la Etapa 1.

En los cronogramas de la Figura 1-19 y Figura 1-20 se presenta la programación de trabajos de la Fase de Construcción de cada etapa del Proyecto. Las fechas indicadas son estimadas y podrán variar dependiendo de la fecha de obtención de la RCA del presente Proyecto y del avance de cada etapa del Proyecto.

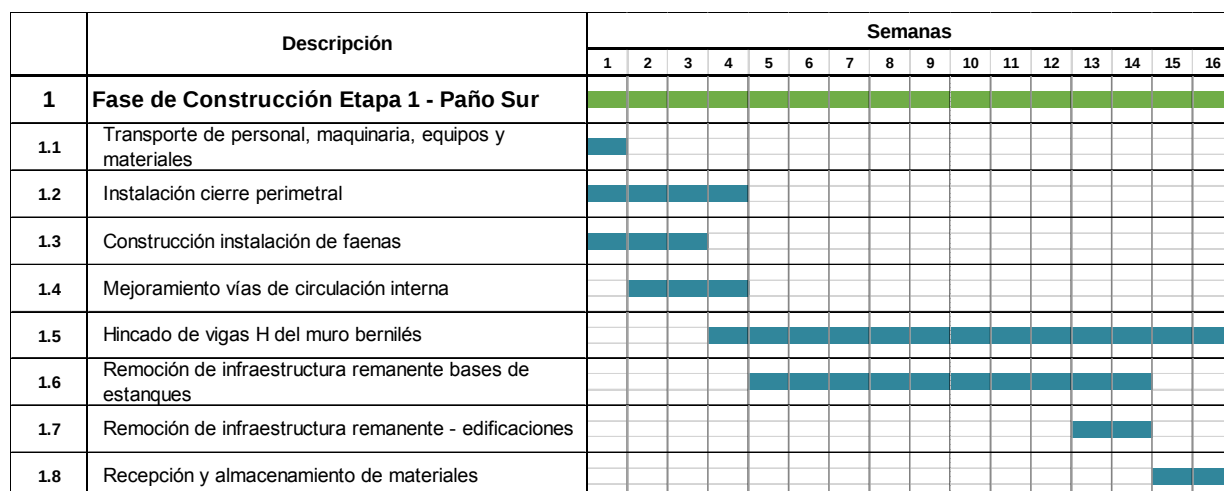


Figura 1-19: Cronograma de actividades para la Fase de Construcción Etapa 1

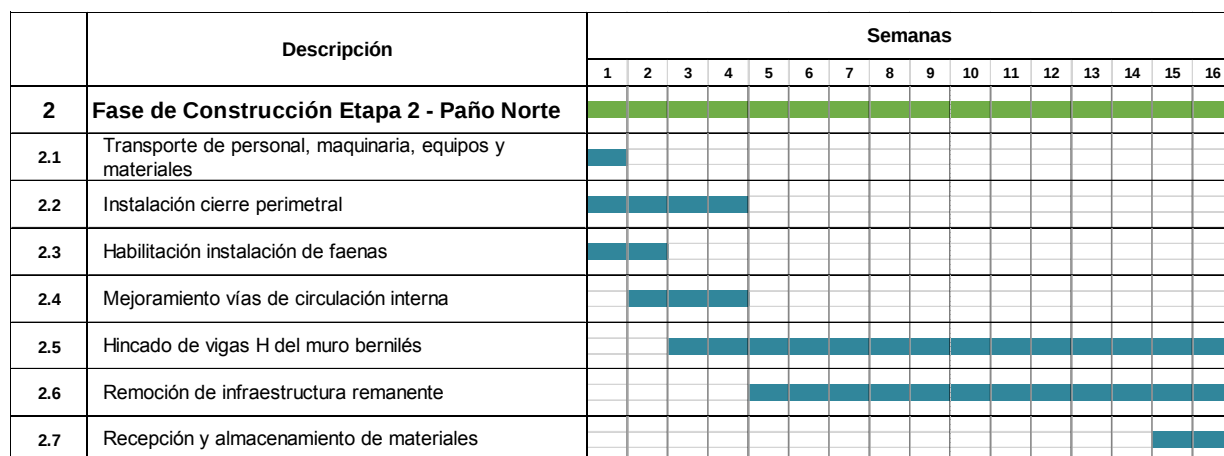


Figura 1-20: Cronograma de actividades para la Fase de Construcción Etapa 2

1.6.4 Mano de Obra Requerida Durante la Ejecución de la Fase de Construcción

La mano de obra requerida promedio y máxima para la Fase de Construcción de cada una de las etapas del Proyecto se presenta en la Tabla 1-27.

Tabla 1-27: Mano de obra estimada durante la Fase de Construcción, para cada una de las Etapas del Proyecto

Etapa	Promedio	Máximo
Etapa 1	39	50
Etapa 2	40	48

Fuente: Elaboración propia.

Se prevé que, sin perjuicio de situaciones excepcionales, en la Fase de Construcción se realizarán trabajos de lunes a viernes de 8:00 a 21:00 y los sábados de 8:00 a 14:00, con jornadas que cumplan con la legislación laboral vigente.

En general, la mano de obra estará compuesta por jefes de obra, supervisores, prevencionista de riesgo, capataces, ayudantes, operadores de maquinaria, conductores de camiones, servicios generales, entre otros.

1.6.5 Descripción de Cómo se Proveerá los Suministros Básicos durante la Fase de Construcción

1.6.5.1 Suministro de Energía Eléctrica

La energía eléctrica requerida para la Fase de Construcción de cada una de las etapas del Proyecto será obtenida directamente desde la red eléctrica proporcionada por el proveedor de energía local.

También se utilizarán generadores eléctricos pequeños (por ejemplo, generador eléctrico a diésel 2,2 kW, 220 V, generador eléctrico a diésel 2,2 kW, 220 V, generador eléctrico a diésel 10 kVA, 380 V, etc.), principalmente durante los trabajos de muestreo inicial.

1.6.5.2 Combustible

El combustible, así como los aceites y lubricantes necesarios para la maquinaria de faena en la ejecución de los trabajos de construcción de cada una de las etapas del Proyecto, será proporcionado por empresas autorizadas en cumplimiento con la normativa relativa a transporte y distribución/entrega de los mismos.

Para los equipos y maquinarias que utilicen petróleo diésel, se estima un consumo máximo de 500 L diarios para el mes de mayor consumo. Tanto los combustibles como los aceites serán entregados directamente en faena por una empresa proveedora de este servicio.

Dado el bajo consumo estimado, no se contempla la construcción de estanques en terreno y el abastecimiento diario se realizará directamente a los equipos. El abastecimiento del combustible será proporcionado por un contratista y se realizará en lo que respecta a su compra, traslado y almacenamiento, bajo las normas establecidas para tales efectos (D.S. N° 160/08, Ministerio de Economía).

1.6.5.3 Agua Potable

El agua para el consumo del personal en el área de instalación de faenas será obtenida de la red de la empresa distribuidora de agua potable ESVAL. Considerando el número máximo de 50 trabajadores en obra y una dotación de agua potable de 150 litros/día/persona, se estima un consumo mensual máximo de 188 m³ (25 días hábiles), considerando abastecer el *peak* de la Fase de Operación, que se presentará en la Etapa 1.

El suministro cumplirá con lo establecido por la normativa vigente (Decretos Supremo N° 735/1969, N° 594/1999, ambos del MINSAL; y Norma Chilena Oficial NCh 409/1Of. 2005), en cuanto a su cantidad y calidad. Adicionalmente, se considera una dotación de agua para bebida de 5 L/día/persona, agua que será suministrada en bidones plásticos, sellados, etiquetados y certificados. Esta agua potable será suministrada para los trabajadores en sus frentes de trabajo.

1.6.5.4 Agua Industrial

El uso de agua industrial estará asociado principalmente a la humectación de caminos y construcción de faenas. El agua requerida será comprada a un proveedor externo autorizado para prestar este servicio y transportada por camiones aljibe. Se estima el empleo de un camión aljibe (15 m³ cada uno) al día, para el período de mayor trabajo.

En el período de mayor aplicación (verano), la frecuencia de aplicación de agua para la humectación de caminos de circulación internos dependerá de las condiciones climáticas, teniendo una frecuencia más baja en el invierno.

1.6.5.5 Sustancias y Materiales de Construcción

Los principales materiales e insumos que se requerirán en la Fase de Construcción de las obras del Proyecto son hormigones, acero de refuerzo, perfiles metálicos (vigas "H") y áridos, los cuales serán provistos por proveedores seleccionados en las licitaciones correspondientes. En la Tabla 1-28 se presenta una cuantificación aproximada de los materiales de construcción requeridos en cada una de las etapas del Proyecto.

Tabla 1-28: Insumos y materiales de construcción por cada Etapa del Proyecto

Tipo de insumo o material	Cantidad aproximada de insumos y materiales estimados por etapa	
	Etapas 1	Etapas 2
Hormigón reforzado en instalación de faenas (m ³)	10	5
Áridos instalación de faenas y vías de circulación interna (m ³)	140	70
Arena y grava (m ³)	21	15
Perfiles metálicos para muro berlinés de 3 m de longitud (considera separación de 2,0 m. entre perfiles)	403	545

Fuente: Elaboración propia.

Los áridos serán obtenidos de proveedores que cuenten con todas las autorizaciones vigentes. Se exigirá a la empresa proveedora, la entrega de una copia del permiso otorgado por la municipalidad.

1.6.5.6 Servicios Higiénicos

Durante el periodo inicial de montaje de las instalaciones de faenas se habilitarán baños químicos, en una cantidad proporcional al número de trabajadores, de acuerdo a las exigencias del D.S. N° 594/99 del MINSAL. El manejo y disposición de los residuos de los baños químicos será realizado por el proveedor que contará con la debida autorización sanitaria.

Una vez habilitada la instalación de faenas, los baños químicos serán reemplazados por un área de baños con conexión a la red de suministro de agua y alcantarillado de la ciudad.

Además, se proveerá de baños químicos en cada uno de los frentes de trabajo, suministrados por una empresa autorizada, que se encargará del manejo y disposición de los residuos. Se mantendrá un registro de las mantenciones realizadas a los baños químicos, el que estará disponible para la Autoridad Sanitaria cuando ésta lo requiera. Dicho registro contendrá lo siguiente:

- Fecha de limpieza estanques del baño químico.
- Nombre y firma del operador que realiza el servicio (empresa contratista).

- Registro de la próxima mantención.

1.6.5.7 Alimentación

No se contempla la preparación de alimentos en el área de trabajo. No obstante, se adecuará un área de comedor como parte de las instalaciones de faenas, que cumplirá con las normas vigentes.

1.6.5.8 Alojamiento

No se contempla disponer de campamentos ni sitios de pernoctación del personal. La mano de obra calificada proveniente de fuera de la ciudad pernochará en hoteles o departamentos de la Región.

1.6.5.9 Sustancias Químicas

La Fase de Construcción no contempla el uso de ninguna sustancia química. Se incluye en esta fase únicamente la recepción de las sustancias químicas que se usarán para la tecnología de remediación de biorremediación mejorada. Estas sustancias serán adquiridas de un proveedor especializado en insumos químicos para remediación ambiental.

Se hace presente que durante la Fase de Operación, también será necesaria la recepción de las mismas sustancias químicas, para completar el proceso de remediación mencionado previamente.

Considerando que el peróxido de calcio está clasificado como sustancia peligrosa (Clase de peligrosidad 5.1 – comburente), se habilitará una bodega en el área de instalación de faenas para su almacenamiento temporal.

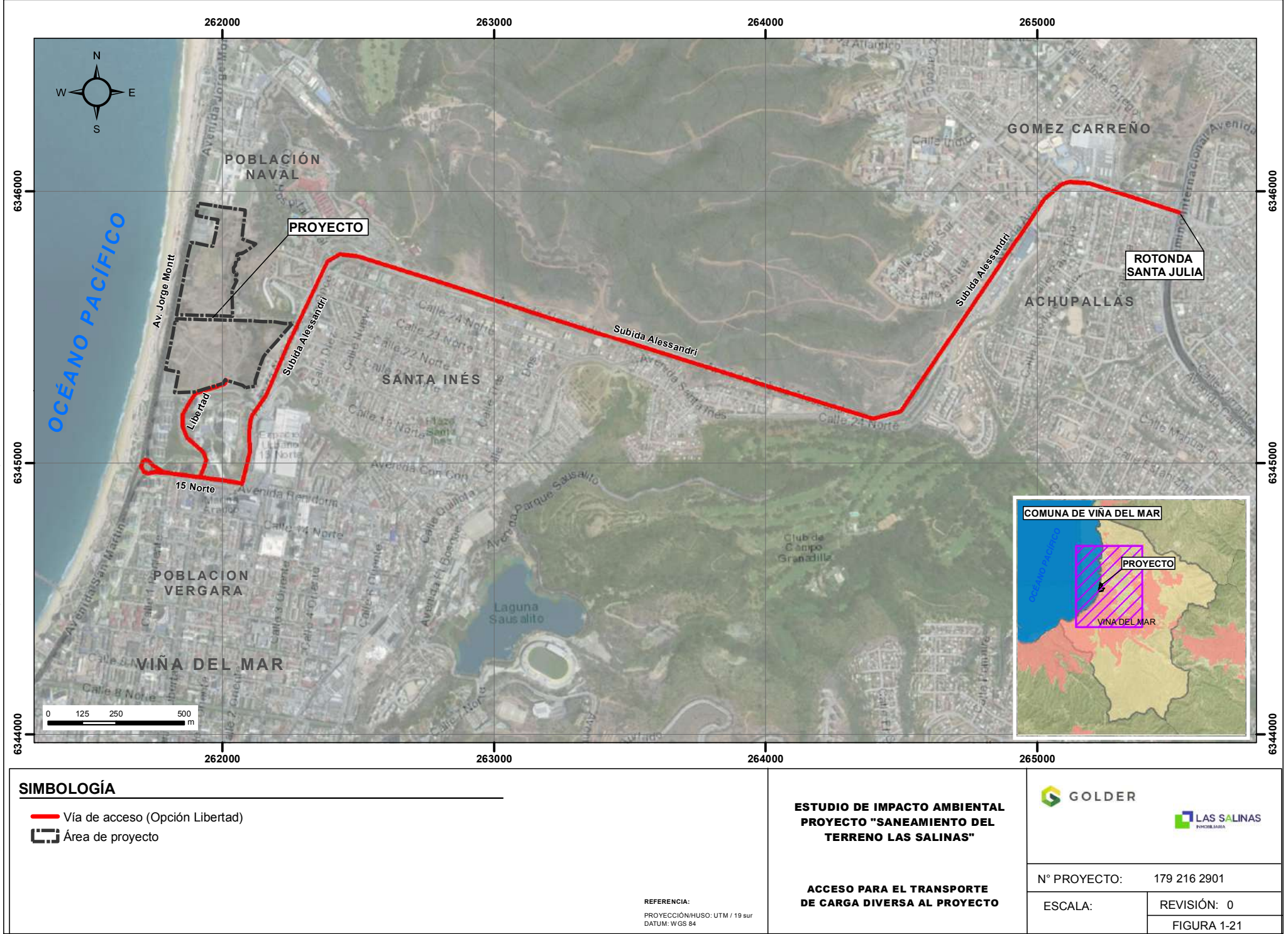
1.6.5.10 Transporte

El transporte de insumos, maquinaria, equipos, así como el traslado de escombros para la Fase de Construcción de cada una de las etapas del Proyecto será realizado en camiones de terceros debidamente autorizados, a través de una ruta preferente de acceso al Sitio (ver Figura 1-21), con una extensión aproximada de 6,0 km desde el área del Proyecto. La selección de la Rotonda Santa Julia como final y/o inicio de la ruta, según corresponda el tipo de desplazamiento, se debe a que éste es el punto de conexión a la Ruta 60-CH, camino de carácter Internacional, permitiendo la conexión de los vehículos con autopistas de las rutas viales a nivel nacional.

Para el caso particular del transporte de sustancias peligrosas, los vehículos contarán con la rotulación y hoja de datos de seguridad correspondiente, además de las autorizaciones ambientales y sectoriales requeridas para este tipo de traslados, dando cumplimiento al D.S. N° 298/95 Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), "Reglamento para el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos".

Así mismo, en caso que durante la ejecución del Proyecto se requiera el traslado de elementos con sobredimensión o sobrepeso, el Titular tramitará las autorizaciones correspondientes ante la Dirección Regional de Vialidad, de acuerdo a lo establecido en el artículo 30 del Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) N° 850/97, del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 15.840/1964 y del D.F.L. N° 206/1960 y a lo estipulado en el artículo 63 del D.F.L. N° 1/2007 del MINTRATEL, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.290, sobre Tránsito.

Path: J:\COPEC\I\S99_PROJECT\SV179 216 2901\01_WORKSPACE\IMXD\Rev 0\Ddp\Figura 1-21 Ddp_Acceso Transporte Carga Diversa_Rev0.mxd



SIMBOLOGÍA

- Vía de acceso (Opción Libertad)
- Área de proyecto

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO "SANEAMIENTO DEL
TERRENO LAS SALINAS"**

**ACCESO PARA EL TRANSPORTE
DE CARGA DIVERSA AL PROYECTO**



N° PROYECTO: 179 216 2901	
ESCALA:	REVISIÓN: 0
FIGURA 1-21	

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

Para el traslado de las personas hacia y desde el área del Proyecto, se emplearán vehículos menores particulares. Por estar el Proyecto emplazado dentro de la zona urbana, la mayoría del personal podrá hacer uso del servicio de transporte público (microbuses, colectivos, taxis) de la ciudad de Viña del Mar y comunas aledañas para llegar hasta el área de los trabajos.

La descripción de los vehículos de transporte, de los tipos de embalaje utilizados en el transporte y del transporte de carga diversa y de mano de obra del Proyecto durante la fase de construcción, se detallan respectivamente en la Tabla 1-29, Tabla 1-30 y Tabla 1-31, presentadas a continuación, según los requerimientos establecidos por la “Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA” elaborada por el SEA (2017).

Tabla 1-29: Descripción de los vehículos de transporte, fase de construcción

Tipo de vehículos	Capacidad del vehículo de transporte
Camión rampa	30 ton
Camión estanque	15 m ³
Camión tolva	22 ton
Camionetas y vehículos livianos	1,5 ton

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 1 de la “Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA”, elaborada por SEA (2017).

Tabla 1-30: Descripción de tipos de embalajes utilizados en transporte, Fase de Construcción

Tipo de embalaje	Características generales del embalaje	Identificación de la carga a transportar
Envase: Bins o maxisacos	Capacidad de almacenamiento: 1 m ³	Peróxido de calcio
A granel	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 11 m	Áridos
A granel:	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 11 m	Suelos y escombros
A granel	Capacidad estanque: 15.000 L Longitud estanque: 6 m	Agua de uso industrial
A granel	Capacidad estanque: 15.000 L Longitud estanque: 6 m	Combustible
A granel	Capacidad camión: 30.000 Kg Longitud rampa: 20,5 m	Maquinaria, equipos y materiales (acero de refuerzo y perfiles metálicos para el muro berlinés)

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 2 de la “Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA”, elaborada por SEA (2017)

Tabla 1-31: Descripción del transporte de carga diversa fase de construcción

Regiones	Comuna(s)	Rutas del transporte	Características de la carpeta de rodado	Instalación de origen o lugar de carga	Instalación de destino o lugar de descarga	Modo de transporte	Identificación de la carga a transportar	Cantidad de carga a transportar por tiempo	Frecuencia Máxima de viajes (viajes/día)	Observaciones
Valparaíso	Viña del Mar	Ruta 64 Rotonda Santa Julia Subida Alessandri Alessandri Av. Benidorm (ex Quince Norte) Nueva Libertad Dieciocho Norte	Hormigón	Proveedor autorizado en Viña o Valparaíso. Ingreso por Rotonda Santa Julia E 265528 N 6345920	Acceso Proyecto E 262000 N 6345294	Modo camión	Maquinaria y equipos	50 ton	2	Transporte realizado por terceros. La actividad se desarrollará durante 1 semana en cada Etapa, mediante camiones de terceros
							Materiales (Acero de refuerzo y perfiles metálicos)	200 ton	2	El traslado de los materiales será realizado por proveedores desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones durante 1 semana en cada etapa del Proyecto.
							Contenedores e infraestructura para instalación de faenas	30 ton	4	El traslado será realizado por el proveedor desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante camiones durante 1 semana en cada Etapa del Proyecto
							Áridos para mejoramiento de caminos	6,4 m³/día	3	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado de áridos, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones por un periodo de 4 semanas en cada Etapa del Proyecto.
							Combustible	500 L/día	1	El traslado será realizado diariamente por un proveedor autorizado, utilizando un camión estanque autorizado para el manejo de combustible
							Agua de uso industrial	30 m3/día	2	El traslado será realizado diariamente por un proveedor autorizado, mediante camiones estanque
							Peróxido de Calcio (Sustancia Peligrosa)	30 ton	4	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones. Se mantendrá un stock de 30 toneladas en el Sitio. Se trasladará al Sitio a medida que se vaya usando.
		Dieciocho Norte Nueva Libertad Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Jorge Montt Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Alessandri Subida Alessandri Rotonda Santa Julia Ruta 64	Hormigón	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Sitio de disposición final autorizado, saliendo por la Rotonda Santa Julia E 265528 N 6345920	Vehículo Liviano	Personal	Máximo 4 personas por vehículo	5	El desplazamiento diario de personal mediante vehículos livianos y camionetas
						Modo camión	Suelos y escombros de estructuras remanentes	1.550 en Etapa 1	5	Durante 10 semanas en la Etapa 1 y 12 semanas en la Etapa 2, se trasladarán mediante camiones tolva con cubierta de un tercero con autorización.
								800 En Etapa 2	5	Durante 10 semanas en la Etapa 1 y 12 semanas en la Etapa 2, se trasladarán mediante camiones tolva con cubierta, autorizados.
						Vehículo Liviano	Personal	Máximo 4 personas por vehículo	5	El desplazamiento diario de personal mediante vehículos livianos y camionetas

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 3 de la “Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA”, elaborada por SEA (2017).

El flujo indicado en la Tabla 1-31 corresponde al total del Proyecto en su Fase de Construcción y es poco significativo en comparación con el flujo base de vehículos en el sector. Se estima un número máximo de cinco viajes (ida y vuelta) de camiones por día asociados al proyecto y de cinco viajes de vehículos livianos (ida y vuelta), para las duraciones indicadas en la Tabla 1-31. La duración de la Fase de Construcción de cada una de las Etapas se presenta en la Sección 1.6.3.

1.6.6 Ubicación y Cantidad de Recursos Naturales Renovables a Extraer o Explotar por el Proyecto

El Proyecto en evaluación no contempla la extracción o explotación de recursos naturales renovables.

1.6.7 Las Emisiones del Proyecto o Actividad y las Formas de Abatimiento y Control Contempladas

A continuación, se presenta el detalle de las emisiones, descargas y residuos generados durante la Fase de Construcción de las etapas del Proyecto, y las medidas de manejo que serán implementadas para su gestión.

1.6.7.1 Emisiones Atmosféricas

Durante la Fase de Construcción del Proyecto, las emisiones atmosféricas corresponderán principalmente a material particulado y gases, producto de las actividades de adecuación de caminos e instalación de faenas, carga y descarga de material, generadores diésel, circulación de vehículos por caminos no pavimentados dentro del Sitio y remoción de infraestructura remanente.

El cálculo de las emisiones para la Fase de Construcción se presenta en el Anexo 4.1, “Estimación de emisiones atmosféricas y modelación de calidad de aire” y la evaluación del impacto de las emisiones en el Capítulo 4 “Predicción y Evaluación de Impactos Ambientales”. Tal como se observa en el Anexo mencionado, las emisiones producto de las actividades del Proyecto no generan impactos significativos en los receptores residenciales cercanos, cumpliendo con las normas de calidad del aire vigentes. Sin perjuicio de lo anterior, se implementarán las siguientes medidas de abatimiento y control:

- Se mantendrán humectadas las áreas de trabajo (humectación de caminos internos) mediante riego con camiones aljibes, cuya agua se obtendrá a través de proveedores debidamente autorizados. La frecuencia de humectación dependerá de la época del año y de las condiciones climáticas imperantes.
- Se realizará limpieza y mantención de la calle 19 Norte, para evitar acumulación de barro que pueda generar emisiones de material particulado.
- Se realizará la limpieza de las ruedas de camiones antes de su salida del Sitio.
- Los camiones que transporten materiales mantendrán su carga cubierta, a modo de impedir el levantamiento de polvo.
- Los vehículos cumplirán con la norma de emisión vigente, tendrán su revisión técnica al día y contarán con su sello verde adherido en el parabrisas del vehículo.
- El tránsito de maquinaria y vehículos se realizará a baja velocidad (máximo 25 km/h).
- Se exigirá contractualmente el mantenimiento periódico de los vehículos y equipos, conforme a lo indicado en la normativa relativa a esta materia.

Como medida de seguimiento voluntaria, durante la ejecución del Proyecto se llevarán a cabo monitoreos de calidad del aire para verificar que se cumple con las normas de calidad en los receptores cercanos.

1.6.7.2 Emisiones de Olor

Las obras y acciones que se llevarán a cabo durante la Fase de Construcción de cada una de las etapas del Proyecto no generarán olores molestos a los residentes vecinos.

1.6.7.3 Emisiones de Ruido

Durante la Fase de Construcción las principales fuentes de emisión de ruido corresponden al uso de maquinaria dentro del Sitio y circulación de vehículos, principalmente durante las labores de instalación de las vigas para el muro berlinés, adecuación de vías internas y remoción (demolición) de infraestructura remanente.

La descripción de los receptores sensibles actuales y su localización se presentan en la Tabla 1-32 y en Figura 1-22.

Tabla 1-32: Ubicación y descripción de los receptores de emisiones de ruido

Punto	Descripción	Altura del receptor (m)	Uso efectivo	Coordenadas UTM Datum WGS 84 Huso 19H	
				Este (m)	Norte (m)
1	Edificio habitacional de 20 pisos ubicado en calle Nueva Libertad #1690.	1.5 – 49.0	Residencial	261.903	6.345.239
2	Edificio Habitacional de 5 pisos ubicado en Av. Alessandri #420.	11.5	Residencial	262.154	6.345.367
3	Oficinas Dirección de Obras Portuarias del Ministerio de Obras Públicas, 1 piso, ubicadas en calle 19 Norte s/n.	1.5	Fiscal	262.067	6.345.560
4	Vivienda de 1 piso, ubicada en calle Anakena s/n, Sector Paseo Los Catorce Asientos.	1.5	Residencial	262.120	6.345.693
5	Edificio del Hospital Naval "Almirante Nef", 7 pisos, ubicado en Subida Alessandri s/n.	1.5 – 16.5	Salud	262.220	6.346.012
6	Edificio de 2 pisos de la Academia de Guerra Naval, ubicado en Av. Jorge Montt #2400.	1.5 – 4.0	Militar	262.007	6.345.966
7	Oficinas administrativas de Pronto Copec, 1 piso, ubicadas en Av. Jorge Montt #2300.	1.5	Comercial	261.967	6.345.858
8	Local comercial "Los Marineros" de 1 piso, ubicado en Av. Jorge Montt, sector Playa Los Marineros.	1.5	Comercial	261.791	6.345.634

Nota: Coordenadas obtenidas en terreno.

Fuente: Estudio de impacto acústico y vibratorio, Anexo 4.4.



Figura 1-22: Ubicación de los receptores sensibles de emisiones de ruido

Fuente: Estudio de impacto acústico y vibratorio, Control Acústico. Anexo 4.4

La estimación de las emisiones acústicas y la evaluación de su potencial impacto sobre receptores sensibles se presentan en el Anexo 4.4, “Estudio de impacto acústico y vibratorio”. La evaluación realizada considera como parte del diseño del Proyecto las medidas que se indican a continuación:

- Semiencierro a las actividades de hincado de vigas H (perfiles metálicos del muro berlinés) en el sector sur del Paño Sur, frente al receptor 01 indicado en la Tabla 1-32.
- Instalación de pantallas acústicas móviles de 3.6 m de altura para el frente de remoción de infraestructura remanente en la parte baja del Paño Sur.
- Pantallas de 3.6 m de altura para el frente de remoción de infraestructura remanente en sector alto de la ladera en el Paño Sur.
- Pantallas de 2.4 m de altura para el frente de remoción de infraestructura remanente en el Paño Norte.

Se realizaron modelaciones de ruido a través del software de modelación acústica SoundPLAN para la Fase de Construcción de las dos etapas que contempla el Proyecto, considerando los receptores más sensibles que fueron identificados en los estudios de Línea de Base del Proyecto y considerando también las medidas de control señaladas previamente para la Fase de Construcción del Proyecto. Para cada etapa del Proyecto se evaluó el escenario más conservador, considerando las emisiones de ruido en el receptor más sensible. En el caso que a futuro se incorporen nuevos receptores producto de desarrollos inmobiliarios en el sector, se

aplicarán las mismas medidas de control descritas previamente en aquellas áreas de trabajo cercanas a los nuevos receptores.

La efectividad de las medidas de mitigación y gestión fue verificada en el análisis de modelación, comprobando que la aplicación de estas permite reducir el nivel de emisión inicial y dar cumplimiento a los máximos que establece el D.S. N° 38/2011 del MMA para cada caso.

El detalle de cada una de las medidas, junto con los resultados de la modelación se presenta en el Anexo 4.4 “Estudio de impacto acústico y vibratorio”

Es importante mencionar que, durante la Fase de Construcción se realizará una medición de los niveles de ruido considerando los receptores, para verificar los resultados obtenidos de las modelaciones. En el caso que se incorporen nuevos receptores producto de desarrollos inmobiliarios en el sector, serán incluidos en las mediciones.

1.6.7.4 Vibraciones

Durante las actividades de construcción se podrán generar variados grados de vibración, dependiendo de la maquinaria utilizada y de los métodos constructivos empleados, considerando, además, que la operación de las maquinarias genera ondas vibratorias que disminuyen en intensidad con la distancia.

Las edificaciones cercanas a estas actividades pueden verse afectadas por vibraciones, cuyos efectos varían desde niveles casi imperceptibles, como ruido de baja frecuencia con percepción moderada, hasta efectos relevantes en las estructuras o en alguna parte de estas. De acuerdo a lo anterior, en el marco del presente EIA se efectuó una predicción de los niveles de vibraciones que podrían generarse en la Fase de Construcción del Proyecto (ver Anexo 4.4, “Estudio de impacto acústico y vibratorio”).

El método de estimación de velocidad vibratoria está basado en la normativa “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment*”, elaborada por la *Federal Transit Administration* (EEUU), donde se establecen valores de daño sobre estructura a partir de Velocidad Peak de Partícula (PPV por sus siglas en inglés) en in/s²⁶.

El análisis consideró la maquinaria de mayor emisión con la finalidad de representar y evaluar el cumplimiento normativo para un escenario crítico. Además, la distancia Fuente – Receptor correspondió a la separación mínima entre la ubicación del punto de evaluación y el punto más cercano posible a la extensión de las faenas constructivas. Para ello se consideró el perímetro del Proyecto Paño Sur y Norte.

Según los niveles de emisión de la maquinaria a usar en la Fase de Construcción, la estimación de vibraciones consideró para todos los casos la ejecución de la maquinaria “*Perforadora*”, dado que corresponde a la maquinaria que genera mayores niveles vibratorios.

Para el análisis se consideraron los mismos receptores de la estimación de emisiones de ruido (ver Figura 1-22 y Tabla 1-32).

De acuerdo a la metodología, se adoptó como criterio de daño una VPP de 0,3 in/s para estructuras de hormigón y mampostería con diseño de ingeniería y una PPV de 0,2 in/s para estructuras de madera y mampostería sin diseño de ingeniería.

²⁶ inch/second: pulgada/segundo.

De acuerdo a los resultados de los cálculos de vibración, las actividades de la Fase de Construcción no tienen la capacidad de superar el máximo permitido en todos los puntos evaluados, para el criterio de daño, por lo que se anticipa que no habrá ningún efecto por vibraciones en los residentes vecinos.

El detalle del estudio de vibraciones se presenta en el Anexo 4.4 “Estudio de impacto acústico y vibratorio”.

1.6.8 La Cantidad y Manejo de Residuos, Productos Químicos y Otras Sustancias que puedan Afectar el Medio Ambiente

A continuación, se detalla la generación y manejo de los residuos sólidos generados por el Proyecto durante la Fase de Construcción de las distintas etapas del Proyecto.

1.6.8.1 Residuos Sólidos

1.6.8.1.1 Residuos Sólidos Domésticos

Los residuos sólidos domésticos y asimilables a domésticos que se generarán en la Fase de Construcción corresponden a restos de alimentos, cartones, papel, entre otros.

Para la estimación de residuos sólidos domésticos, se considera una la cantidad promedio de trabajadores con una tasa de generación de 1 kg/persona/día y 25 días de trabajo mensual. En la Tabla 1-33 se presenta el detalle de dichos residuos por etapas:

Tabla 1-33: Estimación de residuos sólidos domésticos para cada etapa de la Fase de Construcción

Etapas	Cantidad promedio de trabajadores	Cantidad estimada de residuos sólidos domésticos (ton/mes)
1	39	1
2	40	1

Fuente: Elaboración propia.

Todos los residuos sólidos domésticos generados serán dispuestos en contenedores segregados, debidamente rotulados y sellados con tapa, los cuales serán almacenados en el área para almacenamiento de residuos no peligrosos dispuesta dentro de la instalación de faenas, identificada con señalización de seguridad adecuada y diseñada de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

La frecuencia de retiro de los residuos será de 2 veces por semana, lo cual será encargado a una empresa que cuente con resolución sanitaria para el manejo y transporte; además se acreditará la disposición final de los residuos en un relleno sanitario autorizado.

Se promoverá que en los lugares de trabajo se mantengan buenas condiciones de orden, limpieza e higiene, especialmente en los sectores donde se ubiquen los contenedores para la disposición temporal de los residuos domiciliarios.

1.6.8.1.2 Residuos Sólidos Industriales no Peligrosos

Se consideran todos los residuos tales como bolsas o sacos de embalaje y otros productos que se generarán durante la construcción de la instalación de faenas e hincado de perfiles metálicos del muro berlinés. La cantidad estimadas de estos residuos es de aproximadamente 2 toneladas por etapa. Estos residuos serán acopiados temporalmente en el área para almacenamiento de residuos no peligrosos dispuesta en la instalación de faenas. De acuerdo a la cantidad generada de este tipo de residuo, se estima que la frecuencia

de retiro será de una vez por semana. Estos residuos serán transportados por terceros autorizados hasta un sitio de disposición para residuos asimilables a domésticos autorizado.

También en cada Etapa se generarán escombros en la actividad de Remoción de Infraestructura Remanente. En la Tabla 1-34 se presentan los volúmenes estimados.

Tabla 1-34: Estimación de volúmenes de escombros y suelos de la actividad de remoción de infraestructura remanente

Sector	Volumen de escombros (m ³)	
	Etapa 1 (m ³)	Etapa 2 (m ³)
Escombros Demolición bases estanques (alto de la ladera oeste)	460	0
Suelo subyacente bajo estanques (alto de la ladera oeste)	750	0
Escombros Edificaciones y radieres	340	800
Total	1.550	800

Para el cálculo del volumen de suelo subyacente se utilizó una profundidad promedio de 1 m.
Fuente: Elaboración propia.

1.6.8.1.3 Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos que pueden ser generados durante la Fase de Construcción del Proyecto, están conformados por elementos de limpieza impregnados con hidrocarburos. En la Tabla 1-35 se presenta el detalle con las cantidades estimadas a generar en la Fase de Construcción.

Tabla 1-35: Estimación de residuos peligrosos en la Fase de Construcción para cada Etapa del Proyecto

Tipo de residuos peligrosos	Unidad	Cantidad total estimada	
		Etapa 1	Etapa 2
EPP , Paños y/o papel absorbente contaminados con hidrocarburos	ton	0,5 ⁽¹⁾	0,5 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Aproximadamente 100 kg/mes

Fuente: Elaboración propia.

Los residuos peligrosos serán almacenados en tambores metálicos de 200 L, maxisacos o similar y acopiados en una Bodega de Almacenamiento Temporal (BAT), la que tendrá un área de aproximadamente 96 m² y estará localizada en el área de instalación de faenas.

La BAT cumplirá con los requerimientos del artículo 33 del D.S. N° 148/2003, los cuales se detallan a continuación:

- Tendrá una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.
- Contará con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 m de altura.
- Será techada y protegida de las condiciones ambientales.
- La base tendrá una pendiente de 0,5%.

- Contará con capacidad de retención de escurrimiento o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- Contará con señalización de acuerdo a la NCh 2.190 Of 2003.

El tiempo máximo de almacenamiento en la BAT será de 6 meses. El retiro, transporte y disposición final de los residuos se realizará a través de empresas autorizadas.

Se contará con la correspondiente autorización sanitaria para la BAT, solicitando para ello el PAS del artículo 142 del RSEIA en la Sección 10.2 del presente EIA. Así mismo, los residuos peligrosos serán declarados a través de la ventanilla única de Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), tal como lo requiere la legislación vigente.

1.6.8.2 Efluentes Líquidos

1.6.8.2.1 Residuos Líquidos Domésticos

Los residuos líquidos domésticos que se generarán en la Fase de Construcción corresponden a las aguas servidas provenientes de los servicios higiénicos.

Durante el período inicial de montaje de las instalaciones de faena, se habilitarán baños químicos, cuyas aguas residuales serán retiradas periódicamente por una empresa que contará con las respectivas autorizaciones sanitarias. Una vez habilitada las instalaciones de faenas, los baños químicos serán reemplazados por un área de baños fijos con conexión a la red de suministro de agua y alcantarillado local.

Adicionalmente, se proveerá de baños químicos en los frentes de trabajo, suministrados por una empresa autorizada, quien se encargará del manejo y disposición de las aguas servidas. La cantidad de baños químicos será proporcional a la cantidad de trabajadores, de acuerdo a las exigencias del artículo 23 del D.S. N° 594/1999 del MINSAL.

Para la estimación de generación de aguas servidas se considera una tasa de generación de 150 L/hab/día. En la Tabla 1-36 a continuación se presenta el detalle de la generación de aguas servidas por etapa considerando 25 días de trabajo por mes.

Tabla 1-36: Estimación de aguas servidas para cada etapa de la Fase de Construcción

Etapa	Cantidad máxima de trabajadores	Cantidad estimada de aguas servidas máxima (m³/mes)
Etapa 1	50	188
Etapa 2	48	180

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que no existirá descarga de aguas residuales domésticas a cursos de agua superficiales ni subterráneos.

1.6.8.2.2 Residuos Industriales Líquidos

Durante la Fase de Construcción no se generarán residuos líquidos industriales.

1.7 Descripción de la Fase de Operación

1.7.1 Descripción de las de las Partes, Acciones y Obras Físicas Asociadas a la Fase de Operación

La Fase de Operación corresponde a la ejecución del proceso de saneamiento propiamente tal del Sitio, a través de una serie de actividades:

- Excavación del suelo hasta 0,5 m bajo el nivel del agua subterránea. Se estableció esta profundidad de excavación para compensar las potenciales fluctuaciones de los niveles del agua debido a las mareas y la estacionalidad, las que pueden modificar el estado del suelo de saturado a no saturado. Además, debido a que los suelos con mayor presencia de hidrocarburos se encuentran en la franja capilar, la remoción de 0,5 m de suelo saturado mejorará también la calidad del agua subterránea.
- Clasificación en acopios del suelo excavado a medida que avanza la excavación, en base a las concentraciones de los CDI (Ver Tabla 1-23).
- En caso de ser necesario, extracción de FLNA en los sectores donde fue identificada su presencia en el paño Norte, mediante bombeo hacia tambores y manejo como residuo peligroso. Suelo excavado en este sector será enviado a tratamiento en Biopila.
- Remediación del agua subterránea mediante la tecnología de biorremediación mejorada, en el fondo de las excavaciones de cuadrantes donde los muestreos de pozos han indicado que se exceden los SSCL para el Sitio. Complementariamente, se aplicará la biorremediación mejorada en el fondo de las excavaciones de los demás cuadrantes excavados que alcancen el nivel del agua subterránea.
- Remediación de suelos mediante la tecnología de biopilas, para suelos que exceden los SSCL residencial establecido para el Sitio.
- Relleno ordenado de la excavación con el suelo segregado en los acopios.
- Verificación de la efectividad de las actividades de remediación a través de un muestreo de verificación.

Tanto para la Etapa 1 (Paño Sur), como para la Etapa 2 (Paño Norte), se ha establecido un programa de movimiento de tierras que se describe a continuación. En el Anexo 1.10 y el Anexo 1.11 se presentan los planos de la secuencia de excavaciones y rellenos para el Paño Sur y el Paño Norte, respectivamente. La secuencia de excavación está basada en los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016.

1.7.1.1 Sectores para el Saneamiento del Terreno

Para facilitar la gestión de movimiento de suelos (excavaciones, acopios, rellenos), se ha dividido el terreno en Áreas de Saneamiento (AS), para cada Etapa del Proyecto, según se indica a continuación y como se aprecia en la Figura 1-23.



SIMBOLOGÍA

- Muro Berlínés
- Soil Nailing
- Área de proyecto (Paño)






GOLDER

LAS SALINAS
INMOBILIARIA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

ÁREAS A EXCAVAR

EN CADA PAÑO

DISEÑO	P.M.	NOV 18	N° PROYECTO:179 216 2901	
GIS	J.L.R.	NOV 18	ESCALA:	REV 0
REVISO	S.G.	NOV 18	FIGURA 1-23	

Etapla 1, Paño Sur

- Sector AS 2 queda limitado entre la Calle 19 Norte y la Calle 1²⁷ hacia el sur, y entre las calles Av. Nueva Libertad²⁸ hacia el oriente y Jorge Montt hacia el Poniente.
- Sector AS 3 limita al norte con la Calle 1 y al sur con la calle 18 Norte manteniendo los deslindes de la Calle Av. Nueva Libertad y Jorge Montt hacia el Oriente y Poniente respectivamente.
- Sector AS 4 limita al norte con la Calle 19 Norte y al sur con el límite de la propiedad adyacente a la calle 18 Norte. Por el oriente limita con la ladera y por el poniente con la calle Nueva Libertad.
- Sector AS 5 corresponde a las calles establecidas en el PRC de Viña del Mar, identificadas como Calle 1 y Av. Nueva Libertad. Los trazados de estas calles, presentados en las diferentes figuras y planos son propuestos, ya que estos deben ser validados y aprobados por algunos organismos tales como Asesoría Urbana de la Municipalidad de Viña del Mar, SERVIU, etc., en base a potenciales propuestas que el Titular pueda sugerir. Independientemente del trazado final, se mantendrán tanto las condiciones y supuestos del Análisis de Riesgo como la gestión de movimiento de tierra (excavaciones y rellenos) para este sector.

El Sector AS1, indicado en la Figura 1-23 no requiere acciones de remediación según los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016.

Etapla 2, Paño Norte

- Sector AS 7 queda limitado entre la Calle 25 Norte y Calle 2 hacia el Sur, y entre las calles Av. Nueva Libertad hacia el Oriente y Jorge Montt hacia el Poniente.
- Sector AS 8 limita al norte con la Calle 2 y al sur con la calle 19 Norte manteniendo los deslindes de la Calle Av. Nueva Libertad y Jorge Montt hacia el Oriente y Poniente respectivamente.
- Sector AS 9 corresponde a las calles establecidas en el PRC de Viña del Mar, identificadas como 25 Norte, Calle 2 y Av. Nueva Libertad. Los trazados de estas calles, presentados en las diferentes figuras y planos son propuestos, ya que estos deben ser validados y aprobados por algunos organismos tales como Asesoría Urbana de la Municipalidad de Viña del Mar, SERVIU, etc., en base a potenciales propuestas que el Titular pueda sugerir. Independientemente del trazado final, se mantendrán tanto las condiciones y supuestos del Análisis de Riesgo como la gestión de movimiento de tierra (excavaciones y rellenos) para este sector.

1.7.1.2 Clasificación de Suelo

El terreno ha sido caracterizado según las concentraciones presentes de los compuestos de interés en profundidad, de acuerdo a los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016, teniendo como estándares de referencia la norma italiana (Anexo 5 del Decreto Legislativo n. 152, *Norme in materia ambientale*) los SSCL definidos a partir de la HHRA, así como la normativa en materia de residuos peligrosos (D.S 148/2003, de Minsal).

De esta manera, se ha definido la secuencia de excavaciones y posterior relleno del terreno, considerando los siguientes tipos de suelo (Ver Tabla 1-23):

²⁷ Calle proyectada en el PRC de Viña del Mar

²⁸ Calle proyectada en el PRC de Viña del mar

- **Suelo Limpio:** Suelos que no presentan ninguna excedencia del Tier 1 de la norma italiana y que pueden ser reposicionados en cualquier parte del terreno para su posterior libre uso, dado que están libres de contaminación. Este suelo también ha sido denominado como **Suelos Tier 1 Residencial**.
- **Suelo SSCL Tipo 1** o apto uso Las Salinas: Suelo que cumple con el estándar SSCL Residencial, con presencia de bajas concentraciones de TPH (<750 mg/kg en base a las concentraciones del Plan de Muestreo 2015-2016).
- **Suelo SSCL Tipo 2:** Suelo que cumple con estándar SSCL Residencial, con concentraciones de TPH mayores que el suelo SSCL Tipo 1 TPH (>750 mg/kg en base a los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016). Serán utilizados como relleno en el sector para conformar la zona de vialidad, hasta un metro bajo el nivel de la superficie proyectada por los trazados del PRC de Viña del Mar (AS 5 en el Paño Sur y AS9 en el paño Norte). Al igual que el tipo de Suelo SSCL Tipo 1, este suelo también ha sido denominado como apto uso Las Salinas y cumplen los mismos valores SSCL residencial.

Se ha adoptado el valor TPH de 750 mg/Kg para diferenciar el suelo SSCL Tipo 1 del suelo SSCL Tipo 2 a juicio de experto y porque este valor (para el parámetro TPH), corresponde al establecido en la norma italiana para diferenciar el suelo de uso comercial/industrial del suelo de uso residencial/parques.

- **Suelo Biopila:** Suelo que supera el SSCL Residencial. Este material será enviado a tratamiento en biopilas dentro del Sitio. Para el presente estudio, se define que el material tratado en las biopilas, una vez alcance el cumplimiento de los SSCL residencial, tendrá las características del Suelo SSCL Tipo 2.
- **Suelos Respel.** Suelo con características de residuo peligroso (clasificado en base al D.S. 148/2003 del Minsal). El plan de excavaciones considera que serán excavados y una vez cargados en camiones autorizados para el transporte de residuos peligrosos, éstos saldrán directamente desde el sitio a un relleno de seguridad, no existiendo un manejo de este tipo de material en el sitio.

La clasificación de cada cuadrante del Plan de Muestreo 2015-2016 por cada medio metro desde la superficie hasta la profundidad de excavación estimada se presenta en el Anexo 1.10 para el Paño Sur y en el Anexo 1.11 para el Paño Norte.

De acuerdo con los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el 2015 y 2016, los suelos que presentan concentraciones de los compuestos de interés que podrían representar riesgo para la salud humana (Suelo Biopila) se encuentran principalmente en la franja capilar. Lo anterior justifica realizar la excavación total de cada Paño hasta el nivel del agua subterránea, aun cuando sólo se hayan detectado impactos en una parte de éste.

1.7.1.3 Gestión de Movimiento de Tierra para la Remediación

El modelo de movimiento de tierra que se llevará a cabo para ejecutar la remediación del suelo en el Sitio será por sectores con actividades simultáneas ejecutándose en el terreno. En el Anexo 1.10 y el Anexo 1.11 se presentan los planos que ilustran el desarrollo del movimiento de tierras a lo largo del tiempo en el Paño Sur y en el Paño Norte, respectivamente. En la Tabla 1-24 se presenta un ejemplo para la semana 24 del Paño Norte (Etapa 2). Tal como se observa, el movimiento de tierras es una actividad dinámica que se irá ejecutando por sectores, pudiendo haber al mismo tiempo actividades simultáneas de excavación, adecuación de acopios, tratamiento de suelo en biopilas y relleno de excavaciones con material proveniente de los acopios.

En las siguientes secciones, se describe cada una de las actividades que se realizarán.

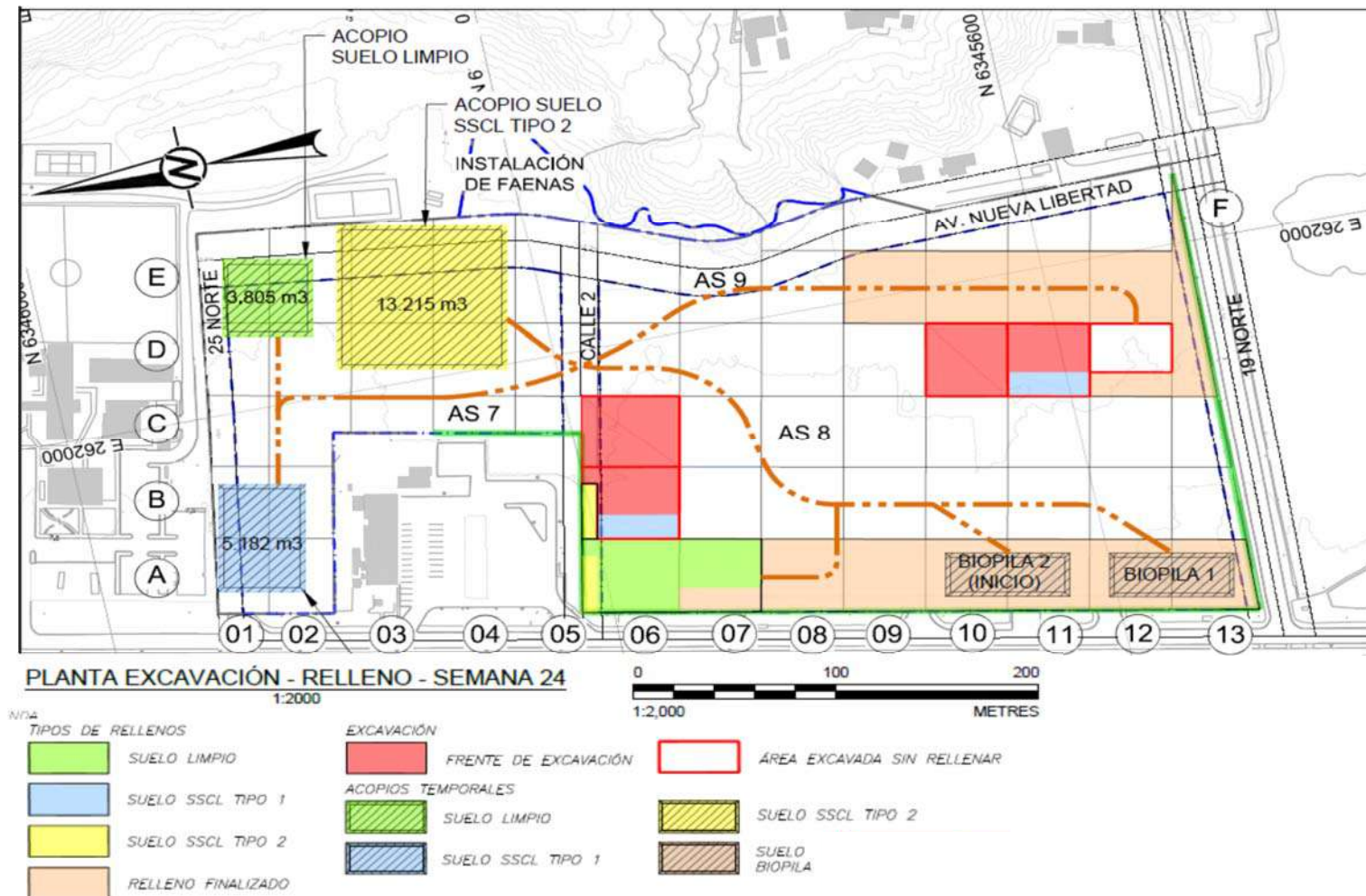


Figura 1-24: Esquema secuencia de movimiento de tierra Paño Norte, semana 24

1.7.1.3.1 Excavaciones Generales

A continuación, se presentan los detalles de la excavación para el proceso de saneamiento.

- Dentro de cada Paño, las excavaciones se desarrollarán por sectores o frentes de excavación y el suelo proveniente de éstas se irá destinando a acopios temporales o a biopilas, que se ubicarán dentro del mismo Paño de acuerdo a los tipos de suelo indicados en la Sección anterior, con excepción del Suelo Respel. Los acopios temporales (ver Sección 1.7.1.3.4) serán dinámicos, es decir, irán localizándose dentro del Paño de acuerdo a la disponibilidad de espacio a medida que avancen las excavaciones, haya necesidad de almacenar un determinado tipo de suelo y se complete la remediación en los diferentes sectores en que se divida el Paño.
- El suelo excavado que excede el SSCL residencial establecido para el terreno Las Salinas será enviado a biopilas (ver Sección 1.7.1.3.4) para su tratamiento. La localización de las biopilas irá cambiando a medida que avance la remediación, de acuerdo a la disponibilidad de espacio dentro del Paño. Se hace notar que, una vez montada una biopila, ésta operará inamoviblemente en un mismo lugar hasta que culmine el tratamiento de esa partida de suelo, para luego ser desmontada y dicho suelo tratado (ahora suelo SSCL tipo 2) llevado a acopio o directamente a reintegrarse en el terreno.
- En la Etapa 1, que corresponde a la remediación del Paño Sur, se definen dos sectores o frentes de avance de excavación, los cuales se irán desarrollando simultáneamente. El primer frente iniciará su avance en el Sector AS3 hacia el oriente y el segundo frente iniciará en el Sector AS4 en dirección hacia el poniente (ver Anexo 1.10).
- En la Etapa 2, que corresponde a la remediación del Paño Norte, se definen también dos sectores o frentes de avance de excavación, los cuales se irán desarrollando simultáneamente. Ambas excavaciones partirán en el área de saneamiento AS8, específicamente en los cuadrantes E9 y A13. El primer frente avanzará en dirección sur y el segundo en dirección norte (ver Anexo 1.11).
- En profundidad, la excavación avanzará en capas de aproximadamente 1 m de espesor hasta llegar a los 0,5 m por encima del nivel del agua subterránea (nivel de la franja capilar). Si se detecta presencia de hidrocarburos a esta profundidad, la excavación continuará avanzando en secciones de máximo 100 m². Lo anterior, para evitar la emanación de vapores que puedan significar molestias para los trabajadores o para los residentes vecinos. Es importante mencionar que al final de la jornada diaria de trabajo no se dejarán excavaciones abiertas en las cuales se haya detectado presencia de hidrocarburos; es decir, una vez abiertas, serán cubiertas a la brevedad con el tipo suelo definitivo asociado a la respectiva zona.
- El talud de excavación podrá ser variable en función de la maniobrabilidad de la maquinaria y el avance de la excavación.
- La excavación por debajo del nivel del agua subterránea no conlleva el bombeo de agua para el agotamiento²⁹ de las excavaciones; se realizará en lotes pequeños progresivos, rellenando con suelo del Sitio a medida que se avanza en la excavación, previa aplicación del peróxido de calcio (ver Sección 1.7.1.5), biorremediación mejorada).
- Completada la excavación en un sector específico y habiendo aplicado el peróxido de calcio en el fondo de la excavación, se procederá con el relleno del sector con el suelo de los acopios o del suelo tratado en las biopilas que cumple con los SSCL (ver Sección 1.7.1.3.4). Esto se irá realizando a medida que haya suelo disponible en los acopios de suelo y siguiendo el programa de relleno establecido para cada sector dentro del Paño.

²⁹ Agotamiento se refiere al retiro del agua acumulada en la excavación.

- Los sectores en los que se identificó suelo con características de peligrosidad en el Paño Norte (Etapa 2) (aproximadamente 1.879 m³ en el cuadrante B10 y aproximadamente 2.175 m³ en el cuadrante E01) serán excavados y cargados directamente a camiones que lo transportarán hasta el sitio de disposición final autorizado (relleno de seguridad). El transporte será realizado en camiones de terceros autorizados y el sitio de disposición final tendrá todas sus autorizaciones vigentes.
- La maquinaria que se utilizará para las excavaciones será equivalente a la siguiente:
 - Retroexcavadoras CAT 215
 - Camiones tolva 12 m³ geométricos
 - Buldócer CAT D6
- La entrada y salida de camiones al sector de excavación de cada frente, será a través de rampas con una pendiente de entre 12 a 15 grados de inclinación y cuyas dimensiones sean adecuadas para el tránsito y maniobrabilidad de los equipos que trabajen en la zona. El suelo excavado será cargado con la retroexcavadora directamente al camión, que lo transportará directamente hasta el acopio que corresponda o hasta la biopila para el tratamiento, si se requiere. En el acopio el camión procederá con la descarga del material, el cual será adecuadamente distribuido y compactado mediante el tránsito de camiones, bulldozer y cargador frontal, para evitar el posible deslizamiento del material.

En el Anexo 1.10 y el Anexo 1.11 se presentan los planos que ilustran el desarrollo del movimiento de tierras a lo largo del tiempo en el Paño Sur y en el Paño Norte, respectivamente.

Los volúmenes de suelo a excavar por cada tipo de suelo se presentan en la Tabla 1-37 para la Etapa 1 y en la Tabla 1-38 para la Etapa 2.

Tabla 1-37: Estimación de volúmenes a excavar por tipo de suelo Etapa 1 (Paño Sur)

Estándar de Suelo	Volumen en Banco (m ³)	Volumen a Manejar (m ³)	Porcentaje del total (%)
Suelo limpio	283.262	325.751	63%
Suelo SSCL Tipo 1	103.701	119.256	23%
Suelo SSCL Tipo 2	42.792	49.211	9%
Suelo biopilas	21.826	25.100	5%
Suelo Respel	0	0	0%
Total	451.581	519.318	

Notas:

El volumen a manejar considera un factor de esponjamiento de 15%.

Tabla 1-38: Estimación de volúmenes a excavar por tipo de suelo Etapa 2 (Paño Norte)

Estándar de Suelo	Volumen en Banco (m ³)	Volumen a Manejar (m ³) ⁽¹⁾	Porcentaje del total (%)
Suelo limpio	294.856	339.084	66%
Suelo SSCL Tipo 1	93.457	107.476	21%
Suelo SSCL Tipo 2	39.380	45.287	9%
Suelo biopilas	18.036	20.741	4%
Suelo Respel	3.525	4.054	1%
Total	449.254	516.642	

Notas:

(1) El volumen a manejar considera un factor de esponjamiento de 15%.

1.7.1.3.2 Excavación del Suelo con Potencial de Residuo Peligroso en el Paño Norte

Durante la ejecución del Plan de Muestreo 2015-2016, del total de 277 muestras tomadas en el Sitio y que se analizaron para verificar la peligrosidad del suelo como residuo, se identificaron solo 2 muestras que resultaron clasificadas como peligrosas, correspondientes a cuadrantes del paño norte, detalladas en la Tabla 1-38

Tabla 1-39: Resultados de caracterización de peligrosidad de suelos en el Sitio.

Muestra	Parámetro	Clasificación	⁽²⁾ Volumen a manejar (m ³)
SO-B10.M06 5.60-6.00 m	Benceno	Peligroso	1.879
PO-E01.M07 6.10-7.00 m	Cromato de calcio	Peligroso	2.175
Total			4.054

⁽¹⁾ Volumen para transporte y disposición considera un factor de esponjamiento aproximado de 15%.

Fuente: Elaboración propia.

Estas muestras se ubican en el Paño Norte a una profundidad que coincide con la franja capilar, por lo tanto, se espera que el volumen de suelo que se enviará a un sitio de disposición autorizado para residuos peligrosos, durante las excavaciones, sea bajo, en comparación con el volumen total de suelo que se requiere excavar.

De manera preliminar y conservadora se ha estimado un volumen aproximado a excavar de suelo como residuo peligroso de 4.054 m³ considerando un factor de esponjamiento cercano al 15%.

Sin perjuicio de lo anterior, cuando se esté llevando a cabo la excavación de los cuadrantes B10 y E01 y ésta alcance una profundidad de 3 m en el cuadrante B10 y 4 m en el cuadrante E01 (profundidades basadas en el Plan de Muestreo 2015-2016), se delimitará con precisión el volumen de suelo a considerar como residuo peligroso. La delimitación será llevada a cabo a través de la toma de muestras compuestas sobre un cuadrante de 5 m por 5 m alrededor del punto identificado como peligroso (una muestra compuesta por cada lado del cuadrante, M1, M2, M3, M4), en el estrato de suelo ubicado entre 3 m y 5 m de profundidad en el cuadrante B10 y en el estrato de suelo entre 4 m y 7 m de profundidad en el cuadrante E01 (ver Figura 1-25).

Las muestras serán sometidas al Test de Toxicidad por Lixiviación (test TCLP) para parámetros orgánicos e inorgánicos y los resultados serán comparados con las concentraciones máximas permisibles (CMP) establecidas en el artículo 14 del D.S. N° 148/2003. De la comparación se podrán presentar los siguientes escenarios:

- Los resultados del TCLP indican que las 4 muestras compuestas del cuadrante cumplen con las CMP de acuerdo al artículo de análisis. En este caso, sólo el suelo del cuadrante de 5 m por 5 m será manejado como residuo peligroso y enviado a un relleno de seguridad autorizado.
- Los resultados del TCLP indican que uno o más de los lados del cuadrante no cumplen con las CMP de acuerdo al artículo de análisis. En este caso se ampliará el muestreo 5 m más hacia el exterior del lado del cuadrante que no cumple con las CMP, tomando una muestra compuesta adicional para análisis de TCLP. Si en el muestreo extendido no se cumple con las CMP, se seguirá extendiendo el muestreo 5 m adicionales, hasta que se verifique el cumplimiento de las CMP. El área de suelo a considerar como residuo peligroso será aquella delimitada por el cuadrante que indique el cumplimiento de las CMP.

El procedimiento descrito en esta Sección aplica para la Fase de Operación de la Etapa 2 del Proyecto, donde se detectó la presencia de suelo clasificado como residuo peligroso.

En el caso que no se realice el procedimiento de delimitación de precisión descrito, se considerará todo el volumen de suelo indicado en la Tabla 1-39 como peligroso y será enviado a un sitio de disposición final

autorizado. Tanto el transporte como la disposición será realizada por un tercero autorizado, no siendo parte de las actividades del Titular del presente EIA.

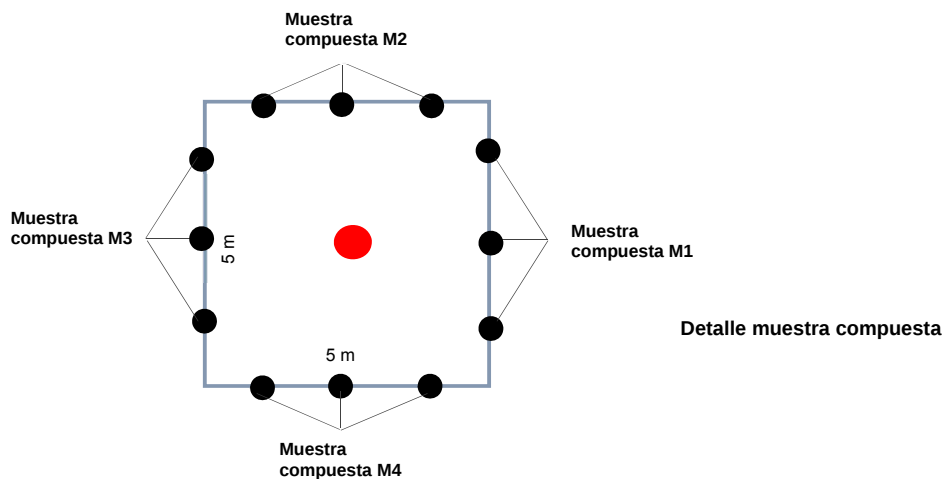
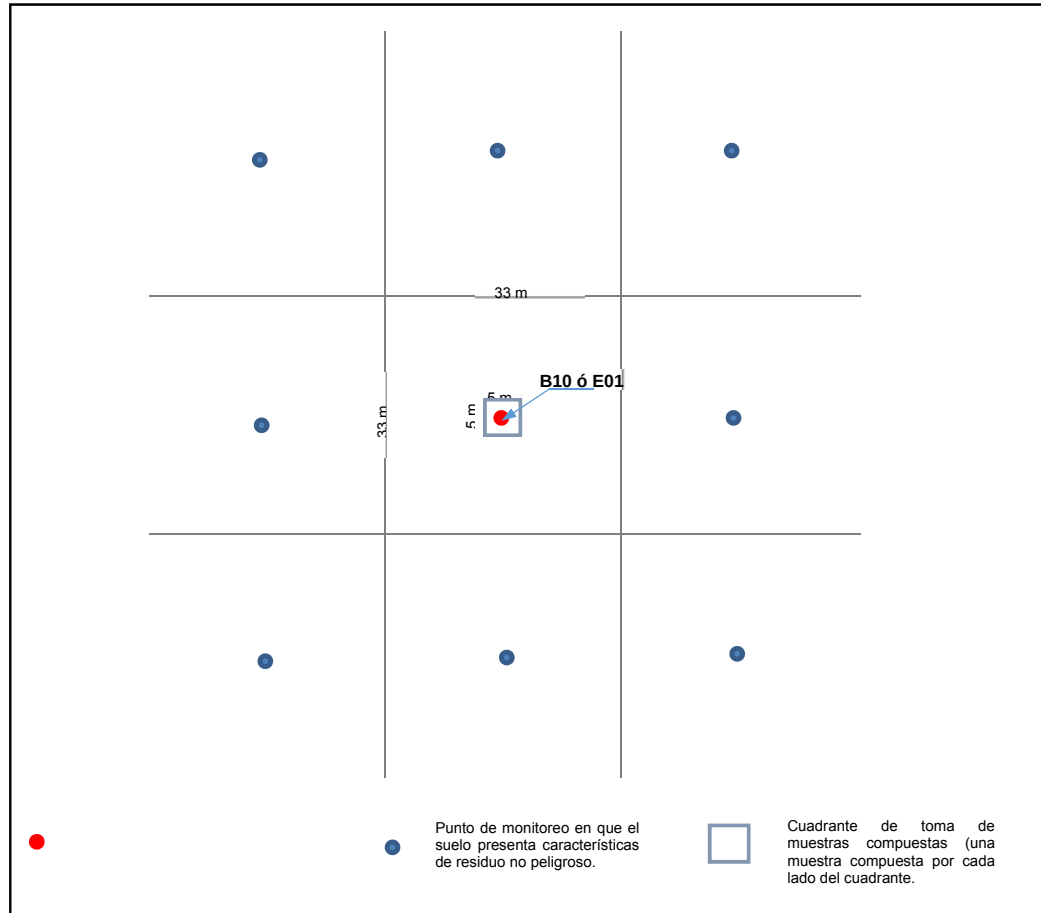


Figura 1-25: Esquema de toma de muestra compuesta para aplicación de test TCLP

Fuente: Elaboración propia.

1.7.1.3.3 Soporte de las Excavaciones

Como medidas de entibamiento del terreno, se proponen 2 alternativas, una para suelos y una para roca. La Figura 1-17 identifica el perímetro en el cual es posible instalar las soluciones identificadas como muro berlinés y soil nailing. A continuación, se describe cada uno de éstos.

▪ Muro berlinés

Como ya se mencionó en la descripción de la Fase de Construcción, en el perímetro de cada uno de los Paños, donde no exista presencia de roca, se instalará muro berlinés como soporte de las excavaciones. La instalación del muro berlinés se iniciará durante la Fase de Construcción (ver 1.6.1.6 con el hincado de los perfiles metálicos (Vigas H). Durante la Fase de Operación el muro berlinés se irá completando a medida que avancen las excavaciones y estas se vayan profundizando. En la Tabla 1-40 se resume el procedimiento de instalación del muro berlinés, el que se repite a medida que avanza la excavación, hasta alcanzar la profundidad final de la misma.

Tabla 1-40: Descripción del proceso de instalación del muro berlinés

Actividad	Descripción
Hincado de Perfiles de Acero	Se realizará durante la Fase de Construcción de cada una de las etapas del proyecto.
Excavación de suelo	El procedimiento de excavación corresponde al descrito anteriormente.
Instalación de tabloncillos de madera	A medida que avanza la excavación, se deben ir instalando los tabloncillos de madera conectados a los perfiles de acero mediante cuñas. En el caso que se produzca un espacio tras los tabloncillos luego de haber excavado, se rellenará con el mismo material el trasdós del muro. En el caso que se requiera, los tabloncillos de madera podrían ser reemplazados por otro material, como por ejemplo placas de hormigón.
Perforación y colocación de anclajes	Para mantener la estabilidad del muro, se debe arriostrar con anclajes de barra o cable, o bien mediante puntales. Los anclajes se ubican entre perfiles, típicamente cada 3 m y por medio de vigas longuerinas se transmite la carga a los perfiles.
Instalación de longuerinas	Finalmente, se procede a colocar longuerinas entre los perfiles, para fijar los anclajes a la misma altura a lo largo del muro.
Tensado de anclajes	Una vez construido el sector de muro, se procede a tensar los anclajes, de tal manera que cumplan la función prevista.

Un esquema típico del muro berlinés se presenta en la Figura 1-15. Las cantidades de muro berlinés requeridos se indican en la Tabla 1-41.

Tabla 1-41: Cantidades de materiales muro berlinés

Material	Etapas 1 (Paño Sur)	Etapas 2 (Paño Norte)
Perímetro aproximado con requerimiento de muro berlinés (m)	800	1 100
Superficie aproximada de muro (incluye tabloncillos o placas, anclajes, longuerinas y placas de apoyo de anclaje)	5.600	7.700

Nota: Los perfiles metálicos (vigas H) se instalarán durante la fase de Construcción.
Se considera una profundidad promedio del muro de 7 m.

▪ Soil nailing

Este método refuerza el suelo a medida que se excava, mediante la perforación e instalación de pernos pasivos o activos, los cuales trabajan fundamentalmente a la tracción, pero también pueden tomar cargas de flexión y corte.

Particularmente para el Sitio, se espera utilizar este método de contención en aquellas zonas donde el suelo no es arena y por lo tanto es un suelo de mejores características estructurales, como por ejemplo rocas parcialmente sueltas, fracturadas u otros suelos en que este método de contención es altamente efectivo. Se prevé que estas condiciones se pueden encontrar principalmente en el sector oriente del Paño Norte y del Paño Sur (Figura 1-17).

En el caso que se encuentren estas características estructurales en otros sectores, se aplicará el mismo procedimiento.

El *soil nailing* se construye con una secuencia de arriba hacia abajo de manera que, paralelo a la excavación del suelo, se vaya construyendo el entibamiento para reducir al máximo posible, las sobrecargas existentes y la descompresión del terreno durante el proceso de movimiento de tierras. A continuación, se describen las etapas de la metodología de estabilización *soil nailing*. El procedimiento se repite a medida que avanza la excavación, hasta alcanzar la profundidad final de la misma. Un esquema del proceso se presenta en la Figura 1-26.

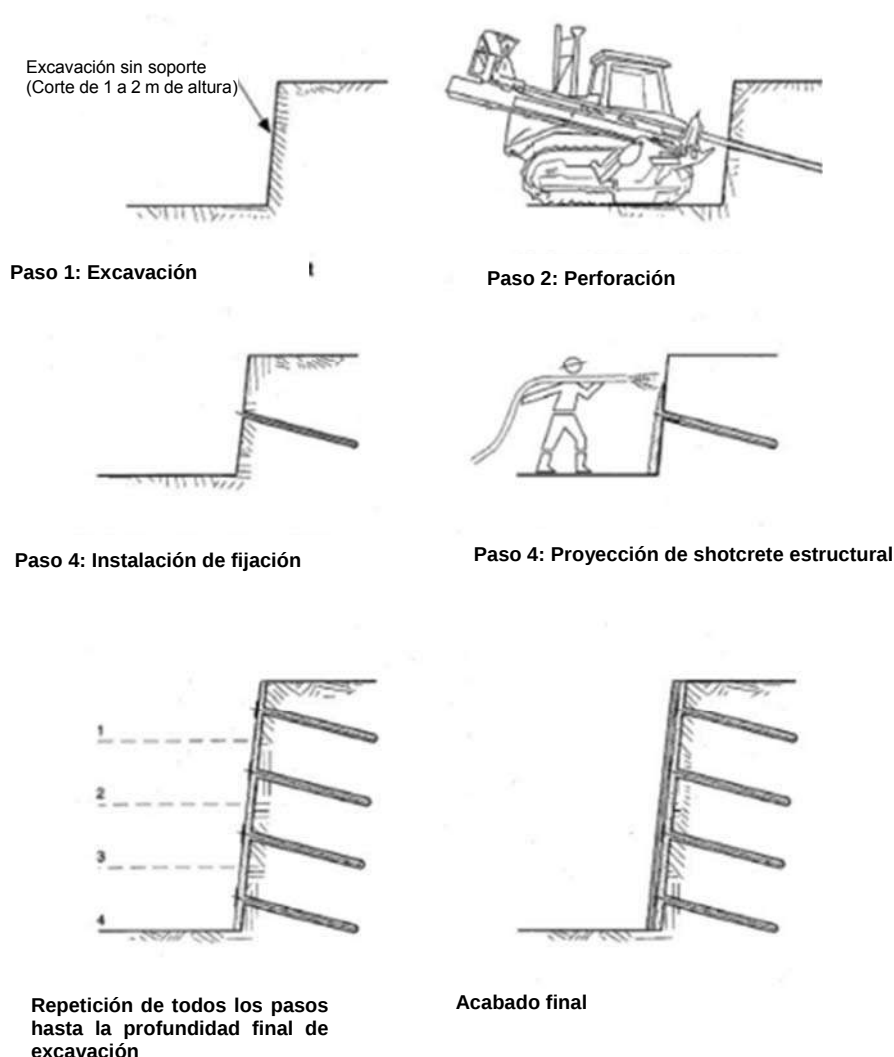


Figura 1-26: Esquema de aplicación del soil nailing

Fuente: Modificado en base a *Manual for Design and Construction Monitoring of Soil Nail Walls*. Porterfield et al. (1994)

1) Paso 1: Excavación

El primer paso es hacer la excavación de un primer corte hasta dejar a la vista la zona donde se aplicará el *soil nailing*. El corte de la excavación puede ser vertical, inclinado o ejecutarse en terrazas. En general este método de entibamiento admite cualquier geometría.

2) Paso 2: Perforación

Las perforaciones se hacen en los muros para la posterior instalación de las fijaciones. Dependiendo de la profundidad de la perforación, diámetro y área de trabajo pueden ser utilizadas perforadoras a rotación, a rotoperforación, con *auger* (barrena helicoidal) o entubado de protección (*casing*).

La profundidad, ángulos y distanciamientos de las perforaciones están determinados en el diseño específico de cada caso según las características específicas del suelo que se debe entibar. Además, puede utilizarse agua como fluido de perforación y/o para limpieza de la perforación.

3) Paso 3: Instalación de fijación

Las fijaciones o tensores son elementos cortos o largos generalmente de acero que son incrustados o colocados y fijados con lechada de cemento en la perforación ya realizada. El objetivo de la fijación es la contención y consolidación de la masa a estabilizar.

En el caso de que se utilicen pernos pasivos autoperforantes el paso 2 y 3 se fusionan en un solo paso.

4) Paso 4: Proyección de shotcrete estructural

La siguiente etapa es aplicar el *shotcrete* consistente en hormigón o mortero colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla. Sus componentes son áridos, cemento y agua, y se puede complementar con materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo.

El *shotcrete* se puede realizar con equipos robotizados o manualmente, por el método de vía húmeda o vía seca. El método más adecuado depende de los requerimientos específicos de cada suelo, además de algunos requisitos estéticos. La función del revestimiento con *shotcrete* es asegurar la estabilidad local del suelo, limitar la descompresión y al mismo tiempo proteger el suelo de la erosión y los efectos del intemperismo.

El volumen aproximado de *shotcrete* requerido en cada Etapa se presenta en la Tabla 1-42

Tabla 1-42: Volúmenes de *shotcrete* estimado para el soil nailing

Parámetro	Etapas 1 (Paño Sur)	Etapas 2 (Paño Norte)
Perímetro con requerimiento de soil nailing (m)	370	277
Volumen aproximado shotcrete (m³)	222	166

1.7.1.3.4 Manejo de Acopios de Suelo Durante las Excavaciones

Tal como se ha mencionado, teniendo en cuenta la clasificación de los suelos en base a los CDI, se ha considerado un proceso de ordenamiento por tipo de material, en acopios temporales diferenciados, para luego ser reposicionados dentro del mismo terreno (a excepción de los suelos Respel).

Durante la ejecución de los trabajos de excavación, se definen tres sectores de acopios temporales aparte del sector de biopilas. Estos tres acopios temporales, identificados como Acopio Suelo Limpio, Acopio SSCL Tipo 1 y Acopio SSCL Tipo 2, irán variando de volumen y ubicación espacial en el tiempo, en base a los requerimientos de espacio, requerimientos constructivos y de tránsito de maquinaria y se replantearán en lugares acorde con las limitaciones existentes y en función de la proyección de avance de excavación.

Para los suelos excavados con la clasificación de Suelo Limpio (en base al Plan de Muestreo 2015-2016), se realizará una verificación en el acopio de las concentraciones de los compuestos de interés. Esta verificación se realizará en el sector del acopio, previo a su conformación, a través de la toma de una muestra compuesta para análisis de los CDI. Se tomará una muestra compuesta por cada 1.000 m³ de suelo, que se conformará con cinco submuestras. Si alguno de los CDI presenta concentraciones que exceden el valor establecido como Tier 1 (Norma italiana uso residencial), el suelo correspondiente se incorporará al acopio que corresponda según la clasificación indicada en la Sección 1.7.1.2.

Para el suelo que supere el SSCL Residencial, en base al Plan de Muestreo 2015-2016, es decir material de biopila, irá destinado a la posición de la biopila que le corresponda en función del tiempo y el espacio establecido para cada una de ellas según se indica en los planos presentados en el Anexo 1.10 y Anexo 1.11.

Con respecto al material Respel identificado en el Paño Norte, no se dispondrá de acopio temporal en el sitio debido a que será excavado y cargado directamente a camiones para su traslado a un sitio de disposición final autorizado (relleno de seguridad).

En la Tabla 1-27 se presenta un esquema de la selección de los acopios de acuerdo para cada tipo de suelo y en la Tabla 1-43 y Tabla 1-44 un resumen de las dimensiones máximas que alcanzarán los acopios a lo largo del proceso de remediación del suelo para el Paño Sur y el Paño Norte respectivamente. La localización de los mismos a través del tiempo puede observarse en el Anexo 1.10 y en el Anexo 1.11 para cada Paño, respectivamente. Si bien lo aquí presentado es una estimación, se llevará un control mensual de los acopios, en cuanto a volúmenes efectivos, superficies ocupadas y alturas.

El material proveniente de las excavaciones llegará en camiones y será descargado para proceder a su distribución y compactación mediante el tránsito de camiones, buldócer y cargador frontal. Una vez se requiera del material almacenado en los acopios para la conformación de los rellenos, se utilizará un cargador frontal para cargar el suelo a los camiones que lo transportarán internamente hasta el sector que corresponda.

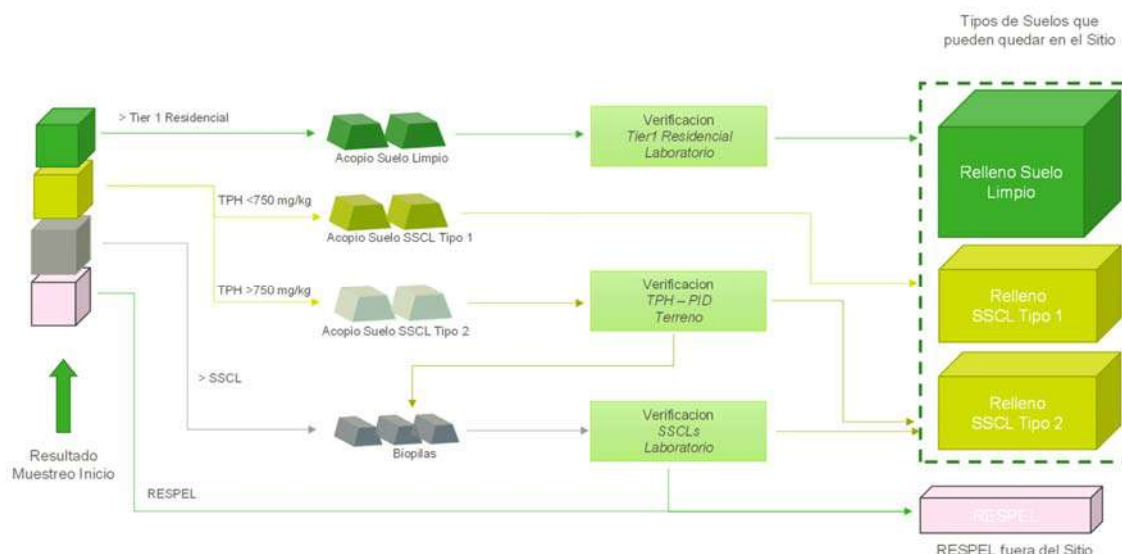


Figura 1-27: Esquema de selección de acopios de acuerdo con la clasificación de los suelos, según resultados del Plan de Muestreo 2015-2016

Tabla 1-43: Dimensiones máximas de los acopios en el Paño Sur

Seman a	Día	Acopio Suelo Limpio (Tier 1 Residencial)			Acopio Suelo SSCL Tipo 1			Acopio Suelo SSCL Tipo 2		
		Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V	Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V	Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V
4	26	32.989	5.625	6,6	4.592	2.275	2,1	524	1.225	0,4
8	57	39.626	5.625	8,2	100	100	1,2	0	0	0,0
12	83	41.769	8.288	5,5	0	0	0,0	0	0	0,0
15	108	41.500	8.288	5,4	0	0	0,0	0	0	0,0
20	138	46.987	8.288	6,2	2.871	2.275	1,3	2.464	2.450	1,0
23	164	50.029	7.323	7,7	183,4	200	1,0	3.208	2.809	1,2
28	196	78.707	10.132	8,7	13.511	2.809	5,5	2.759	2.809	1,0
32	225	88.147	11.691	8,4	17.362	2.959	7,0	3.934	1.763	2,4
36	253	50.247	7.687	7,3	9.144	2.400	4,3	15.692	2.317	8,7
40	282	49.781	7.960	7,0	6.966	3.298	2,2	16.203	2.809	6,9
44	310	35.302	6.587	5,9	2.869	1.379	2,3	21.479	4.578	5,2
49	345	50.407	11.363	4,7	24.493	4.137	6,9	24.709	3.702	8,0
53	370	60.711	10.945	6,0	20.088	3.254	7,4	15.528	3.049	5,9
56	389	44.988	10.642	4,5	23.426	3.649	7,6	13.069	3.114	4,7
57	401	30.416	6.503	5,1	13.630	2.758	5,7	13.069	3.114	4,7
59	413	29.302	5.323	6,2	13.509	2.628	6,0	13.580	3.434	4,4
62	437	13.953	2.951	5,4	17.204	3.818	5,0	9.509	1.974	5,8
64	449	2.206	4.959	0,5	13.150	2.062	8,2	9.509	1.974	5,8
66	461	11.180	5.289	2,2	19.648	3.945	5,6	9.802	3.323	3,2
68	473	1.996	3.047	0,7	15.594	3.945	4,3	4.422	1.878	2,5
69	485	9.115	3.742	2,6	22.537	6.305	3,8	6.410	1.878	3,9
71	497	0	0	0,0	4.279	4.284	1,0	6.410	1.878	3,9
73	509	7.730	5.289	1,5	10.737	3.030	3,9	7.163	1.878	4,4
74	521	23.882	6.723	3,8	0	0	0,0	7.163	1.878	4,4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1-44: Dimensiones máximas de los acopios en el Paño Norte

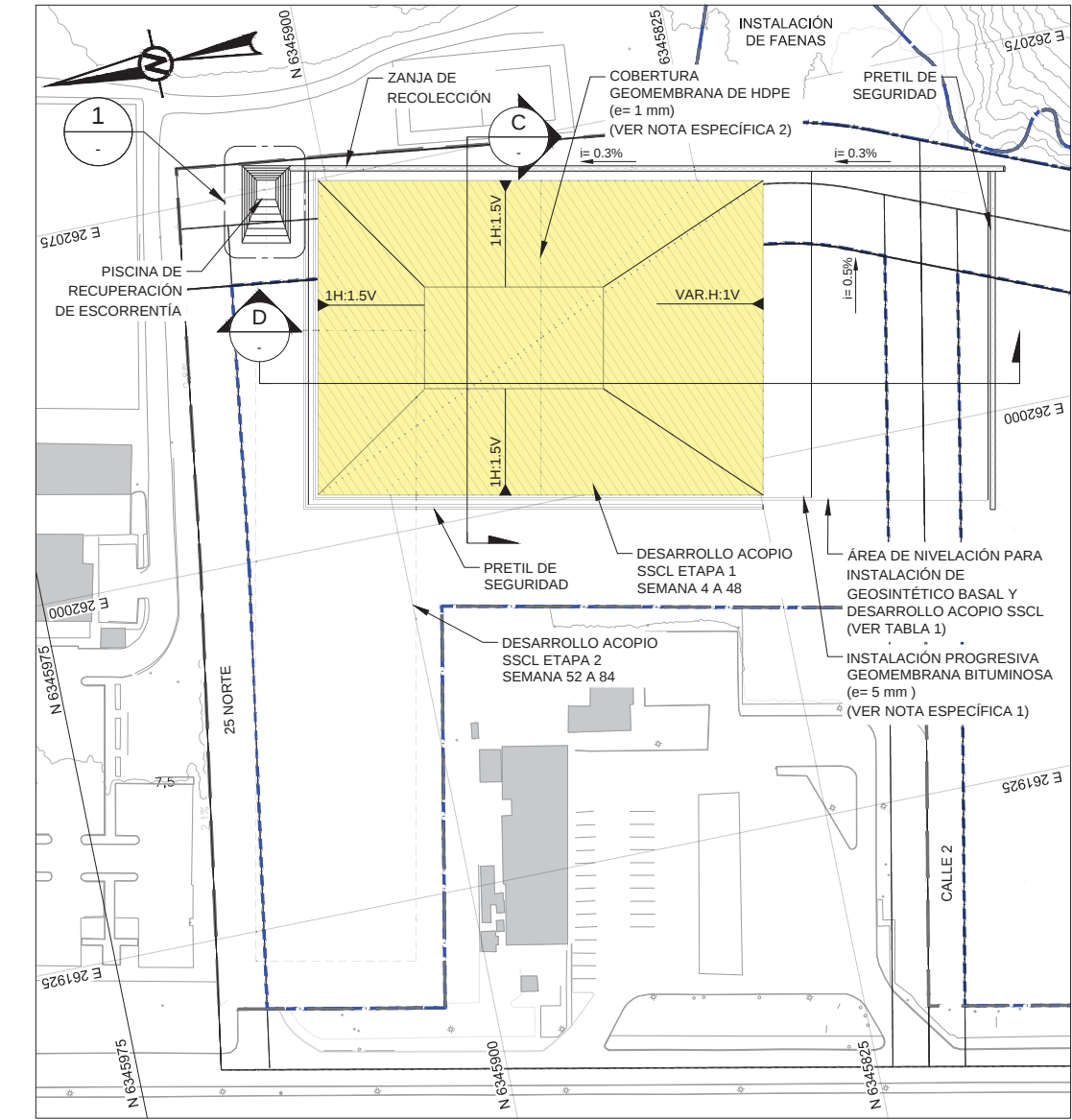
Seman a	Día	Acopio Suelo Limpio (Tier 1 Residencial)			Acopio SSCL Tipo 1 (Tier 1 Comercial)			Acopio Suelo SSCL Tipo 2 (apto Las Salinas)		
		Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V	Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V	Volumen máximo (m3)	Superficie máxima Base (m2)	Altura máxima (m) 2H:3V
4	28	14.176	4692	3	8.863	2940	3	642	210	3
8	56	2.778	930	3	812	280	3	3.147	1050	3
12	84	4.476	1480	3	1.851	600	3	6.904	2300	3
16	112	1.423	480	3	6.914	2310	3	11.357	3770	3
20	140	-			10.947	3640	3	12.887	4290	3
24	168	3.805	1260	3	5.182	1715	3	13.215	4420	3
28	196	4.220	1400	3	3.785	1260	3	14.007	4690	3
32	224	-			5.953	1995	3	12.601	4550	3
36	252	1.773	580	3	4.074	1365	3	16.003	5312	3
40	280	3.495	1155	3	-			13.988	4661	3
44	308	3.057	1020	3	-			14.159	4720	3
48	336	8.086	2695	3	-			13.284	4420	3
52	364	4.858	1600	3	3.574	1190	3	14.774	4920	3
56	392	4.853	1600	3	7.857	2660	3	11.298	3760	3
60	420	583	195	3	6.020	2030	3	13.805	4600	3
64	448	840	300	3	20.607	6889	3	11.828	3943	3
68	476	895	300	3	19.030	6346	3	7.471	2480	3
72	504	3.564	1225	3	14.123	4716	3	6.049	2000	3
76	532	3.574	1225	3	8.713	2912	3	4.747	1600	3
80	560	-			8.317	2764	3	16.934	5640	3
84	588	-			9.840	3298	3	11.530	3821	3
88	616	5.908			444			1		

Fuente: Elaboración propia.

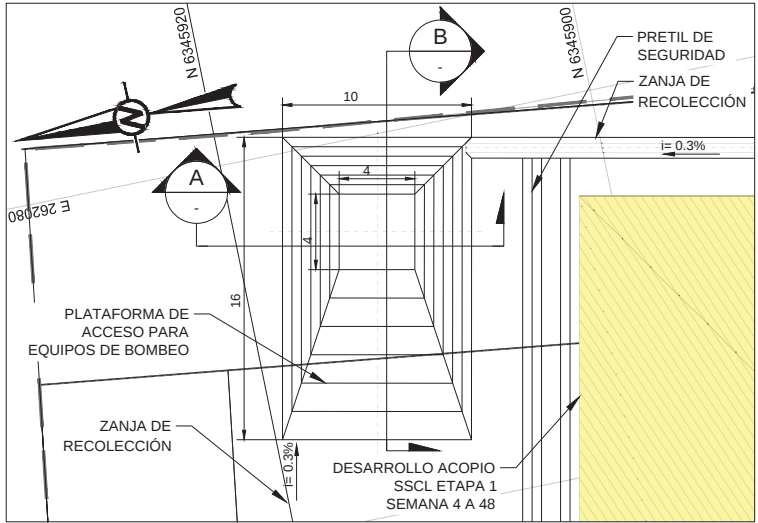
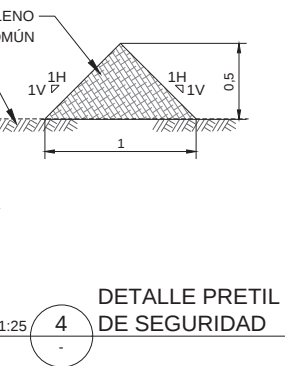
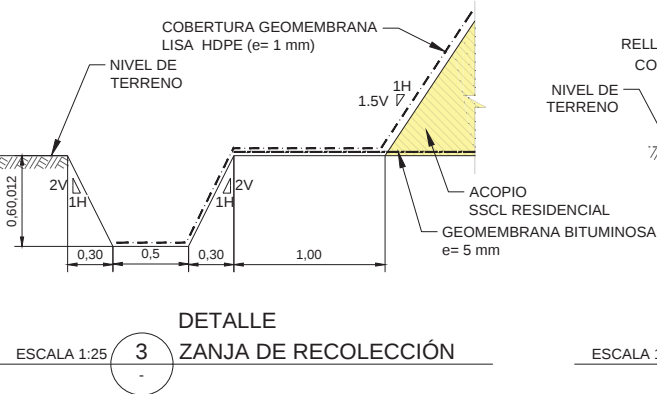
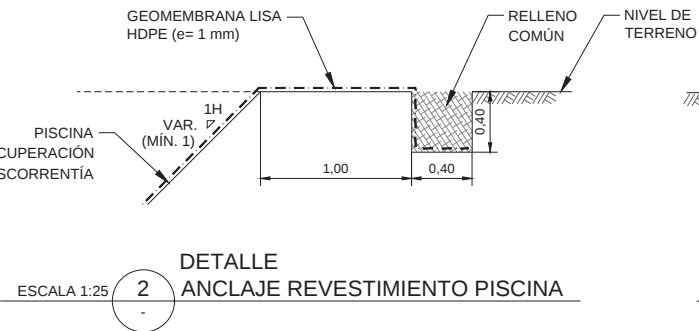
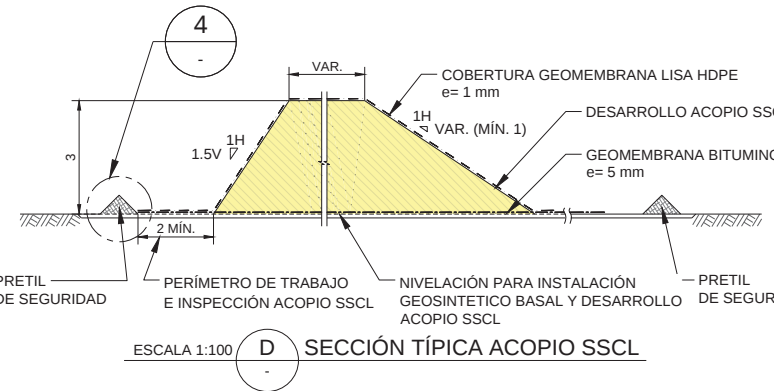
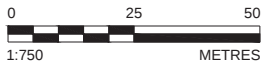
Los acopios contarán con un talud V:3 H:2 y para el manejo de las aguas lluvias, se prevé disponer de las siguientes acciones:

- Los acopios de suelo SSCL Tipo 1 y SSCL Tipo 2 contarán con una geomembrana en toda su base sobre la cual se conformará el acopio. Adicionalmente, para estos acopios se contará con una geomembrana para cubrirlo durante eventos de precipitación.
- Alrededor de los acopios SSCL Tipo 1 y SSCL Tipo 2, se adecuará un pretil de seguridad y una zanja de recolección de aguas lluvias. El diseño típico se presenta en la Figura 1-28, donde se representa un acopio de suelo SSCL Tipo 2 para la semana 48.

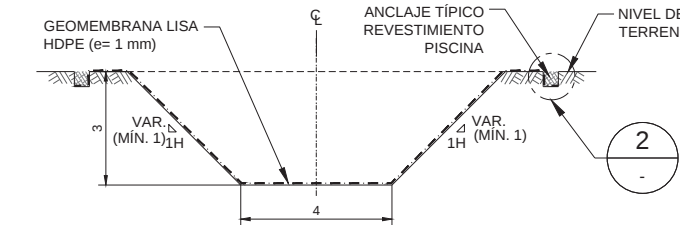
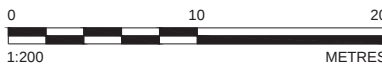
Ruta: j:\inmobiliaria las salinas\estudio impacto ambiental\09_proyectos\1792162901_estudio impacto ambiental\09_proyectos\1792162901_dwg\019.dwg | Nombre Del Archivo: 1792162901-DWG-019.dwg



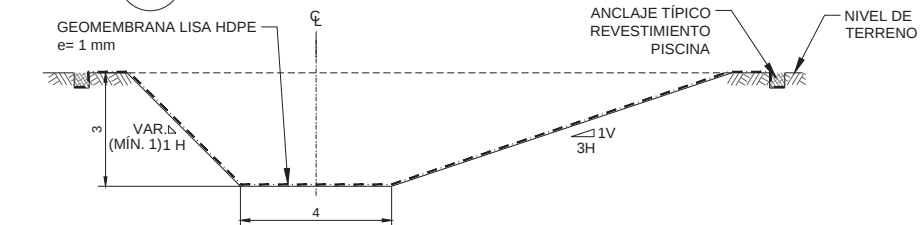
PLANTA SECTOR PISCINA COLECTORA SEMANAS 0 A 48 (DÍA 0 A 336)



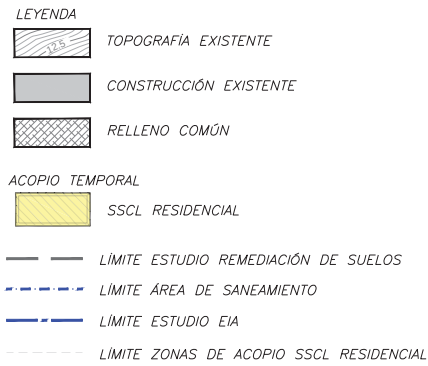
DETALLE PISCINA RECOLECTORA DE ESCORRENTÍA



SECCIÓN PISCINA DE RECUPERACIÓN DE ESCORRENTÍA



SECCIÓN PISCINA DE RECUPERACIÓN DE ESCORRENTÍA



ACOPIO SUELO SSCL TIPO 2 (APTO LAS SALINAS)				
SEMANA	DÍA	VOLUMEN MÁXIMO (m3)	SUPERFICIE MÁXIMA BASE (m2)	ALTURA MÁXIMA (m) 1H:1.5V
4	28	642	210	3
8	56	3.147	1050	3
12	84	6.904	2300	3
16	112	11.357	3770	3
20	140	12.887	4290	3
24	168	13.215	4420	3
28	196	14.007	4690	3
32	224	12.601	4550	3
36	252	16.003	5312	3
40	280	13.988	4661	3
44	308	14.159	4720	3
48	336	13.284	4420	3
52	364	14.774	4920	3
56	392	11.298	3760	3
60	420	13.805	4600	3
64	448	11.828	3943	3
68	476	7.471	2480	3
72	504	6.049	2000	3
76	532	4.747	1600	3
80	560	16.934	5640	3
84	588	11.530	3821	3
88	616	1	-	-

NOTAS GENERALES:

- SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM WGS84, ZONA 19 SUR.
- TOPOGRAFÍA CADA 0.5 m PROPORCIONADA LAS SALINAS INMOBILIARIA (JUNIO 2018).
- LAS ELEVACIONES ESTÁN PRESENTADAS EN METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m s.n.m.).

NOTAS ESPECÍFICAS:

- INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA BASAL (GEOMEMBRANA BITUMINOSA e=5mm) DEBERÁ SER PROGRESIVA AL ÁREA DE DESARROLLO EL ACOPIO DE MATERIAL SSCL A MANERA DE EVITAR EXCESO DE TRÁFICO DE MAQUINARIA Y EQUIPOS MÓVILES SOBRE ELLA.
- GESTIÓN DE ACOPIO DE MATERIAL SSCL DEBERÁ CONSIDERAR LA INSTALACIÓN DE UNA COBERTURA TEMPORAL DE GEOMEMBRANA DE HDPE (e=1mm) EN ÁREAS DE USO DIFERIDOS EN EL TIEMPO O EN SU TOTALIDAD PARA EVENTOS DE LLUVIA.
- EL MATERIAL UTILIZADO COMO RELLENO COMÚN CORRESPONDE A MATERIAL TIER-1 RESIDENCIAL UBICADO EN OBRA.
- DISEÑO, UBICACIÓN Y GEOMETRÍA DE ACOPIO DE MATERIAL SSCL BASADO EN EL DOC. 179 216 2901 - M93 SECUENCIA DE PLAN DE EXCAVACIONES DE INFRAESTRUCTURA - SECTOR NORTE.
- VER DETALLE SECUENCIA DE EXCAVACIÓN Y LLENADO SECTOR NORTE EN PLANOS 1792162901-DWG-004 A 1792162901-DWG-009.

REV.	AAAA-MM-DD	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	REALIZADO	REVISADO	APROBADO
C	2018.10.18	REVISIÓN CLIENTE	I.G.B.	I.C.L.	J.A.K.	H.I.B.
B	2018.09.07	REVISIÓN CLIENTE	I.G.B.	I.C.L.	J.A.K.	H.I.B.
A	2018.07.30	REVISIÓN INTERNA	I.G.B.	I.C.L.	J.A.K.	H.I.B.

CLIENTE	PROYECTO
CONSULTOR	TÍTULO



FIGURA 1:28
DISEÑO TÍPICO DE ACOPIO DE SUELO SSCL TIPO 2 Y PISCINA DE RECOLECCIÓN DE AGUA LLUVIA

- Cada vez que se tenga un pronóstico de lluvias, o ante un evento no pronosticado, se procederá a cubrir los acopios con suelo Tipo SSCL. De esta forma, se evita la generación de aguas de contacto que puedan cambiar las características del suelo alrededor o bajo éstos.
- El agua lluvia limpia que caiga sobre la superficie cubierta de los acopios de suelo SSCL será colectada en la zanja de recolección de aguas lluvias, que la conducirá hacia una piscina de recuperación de escorrentía. Esta agua limpia podrá destinarse para su uso en las actividades del Proyecto, tales como riego de caminos internos, suministro de humedad para las biopilas, entre otros. Considerando que es agua limpia, existirá también la alternativa que se infiltre naturalmente en el terreno.
- Si bien se evitará la generación de aguas de contacto, según las medidas indicadas anteriormente, se habilitará de forma preventiva una piscina de emergencias (tipo estanque australiano) para recibir este tipo de aguas, en caso de que se generen. El agua recolectada en la piscina de emergencia será depositada en el fondo de las excavaciones abiertas que hayan alcanzado su máximo nivel de excavación. También podrá ser usada en el proceso de humectación de las biopilas.
- En la Figura 1-28 se presenta un esquema típico de los acopios SSCL Tipo 1 y SSCL Tipo 2 y del sistema de manejo de aguas lluvias a implementar. Las piscinas de recolección de agua limpia y de emergencia se ubicarán de acuerdo con la localización de los acopios a medida que avancen las excavaciones.

1.7.1.3.5 Tratamiento en Biopilas

1.7.1.3.5.1 Diseño de la Biopila

A medida que avancen las excavaciones, el suelo que supere el SSCL Residencial irá destinado a la posición de biopila que le corresponda en función del tiempo y el espacio establecido para cada una de ellas según se indica en los planos del Anexo 1.10 y el Anexo 1.11, para el Paño Sur y el Paño Norte, respectivamente.

Según el volumen de suelo que supera los SSCL, se procederá a materializar un total de 25 biopilas en el Paño Sur y de 8 biopilas en el Paño Norte. Por razones de espacio, se ha establecido un volumen de las biopilas del Paño Sur de 1.000 m³ aproximadamente y biopilas de volumen mayor en el Paño Norte (oscilando entre aproximadamente 1.700 y 3.000 m³). En la Tabla 1-45 y en la Tabla 1-46 se presenta el resumen de las biopilas del paño Sur y del paño Norte, respectivamente. Estos volúmenes han sido estimados en base a los resultados del Plan de Muestreo 2015-2016 y podrían variar de acuerdo a las condiciones encontradas a la fecha de ejecución del Proyecto. No obstante, cualquier modificación en las dimensiones, cantidad y distribución de las biopilas, no generará impactos no previstos ni modificación en la magnitud de los mismos ya identificados y evaluados en el presente EIA, ya que todas las biopilas se construirán de forma similar y siempre con suelo proveniente del Paño respectivo.

Se prevé un plazo de aproximadamente cuatro meses de vida útil de cada biopila, que incluye el montaje, tratamiento del suelo, verificación del cumplimiento de los SSCL residencial, desmontaje, transporte del suelo tratado al acopio correspondiente a suelo SSCL Tipo 2 o transporte directo a la posición del relleno en la excavación, retiro de residuos (tuberías geomembranas, etc.) Se prevé que todo el material que esté en buenas condiciones sea utilizado para la conformación de otras biopilas.

Tabla 1-45: Biopilas en el paño Sur

Biopila	Volumen	Operación	
		Inicio	Fin
		Día	Día
Biopila 1	1.000	57	177
Biopila 2	1.000	108	228
Biopila 3	1.000	164	284
Biopila 4	1.000	196	316
Biopila 5	1.000	225	345
Biopila 6	1.000	253	373
Biopila 7	1.000	282	402
Biopila 8	1.000	282	402
Biopila 9	1.000	310	430
Biopila 10	1.000	310	430
Biopila 11	1.000	310	430
Biopila 12	1.000	345	465
Biopila 13	1.000	345	465
Biopila 14	1.000	345	465
Biopila 15	1.000	345	465
Biopila 16	1.000	345	465
Biopila 17	1.000	370	490
Biopila 18	1.000	389	509
Biopila 19	1.000	389	509
Biopila 20	1.000	389	509
Biopila 21	1.000	389	509
Biopila 22	1.000	413	533
Biopila 23	1.000	437	557
Biopila 24	1.000	461	581
Biopila 25	1.000	485	605

Tabla 1-46: Biopilas en el paño Norte

Biopila	Volumen	Operación	
		Inicio	Fin
		Día	Día
Biopila 1	2.506	140	224
Biopila 2	3.130	196	280
Biopila 3	2.969	252	336
Biopila 4	2.056	308	392
Biopila 5	2.935	392	476
Biopila 6	2.506	448	532
Biopila 7	2.505	448	532
Biopila 8	1.684	504	588

En el Anexo 1.12 se presentan los planos de diseño de las biopilas. Todas las biopilas a construir en cada una de las etapas del Proyecto se ajustarán a este diseño, modificando únicamente su geometría, en función del volumen a tratar y de la disponibilidad de espacio para el montaje. Se prevé que la máxima altura de las biopilas sea de aproximadamente 4 m.

Los componentes clave de biopila se indican a continuación:

- Suministro eléctrico
- Sistema de aireación mediante succión de aire:
 - Soplador o bomba de vacío.
 - Tanque separador (*knockout tank*) (capacidad aprox. 200 L). El aire húmedo extraído de la biopila es conducido hacia este estanque, donde se realiza la separación de la fase líquida (condensado) y la fase gaseosa.
 - Bomba de transferencia de condensado. Se utiliza para enviar la fase líquida obtenida en el tanque separador hacia el tanque de almacenamiento de lixiviados
 - Estanque con carbón activado granular. La fase gaseosa obtenida en el tanque separador es conducida hacia este filtro para retener los compuestos orgánicos volátiles, previo a su descarga a la atmósfera, evitando de esta forma las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y de olores.
 - Manómetros de presión/vacío.
 - Puntos de monitoreo de gases del suelo (con tubo PVC 2", 20-30 cm de largo, con una extensión de tubo de polietileno de 7 mm en uno de sus extremos para la realización de las mediciones, y una tapa en el fondo con un orificio para descarga de agua/humedad).
 - Red de tuberías perforadas dentro de la biopila (tubo PVC 2" ranurado [ranura de 0,3 mm], con 1 m de tubo PVC ciego hacia el final).
 - Puntos de entrada de aire.
- Sistema de recolección de lixiviado:
 - Bomba de transferencia de lixiviado.
 - Tanque de almacenamiento de lixiviado con controles de nivel.
 - Tuberías de recolección de lixiviado dentro de la biopila.

- Sistema de irrigación y distribución de nutrientes:
 - Bomba de riego;
 - Tuberías de riego dentro de la biopila (tubo de HDPE de 1" [o menos], con goteo cada 0,5 m).

Para cada una de las biopilas se considerarán además, las siguientes especificaciones:

- La base de la biopila contará de los siguientes componentes (desde la capa inferior hasta la superior):
 - Fundación mejorada (por ejemplo: suelo limpio compactado).
 - Membrana de impermeabilización para contener el lixiviado, protegida por geotextil.
 - Base de suelo limpio.
- Se usará compost para mejorar la retención de humedad de las arenas y para adicionar nutrientes y promover el crecimiento de bacterias nativas degradadoras de hidrocarburos, así como para lograr mayor eficiencia y menores tiempos de tratamiento del suelo en la biopila.
- La sección ranurada de las tuberías de aireación estará protegida por una cubierta de grava pequeña sobre cada una de ellas.
- Se instalarán en el suelo de la biopila termocuplas para medir la temperatura;
- La pila será cubierta con una membrana de polietileno (por ejemplo HDPE) para evitar emisiones de polvo, vapores de hidrocarburos y olores y para retener la humedad y el calor y evitar que la pila capte agua de lluvia.
- Todos los componentes del sistema de aireación (bombas, estanques, etc) estarán dispuestos dentro de un contenedor, para su protección y para evitar ruidos molestos.

1.7.1.3.5.2 *Proceso de construcción de la Biopila*

Cada biopila a construir corresponderá a unidades modulares cuya geometría dependerá del volumen de suelo a tratar en cada Paño y de la disponibilidad de espacio.

Las biopilas serán localizadas en sectores planos, previamente limpiados y nivelados. Los pasos constructivos de cada biopila se indican a continuación. Este proceso será repetido para cada partida de tratamiento en cada una de las Etapas del Proyecto.

- Limpieza y nivelación y compactación del área de ubicación de la biopila. Esta actividad se realizará utilizando maquinaria convencional tal como buldócer, cargador frontal o motoniveladora, para remover arbustos, rocas u otros obstáculos, además de preparar la superficie donde se realizará el montaje de la biopila.
- Instalación de material soporte (fundación mejorada de arena o mezcla de arena y arcilla) y compactación del mismo. Podrá utilizarse suelo limpio proveniente del Sitio o de un proveedor externo. El espesor de la base de arena será de máximo 35 cm y deberá adecuarse de tal forma que en el sentido longitudinal se tenga una pendiente de al menos 0,5 % en dirección del dren o sumidero de colección de lixiviados.
- Instalación de la primera capa de geotextil para proteger el sistema de impermeabilización.
- Instalación de membrana impermeable de base (HDPE o similar) y cierres de laterales (marco de madera y/o mampostería). Dependiendo de las dimensiones de la biopila, podrá ser necesario realizar soldaduras de las secciones de geomembrana (soldadura de termofusión por solape).

- Instalación de la segunda capa de geotextil para proteger el sistema de impermeabilización.
- Instalación de una base de suelo limpio (arena). Podrá utilizarse suelo limpio proveniente del Sitio o de un proveedor externo. El espesor será de aproximadamente 15 cm.
- Instalación de cañerías de drenaje y recolección de potenciales lixiviados. Estas tuberías se instalarán en el fondo de la base de suelo limpio indicada previamente. Estarán protegidas por una cubierta de grava de tamaño medio u otro sistema de protección a su alrededor (por ejemplo, geotextil).
- Instalación de la red de tuberías de aireación. Podrán ser instaladas en la base de la biopila o a media altura. Estarán protegidas por una cubierta de grava de tamaño medio u otro sistema de protección a su alrededor (por ejemplo, geotextil).
- Carga del suelo a tratar en la biopila. El suelo proveniente de las excavaciones será trasladado al área de la biopila en camiones, que lo descargarán sobre la base. La distribución del suelo para conformar la biopila se realizará con una retroexcavadora. Se utilizará compost como mejorador de suelo, el cual podrá ser aplicado en una o más capas, durante la construcción de la biopila. El compost a utilizar cumplirá con las características especificadas en la Norma Chilena de Compost NCh 2880 Of 2004³⁰ para compost Clase A. El compost será obtenido de un proveedor certificado, autorizado por la autoridad sanitaria, quien lo transportará hasta el Sitio. Se estima que cada biopila tendrá un 10% V/V de compost.
- Instalación de los puntos de monitoreo de gases del suelo.
- Instalación del sistema de irrigación.
- En el caso que la altura de la biopila lo requiera, se instalará un segundo nivel con tuberías de aireación o de irrigación en el medio de la biopila.
- Cubierta de celda con membrana impermeable (HDPE o similar). Dependiendo de las dimensiones de la biopila, podrá ser necesario realizar soldaduras de las secciones de geomembrana (soldadura de termofusión por solape).
- Conexión de cañerías principales de riego y ventilación a los sistemas y equipamiento soporte de tratamiento.
- Operación y monitoreo del tratamiento.

1.7.1.3.5.3 Control de Emisiones Desde la Biopila

Tal como se indica anteriormente, las biopilas estarán cubiertas íntegramente por una geomembrana impermeable (HDPE o similar), lo que elimina en su totalidad las emisiones fugitivas de material particulado y vapores directamente desde éstas hacia la atmósfera.

El diseño de la biopila para el presente Proyecto incluye un sistema de aireación mediante succión de aire. De esta forma, la configuración de extracción permite que las emisiones de vapores de la biopila se puedan recolectar y controlar. Tal como se observa en la Figura 3 del Anexo 1.12, el aire húmedo extraído de la biopila es conducido hacia un estanque de separación (*knockout tank*) donde se realiza la separación de la fase líquida (condensado) y la fase gaseosa. La fase gaseosa (vapores) obtenida en el tanque separador es conducida hacia un filtro de carbón activado para retener los VOCs, previo a su descarga a la atmósfera, evitando de esta forma la generación de emisiones de VOCs y de olores durante la operación de la biopila.

³⁰ NCh N°2880 Of 2004, declarada oficial de la epública de Chile por medio del Decreto Exento N° 89 del Ministerio de Agricultura, de fecha 9 de febrero 2005.

El filtro de carbón activado constará de dos unidades unidas en serie, siendo la segunda de emergencia. Entre las dos unidades de filtro, se instalará una válvula que permita la medición de VOC, a través de un detector portátil de fotoionización, a la salida de la primera unidad de filtración. Se establece como procedimiento, el cambio del carbón activado cuando se obtengan mediciones de VOC mayores 5 ppm a la salida de la primera unidad de filtración.

El monitoreo de VOC se realizará a la salida de la primera unidad de filtración y en la descarga a la atmósfera, desde la segunda unidad de filtración. Con el sistema descrito, se garantiza que la descarga de VOC a la atmósfera desde la biopila sea nulo.

Por otra parte, la fase líquida obtenida en el *knock out tank*, será conducida hacia la cámara de recolección de lixiviados. Este residuo podrá ser recirculado a la biopila como aporte de humedad o enviado a disposición final como residuo peligroso.

1.7.1.3.5.4 Control del proceso de Operación de la Biopila

Asociado al tratamiento de los suelos en las biopilas se realizará seguimiento únicamente a las concentraciones de los parámetros que exceden los SSCL según el Plan de Muestreo 2015-2016 (ver Sección 1.7.1.3.5.5), para verificar que vayan disminuyendo a medida que estas operan. Sin perjuicio de lo anterior, se llevará a cabo un registro de las variables que se indican en la Tabla 1-47, cuya definición se presentó en la sección 1.4.6.2.3. Los rangos presentados en dicha Tabla son referenciales y no son de estricto cumplimiento y servirán para realizar ajustes en el proceso en el caso que los resultados del tratamiento no sean los previstos.

Tabla 1-47: Parámetros a registrar operacionales de las biopilas

Parámetro	Criterio recomendado	Frecuencia de muestreo	Acción en caso de estar fuera del criterio
TPH, BETX, Naftaleno (ver detalles en Sección 1.7.1.3.5.5)	SSCL	Mensual	Continuar con el tratamiento del suelo en la biopila.
Densidad de la población bacteriana	$> 10^5$ UFC/gramo de suelo seco	Mensual	Verificar la relación apropiada de nutrientes, contenido de agua y suministro de oxígeno. Verificar que la concentración de metales tóxicos es inferior a 2500 mg/Kg. Considerar la adición de bacterias cultivadas.
Contenido de humedad	$2 \leq \% \text{ de humedad} \leq 30$	Mensual	Si la humedad es alta, permitir el secado del suelo a través del sistema de aireación de la biopila. Si la humedad es baja, agregar agua para alcanzar al menos la capacidad de campo recomendada mediante tuberías de irrigación.
Concentración de nutrientes (C:N:P)	Entre 100:10:1 a 100:1:0,5	Mensual	Adicionar nutrientes para alcanzar la proporción recomendada en solución mediante tuberías de irrigación.
pH del suelo	$6 \leq \text{pH} \leq 8$	Mensual	Ajustar con un compuesto débilmente ácido o débilmente básico, por ejemplo, en solución, mediante tuberías de irrigación.
Temperatura del Suelo	$10^\circ\text{C} \leq \text{temperatura del suelo} \leq 45^\circ\text{C}$	Mensual	No se requiere ningún ajuste considerando la temperatura ambiente promedio de Viña del Mar.

Fuentes:

How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: A guide for corrective action plan reviewers, United States Environmental Protection Agency (USEPA), EPA 510-B-16-005, 2016.

Biopile design, operation and maintenance handbook for treating hydrocarbon-contaminated soils. FM von Fahnestock, 1995. , 1996

La adición de aislados bacterianos medioambientales con capacidades degradativas (no patogénicas) podría ser necesaria si la densidad microbiana no fue mejorada sustantivamente a través de la adición de compost y el ajuste de parámetros ambientales como el contenido de humedad, concentración de nutrientes y pH o en el

caso que en dos meses consecutivos la densidad de la población de bacterias sea inferior a 10^5 UFC/gramo de suelo seco.

Adicionalmente y tal como se indicó anteriormente, se monitoreará diariamente la concentración de VOCs durante la primera semana de operación y semanalmente durante las semanas siguientes a la salida de las dos unidades de filtro de carbón activado, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los mismos y determinar los requerimientos de cambio de carbón activado.

Para el monitoreo de gases del suelo se instalará un punto de muestreo por cada 500 m³ de biopila, con un mínimo de tres puntos por biopila. Las muestras de gases del suelo se tomarán de los puntos de monitoreo instalados durante la construcción de la biopila. Se realizarán mediciones directas de temperatura con una termocupla, de O₂, CH₄, CO₂ usando un equipo de monitoreo multigas y de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) utilizando un detector portátil de fotoionización (PID) o instrumento equivalente.

A través del monitoreo de los gases del suelo de la biopila se puede establecer la eficiencia del sistema de aireación. Durante la operación de las biopilas, el perfil de concentración de O₂ del gas del suelo en los diferentes puntos de monitoreo es un indicador de la efectividad de la aireación. Las concentraciones de O₂ relativamente consistentes apuntan a una aireación uniforme de la biopila, lo cual es deseable. Las mediciones de la concentración de O₂ en el gas del suelo de 15 a 21% indican que la tasa de flujo de aire es suficiente.

Se hace presente que, si después del primer mes de tratamiento del suelo en la biopila se observa que no se obtiene ninguna reducción importante de los SSCL, se considerará la alternativa de volver a montar la biopila.

1.7.1.3.5.5 Plan de Muestreo del Cumplimiento de SSCL en Biopilas

Una vez montado el suelo a tratar en la biopila, se realizará un muestreo base para establecer las condiciones que servirán como punto de referencia para el progreso de la degradación de los hidrocarburos.

Para las muestras de suelo se establecerá un punto de muestreo por cada 250 m³ de suelo de la biopila, con un mínimo de cuatro puntos de muestreo por biopila. En cada punto se tomarán al menos dos muestras en el perfil vertical. Las muestras de suelo se colectarán utilizando un barreno manual o mecánico y serán transportadas al laboratorio para análisis de los parámetros que exceden los SSCL según el Plan de Muestreo 2015-2016 (TPH, BTEX y Naftaleno).

Una vez se inicie la operación de la biopila, el muestreo de verificación de cumplimiento de los SSCL en la biopila se realizará de forma mensual hasta verificar, a través de los análisis de laboratorio, que el suelo en tratamiento ha alcanzado los SSCL establecidos para el Sitio para TPH, BTEX y Naftaleno.

1.7.1.3.5.6 Cierre de la Biopila

El tratamiento de los suelos en la biopila se extenderá hasta que se verifique el cumplimiento de los SSCL en las muestras indicadas en el plan de muestreo del cumplimiento de SSCL en biopilas, con un mínimo de tres meses de tratamiento.

En el caso que después de seis meses de operación de una biopila los suelos en tratamiento (o una porción de éstos) no cumplan con los SSCLs, o que las reducciones después de un mes sean consideradas insuficientes, se podrá proseguir con las siguientes dos opciones:

- Reconstruir la biopila para asegurar que los sistemas de aireación y riego están correctamente instalados para lograr el objetivo de remediación.

- Determinar la porción correspondiente del suelo de la biopila como “rechazo” y enviarlo a disposición final a un relleno de seguridad autorizado, utilizando terceros autorizados para el transporte de residuos peligrosos. Se considera de manera conservadora que un 5% de los suelos tratados en biopilas no alcance la concentración de SSCL, estimación que ha sido considerada en el presente EIA para el respectivo análisis de impactos. De acuerdo con lo anterior, se ha calculado un volumen de suelo de “rechazo biopila” de 1.255 m³ en el Paño Sur y de 1.087 m³ en el paño Norte. Si esto llegase a ocurrir, tanto el transporte como la disposición será realizada por un tercero autorizado, no siendo esta actividad parte del proyecto objeto del presente EIA. Aun así, se llevará registro de las cantidades que efectivamente sean consignadas como “rechazo” y derivadas a relleno de seguridad, realizando la declaración correspondiente través de la ventanilla única de Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC).

Una vez alcanzadas las metas de remediación del suelo, se procederá a desarmar la biopila retirando los elementos de la cubierta y fijaciones, así como las tuberías de los sistemas de aireación e irrigación.

El suelo que alcance los SSCL, será utilizado como material de relleno de las excavaciones, de acuerdo a la secuencia de movimiento de tierras establecido en cada Paño del Proyecto.

1.7.1.4 Reposicionamiento del Material de Acopios y Biopilas como Material de Relleno

Finalizadas las actividades anteriormente descritas, los suelos provenientes de los acopios de suelo limpio, de SSCL Tipo 1, SSCL Tipo 2 y aquellos que hayan sido exitosamente tratados en biopilas, serán reintegrados en el Sitio, ya que cumplirán con las concentraciones bajo los niveles de riesgo contemplados en el Evaluación de Riesgo para la Salud Humana.

Sin perjuicio que dichos suelos podrían ser reposicionados sin una secuencia u orden en particular, el Proyecto considera una planificación estratégica y segregada de las clasificaciones de suelos anteriormente referenciadas, a objeto de restringir el acceso futuro a aquellos suelos de menor calidad, mediante su posicionamiento bajo las calles proyectadas por el Plan Regulador Comunal (AS5 y AS9) o bien en las capas inferiores de las áreas de saneamiento restantes (AS2, AS3, AS4, AS7 y AS8).

Lo anterior permitirá que los suelos de mejor calidad, suelo Tier 1 Residencial, sean colocados por sobre éstos hasta la superficie, previa verificación en el respectivo acopio mediante muestreo y análisis de los CDI, antes de ser ubicado en las excavaciones.

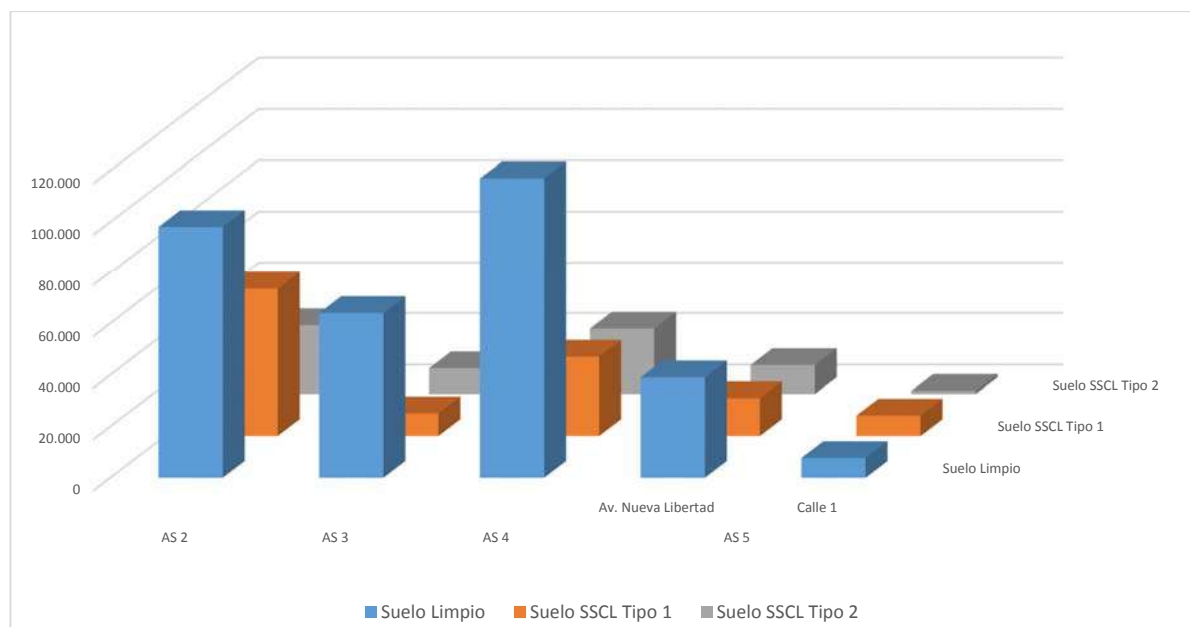
La reconfiguración de cada área de saneamiento al interior de cada Paño prevista inicialmente, se presenta en la Tabla 1-48, en la Tabla 1-49, en la y la distribución por cada tipo de suelo se indican en la Figura 1-29 para el paño Sur y en la Figura 1-30 para el Paño Norte.

Tabla 1-48:: Distribución del material de relleno por sectores en el Paño Sur (m3)

Distribución de impacto	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5	
				Av. Nueva Libertad	Calle 1
Suelo Limpio	97.987	63.938	117.101	38.982	7.743
Suelo SSCL Tipo 1	57.234	8.812	30.656	14.622	7.932
Suelo SSCL Tipo 2	14.457	5.108	21.629	7.901	115
Suelo Biopila (Suelo SSCL Tipo 2)	12.398	4.749	3.589	3.247	1.117
Total	182.075	82.608	172.976	64.752	16.907

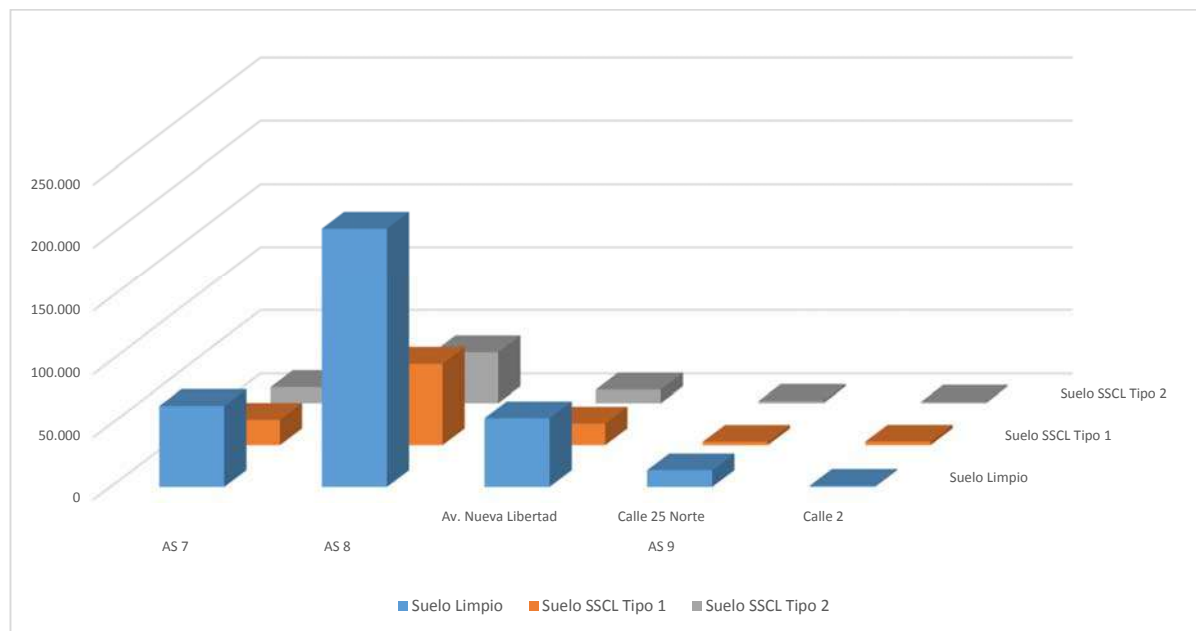
Tabla 1-49: Distribución del material de relleno por sectores en el Paño Norte (m3)

Distribución de impacto	AS 7	AS 8	AS 9		
			Av. Nueva Libertad	Calle 25 Norte	Calle 2
Suelo Limpio	62.230	197.338	52.928	12.903	957
Suelo SSCL Tipo 1	21.062	66.791	17.914	2.839	3.036
Suelo SSCL Tipo 2	6.702	21.252	5.700	903	814
Suelo Biopila (Suelo SSCL Tipo 2)	4.787	15.180	4.071	645	129
Total	94.781	300.561	80.613	17.290	4.936



SSCL Tipo 2 incluye el suelo tratado en biopila

Figura 1-29: Distribución de cada área de saneamiento en el Paño Sur



SSCL Tipo 2 incluye el suelo tratado en biopila

Figura 1-30: Distribución de cada área de saneamiento en el Paño Norte

Si bien los montos aquí presentados corresponden a la estimación inicial desarrollada en base a estudios de terreno, los volúmenes efectivos que se obtengan una vez ejecutado el reposicionamiento de suelos en cada Área de Saneamiento, así como los espesores verticales de cada estrato de suelo reposicionado (según su respectiva clasificación), podrían presentar variaciones que no significan modificaciones en los impactos evaluados.

1.7.1.4.1 Configuración de las Vialidades Proyectadas por el PRC en Base a Reposicionamiento de Suelos

Tal como se observa en los gráficos anteriores, el material a utilizar para el relleno bajo el trazado de las calles proyectadas en el PRC de Viña del Mar (AS5 en el paño Sur y AS9 en el Paño Norte) se realizará con el suelo proveniente de los acopios SSCL Tipo 2 y Suelo Limpio. Según se ha indicado, los trazados de estas calles, presentados en las diferentes figuras y planos, son aproximados, ya que deben ser validados y aprobados por algunos organismos tales como Asesoría Urbana de la Municipalidad de Viña del Mar, SERVIU, etc., en base a potenciales propuestas que el Titular pueda sugerir. Sin perjuicio de lo anterior, se hace presente que independientemente del trazado definitivo, se respetará la secuencia de reposicionamiento de suelo que se indica para estos sectores, así como las especificaciones que se describen en esta sección.

Para configurar el relleno bajo las calles es necesario la conformación de taludes verticales, que requieren un procedimiento diferente. Estos rellenos ocuparán el espacio bajo las calles y hasta 1,0 m por debajo de la cota del proyecto de vialidad con suelo SSCL Tipo 2. El resto (1,0 m) será completado con Suelo Limpio. De esta forma se garantiza que todo el terreno es apto para los usos de suelo establecidos en el PRC de Viña del Mar.

Estos rellenos se mantendrán dentro del espacio conformado por el ancho de las calles. Para esto se prevé la colocación de una membrana impermeable que impida el intercambio horizontal de aguas y vapores. (Figura 1-31).

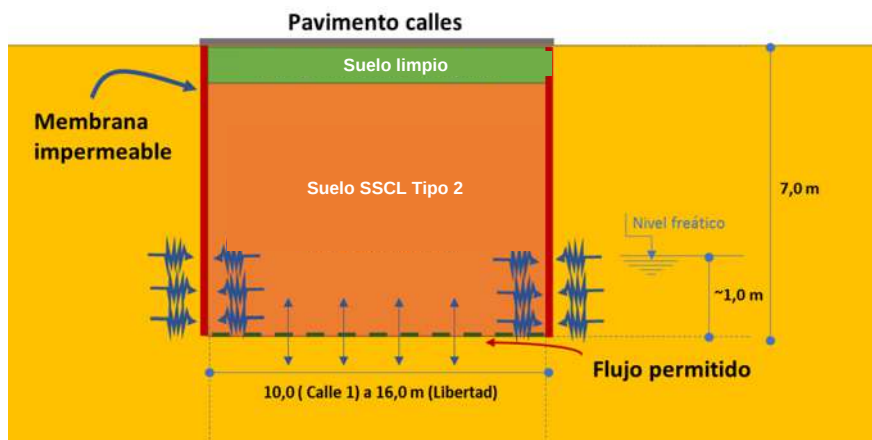


Figura 1-31: Perfil de suelos requerido bajo el trazado de las calles proyectadas en el PRC de Viña del Mar.

Los rellenos bajo las calles, dependiendo de las secuencias de ejecución y avances de las excavaciones, podrán ser ejecutados en trinchera o en terraplén, por lo que podrían requerirse suelos reforzados en cualquiera de los dos tipos de rellenos (Figura 1-32).

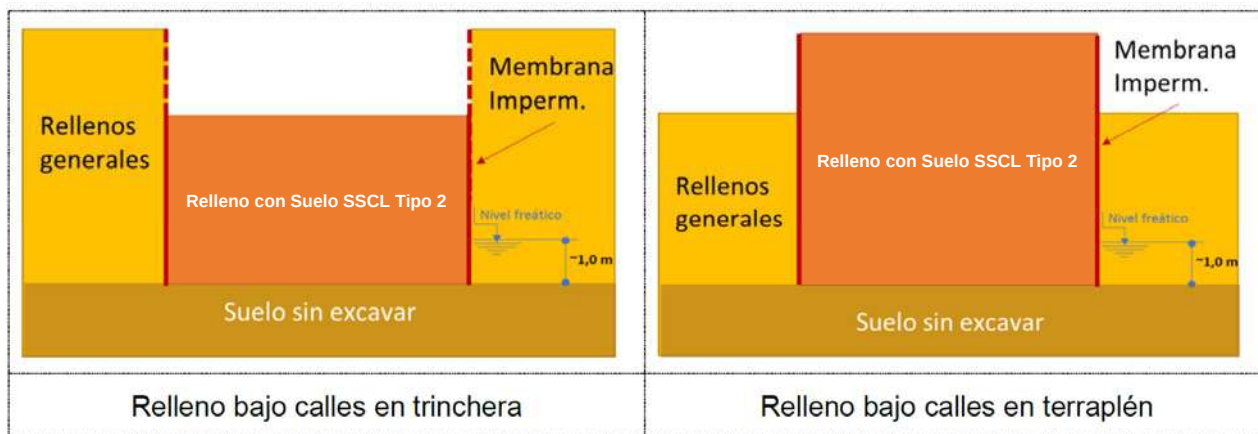


Figura 1-32: Casos de relleno bajo calles en función de secuencias constructivas

Adicionalmente se puede asumir que estos taludes se deberán mantener por espacios de tiempo reducidos, unos días, en general menos de una semana. La solución propuesta que permite realizar los taludes verticales, garantizando su estabilidad corresponde al relleno reforzado con geotextil. Esta solución permite la realización de terraplenes con taludes pronunciados, de baja altura, en arena.

Este tipo de refuerzo, en general, se realiza con geotextiles y/o geomallas, de elevado módulo de elasticidad y deformaciones limitadas bajo los esfuerzos de trabajo (Figura 1-33).

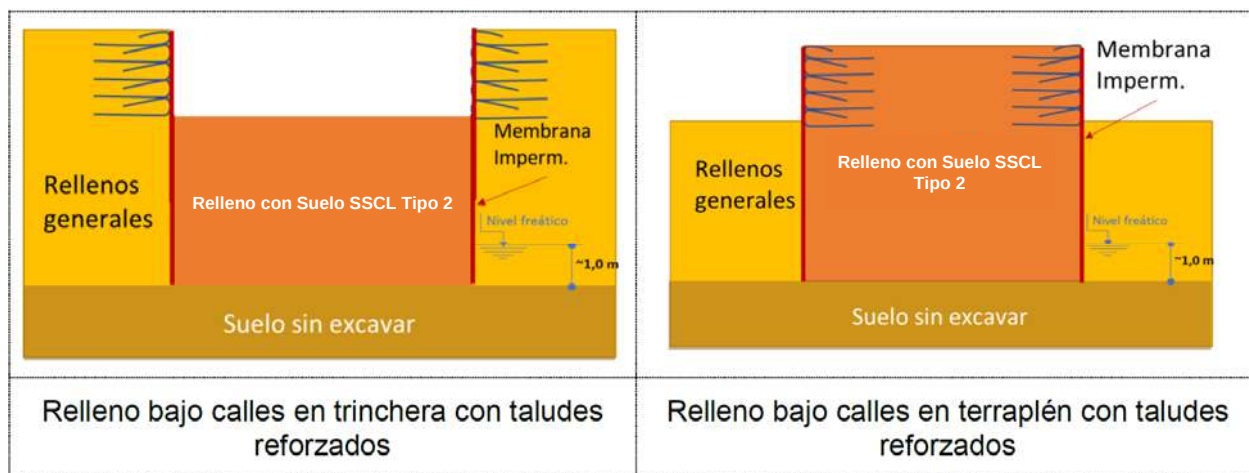


Figura 1-33: Esquema de taludes reforzados

El ancho del macizo de tierra reforzada debe ser igual o mayor que la altura máxima del talud proyectado. El procedimiento constructivo consiste en extender el geotextil transversalmente sobre la superficie del terreno, y luego colocar el material de relleno hasta alcanzar el espesor previsto de la capa (entre 0,3 y 0,5 m), compactándolo firmemente. Posteriormente se encapsula el suelo doblando el geotextil por encima de la capa compactada. El proceso se repite extendiendo capas sucesivas de geotextil y suelo compactado hasta alcanzar la altura requerida.

Entre el suelo y el geotextil se desarrolla una fricción que impide el deslizamiento entre las capas, sin embargo, es necesario evitar la saturación del suelo por infiltraciones. Para evitar presiones hidrostáticas excesivas se colocan geodrenes de 1" o 2" de diámetro (tubos de acero ranurados recubiertos con geotextil), uno por cada 20 m² de cara expuesta.

1.7.1.5 Biorremediación Mejorada (Aplicación de compuesto liberador de oxígeno)

De acuerdo a la Evaluación de Riesgo a la Salud Humana (HHRA) realizada en el marco de los estudios previos a este EIA, las concentraciones de TPH en el agua subterránea del Sitio no representan riesgo para la salud de los residentes u otros usuarios futuros, con excepción de algunas excedencias detectadas durante la campaña de muestreo complementario de agua subterránea dentro del Sitio, llevada a cabo en junio de 2016 y en mayo-junio de 2018 (ver Sección 1.4.4"). La remediación de este impacto será parte de la Etapa 1 y de la Etapa 2 del Proyecto, usando la tecnología de biorremediación mejorada. Detalles de esta tecnología se presentan en la sección 1.4.6.3.

Para mejorar la eficiencia de los procesos naturales y ayudar a que la calidad del agua subterránea siga mejorando en el tiempo, se propone agregar compuestos liberadores de oxígeno (aceptores de electrones) al fondo de las excavaciones (sólo en la zona saturada) en toda el área del Paño sur y del Paño Norte. La adición de aceptores de electrones no tiene sólo como fin la acción de remediación inmediata, sino que el mejoramiento con tiempo de la calidad del agua subterránea, y constituye una buena práctica para resolver posibles problemas de olor y color. De acuerdo con los datos de la literatura (PeroxyChem, 2016) la liberación de oxígeno puede extenderse por hasta un año, manteniendo niveles de oxígeno disuelto en el agua subterránea de 8-10 mg/L.

El reactivo que se usará para la biorremediación mejorada en el agua subterránea es el peróxido de calcio. Corresponde a un polvo seco que se aplicará directamente en las excavaciones abiertas y se mezclará con el suelo saturado del fondo de la excavación antes de rellenar las excavaciones (secciones de máximo 100 m²).

El reactivo será aplicado directamente sobre el suelo saturado cuando la excavación alcance la máxima profundidad (0,5 m bajo el nivel del agua subterránea aproximadamente). No se requiere ningún equipo especial para su aplicación y podrá hacerse uso de la pala de la retroexcavadora para depositar el compuesto en el fondo de la excavación y realizar la mezcla con el suelo saturado.

Alternativamente, en caso de esperarse que este material esté en contacto con el agua subterránea, puede mezclarse con el material de relleno antes de su colocación en la excavación; o bien se puede preparar una pasta con agua y se mezclará la pasta con el suelo.

La cantidad de reactivo necesario para la remediación del Sitio se ha calculado en base a las pruebas piloto realizadas, considerando que la concentración actual promedio de compuestos orgánicos sería de 20 mg/L y que se necesitan 3 kg de oxígeno para degradar 1 kg de hidrocarburos o contaminantes orgánicos. El peróxido de calcio sintético contiene 17% de oxígeno disponible (como mínimo).

El reactivo se aplicará por una sola vez en todas las áreas de excavación donde se alcance el nivel freático en el Paño Sur y en el paño Norte. No se requiere mantener la excavación abierta después de aplicado el compuesto liberador de oxígeno para que el tratamiento sea efectivo, por lo tanto, una vez aplicado, la excavación podrá ser tapada.

La verificación de la efectividad del tratamiento se realizará a través del muestreo de agua subterránea en pozos de monitoreo instalados en el perímetro aguas debajo de cada uno de los Paños (ver Sección 1.7.9.2).

1.7.1.6 Extracción de FLNA

Tal como se indica en la Sección 1.4.4 y se indica en la Figura 1-12, en las diferentes campañas de monitoreo de agua subterránea se ha registrado la presencia de FLNA en tres pozos localizados en el Paño Norte.

Una vez la excavación del sector donde se ha registrado presencia de FLNA en las diferentes campañas de muestreo alcance el nivel del agua subterránea, se verificará la existencia de FLNA que deba ser retirada. La extracción mediante bombeo se utilizará siempre y cuando el espesor de FLNA detectado al llegar a la zona saturada en el fondo de la excavación sea mayor a 5,0 cm. El producto será bombeado directamente a un tambor de 200 L o similar (por ejemplo: camión cisterna), para su posterior manejo como residuo peligroso. Si se detectan espesores menores de 5,0 cm, la FLNA será extraída junto con el suelo excavado y el tratamiento será manejado a través de la biorremediación mejorada, mediante la aplicación de peróxido de calcio.

El suelo del fondo de las excavaciones donde se detecte presencia de FLNA será destinado a tratamiento en las biopilas, siguiendo los procesos descritos anteriormente para el manejo de suelo SSCL Tipo 2. En el fondo de la excavación de estos sectores, también se aplicará peróxido de calcio.

Se prevé que el tiempo de bombeo no sea superior a 8 horas continuas en cada uno de los sectores donde se ha registrado presencia de FLNA.

La verificación de la efectividad del tratamiento se realizará a través del muestreo de agua subterránea en pozos de monitoreo instalados en el perímetro aguas debajo de cada uno de los Paños.

1.7.1.7 Manejo de contingencias durante la excavación

Se considerarán contingencias los hallazgos detectados durante la ejecución de las excavaciones y que no hayan sido detectados durante el Plan de Muestreo 2015-2016.

a) Suelo con presencia de hidrocarburos

En el caso que durante las excavaciones del estrato de suelo entre la superficie y la franja capilar se evidencie suelo que pueda tener presencia de hidrocarburos, ya sea por olor o color y que no haya sido detectada durante la caracterización del suelo del Plan de Muestreo 2015-2016, se realizarán mediciones con un PID, para el registro de los compuestos orgánicos volátiles. El Manejo de estos suelos será el siguiente:

- Suelos con lecturas de PID inferiores a 100 ppm: Serán enviados al acopio de Suelo SSCL Tipo 1.
- Suelos con lecturas de PID entre 100 y 500 ppm: Serán enviados al acopio de Suelo SSCL Tipo 2.
- Suelos con lecturas mayores a 500 ppm: Serán verificados con análisis de laboratorio y, de ser necesario, enviados a tratamiento en biopila.

El procedimiento descrito en esta sección aplica para la Fase de Operación de las Etapas 1 y 2 y deberá ser realizado por un profesional de terreno.

b) FLNA

En el caso que se detecte presencia de FLNA en sectores diferentes a los identificados en las diferentes campañas de monitoreo de agua subterránea (Figura 1-12), con espesores mayores que 5,0 cm, se seguirá el mismo procedimiento indicado en la Sección 1.7.1.6.

c) Tuberías de producto de operaciones históricas

En el caso de que durante las excavaciones se encuentren tramos de tuberías enterradas remanentes de operaciones históricas desarrolladas en el Sitio, que no fueron removidas durante la ejecución del proyecto de remediación de la RCA N° 203/2004 (modificada por Resolución N° 524/2006 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente), se procederá de conformidad con lo aprobado en dicha RCA:

- En el caso que contengan algún tipo de producto, se extraerá de las cañerías en forma gravitacional o mediante una bomba y será depositado en tambores metálicos de 200 L o estanque similar, para almacenamiento en la BAT de residuos peligrosos hasta su disposición final en sitio autorizado.
- En caso de que la totalidad de los cortes a las cañerías se hagan con procesos de corte en frío, sólo se requiere que las cañerías estén absolutamente drenadas antes de proceder a cortarlas. En caso contrario, se procederá a la desgasificación mediante el uso de agua, o mediante sistemas de ventilación con equipos eléctricos que cumplan con la clasificación de Clase I, Grupo D, División o sistemas de aire que tengan el compresor ubicado fuera del área peligrosa. En el caso que se utilice agua para la desgasificación de tuberías, se colectará en tambores o *bins*, para su manejo y disposición como residuo peligroso.
- Las tuberías se cortarán en tramos de longitud que sean fáciles de manejar. Las tuberías cortadas serán acopiadas en un área señalizada en la instalación de faenas hasta su transporte al sitio de disposición final.

- Las cañerías serán retiradas del Sitio por terceros en camiones adecuados, según el volumen y peso, y serán llevados al lugar de disposición final de chatarra o bien en fundiciones autorizadas para recibir este tipo de materiales, para su reutilización. Los materiales que no puedan ser fundidos serán enviados a un sitio de disposición autorizado.
- Durante todo el procedimiento de corte de cañerías deberá estar presente un prevencionista de riesgos quien supervisará los trabajos. Se deberá contar con un explosímetro debidamente calibrado, para verificar los niveles de explosividad en las áreas de trabajo y de por lo menos 1 extintor de 20 Lb de polvo químico seco y una manguera de suministro de agua en cada lugar de trabajo.
- En el caso de observar suelo con presencia de hidrocarburos bajo las cañerías, se procederá como se indica en el párrafo a) descrito anteriormente.
- Todos los trabajadores que participen de estas actividades utilizarán los Elementos de Protección (EPP) que correspondan (calzado de seguridad, casco, protección respiratoria, protección auditiva, gafas, etc.).

d) Estanques de producto de operaciones históricas

En el caso de que durante las excavaciones se encuentren estanques metálicos enterrados de operaciones históricas desarrolladas en el Sitio, que no hayan podido detectarse durante la ejecución del proyecto de remediación aprobado por la RCA N° 203/2004 (modificada por Resolución N° 524/2006 del Consejo Directivo de Ministros), se procederá de la siguiente manera según lo aprobado en dicha RCA:

- Medir los niveles de explosividad en el sector donde se encuentra el estanque con para garantizar que las lecturas del LEL³¹ del explosímetro estén bajo el 10%.
- Se sacará todo el producto remanente en el estanque, mediante una bomba. Todo producto extraído del estanque (borras) será manejado como si fuera residuo peligroso y será almacenado en la bodega de almacenamiento de residuos peligrosos, para luego ser transportado a un sitio de disposición final autorizada.
- Para el desgasificado de los estanques se pueden emplear métodos de desgasificación con agua, con hielo seco o mediante la aplicación de otro gas inerte. Durante el proceso de desgasificación se debe garantizar que las lecturas del LEL del explosímetro estén bajo el 10%.
- Sin perjuicio del método utilizado para la desgasificación, la atmósfera del estanque y el área de excavación serán regularmente controladas para medir la concentración de vapores hasta que el estanque haya sido retirado de la excavación y del Sitio. Estas pruebas serán realizadas con un explosímetro dotado de oxímetro bien mantenido y calibrado, y manejado por personal calificado.
- Posterior a la desgasificación se realizará una excavación con una retroexcavadora teniendo la precaución de verificar en todo momento que las paredes que circundan el estanque no corran riesgo de desprendimiento.
- Posteriormente se procederá a levantar el estanque utilizando una grúa o maquinaria similar. En lo posible, se debe depositar el estanque directamente sobre el camión plataforma, que lo retirará del Sitio y lo trasladará al lugar de destrucción o disposición final. El estanque debe ser amarrado en forma segura y

³¹ Por sus siglas en inglés Lower Explosive Limit, límite de explosividad inferior.

de manera que no exista movimiento de este sobre el camión. El amarre se debe realizar con cuerdas en buenas condiciones.

- En caso de requerir un almacenamiento temporal del estanque en el Sitio, se deben mantener las mediciones de las lecturas de oxígeno y las aberturas tapadas, excepto la ventilación de 5 mm. No se debe trabajar mecánicamente sobre el estanque. El estanque deberá ubicarse a no menos de 5 m de la excavación, debidamente señalado y con acceso restringido al Sitio.
- El destino de los estanques para su fundición será una planta autorizada. Los materiales que no puedan ser fundidos serán enviados a un sitio de disposición autorizado.
- Durante todo el procedimiento de retiro de estanques deberá estar presente un prevencionista de riesgos quien supervisará los trabajos. Se deberá contar con un explosímetro debidamente calibrado, para verificar los niveles de explosividad en las áreas de trabajo y de por lo menos 1 extintor de 20 Lb de polvo químico seco y una manguera de suministro de agua en cada lugar de trabajo.
- En el caso de observar suelo con presencia de hidrocarburos bajo los estanques, se procederá como se indica en el párrafo a) descrito anteriormente.
- Todos los trabajadores que participen de estas actividades utilizarán los Elementos de Protección (EPP) que correspondan (calzado de seguridad, casco, protección respiratoria, protección auditiva, gafas, etc.).

e) Cámaras de producto de operaciones históricas u otras estructuras similares

En el caso de que durante las excavaciones se encuentren cámaras de hormigón o estructuras similares que hayan manejado líquidos con hidrocarburos, se procederá de la siguiente manera:

- Se sacará toda el agua remanente en la cámara, mediante una bomba. Toda el agua extraída de la cámara será manejada como si fuera residuo peligroso, y será almacenado temporalmente en el Sitio, para luego ser transportado a una planta de disposición final autorizada.
- Una vez drenada, se deberá verificar que el nivel LEL sea de 0% en distintos puntos de la cámara. En caso contrario, la cámara se deberá desgasificar siguiendo alguno de los procedimientos indicados anteriormente, levantando para ello todas las tapas metálicas de la cámara, con el objeto de mejorar la ventilación.
- Una vez que se haya certificado un ambiente libre de gases inflamables (0% LEL), se procederá a la destrucción de la cámara mediante el uso una retroexcavadora o un equipo similar.
- El material proveniente de la destrucción de la cámara, una vez certificada la ausencia de hidrocarburos, podrá ser llevado a botadero autorizado.
- En el caso de observar suelo con presencia de hidrocarburos bajo las cámaras, se procederá como se indica en el párrafo a) descrito anteriormente.

f) Losas y otras estructuras

En el caso de que durante las excavaciones se encuentren losas u otras estructuras de hormigón o de otro material de construcción, se procederá a su demolición con una retroexcavadora o equipo similar. El material de demolición será cargado en un camión para su disposición en una escombrera autorizada o un sitio de disposición de residuos de construcción.

g) Cañerías de servicios

En el caso de que durante las excavaciones se encuentren líneas de servicios (alcantarillado, electricidad, agua, etc.), estas estructuras serán cortadas en tramos que sean fáciles de manejar y serán cargadas en un camión para su disposición en un sitio de disposición de residuos de construcción autorizado. En el caso de tuberías metálicas, podrán ser enviados a reciclaje o a una empresa de fundición.

1.7.1.8 Maquinaria Prevista para el Proceso de Remediación

La maquinaria prevista requerida para el proceso de movimiento de tierras asociado a la remediación del paño Norte y del paño Sur se presenta en la Tabla 1-50.

Tabla 1-50: Maquinaria prevista para la ejecución de la remediación de suelo

Descripción	Cantidad
Excavadora CAT 215 o similar (0,9 m ³)	2
Bulldozer CAT D6R2 o similar (rellenos)	1
Bulldozer CAT D6R2 o similar (acopios)	1
Cargador Frontal CAT 950 o similar (acopios temporales) 2.9 m ³	1
Cargador Frontal CAT 910 o similar (acopios temporales) 1.3 m ³	1
Camión 30t Truck Volvo - FMX 6x4 R o similar (excavación)	4
Camión 30t Truck Volvo - FMX 6x4 R o similar (rellenos)	2
Camión de Suministro de Petróleo Hyundai HD-78 o similar	1
Camión de Suministro de Lubricantes IVECO o similar	1
Camión aljibe	1

El tipo o modelo de maquinaria podrá variar, en virtud de las etapas más avanzadas del desarrollo del Proyecto (por ejemplo, especificaciones en las licitaciones para la ejecución de las obras por parte de contratistas y sus ofertas técnicas, cambios tecnológicos, etc.).

1.7.1.9 Muestreo de Verificación Final del Proceso de Remediación de cada Paño

Una vez se haya finalizado la remediación de cada Paño, con el relleno completo de las excavaciones con suelo que cumple los SSCL Residencial y Suelo Limpio, se procederá a verificar que las condiciones finales en términos de calidad del suelo y agua subterránea no representan riesgo para la salud de las personas. El objetivo del muestreo es confirmar que el Paño correspondiente a la Etapa del Proyecto se encuentra remediado para los usos permitidos en el PRC de Viña del Mar. El muestreo de verificación propuesto se describe a continuación.

1.7.1.9.1 Muestreo de Gases del Suelo

El muestreo de verificación se realizará dentro del Sitio para los gases del suelo (*soil gas*), al final de cada Etapa, considerando que la única vía de exposición asociada al suelo y el agua subterránea que podría estar activa a futuro corresponde a la intrusión de vapores. Al medir los gases del suelo, se colectará en la misma muestra los aportes de los vapores provenientes tanto del suelo como el agua subterránea; por lo tanto, se puede verificar de forma representativa la condición real de remediación.

En cada Paño se establecerá un punto de muestreo de gas por cada cuadrante de la grilla del Plan de Muestreo 2015-2016. Las concentraciones medidas en los muestreos de gases del suelo serán comparadas con los

SSCL calculados en la HHRA, los que se presentan en la siguiente tabla. El detalle del cálculo de estos SSCL se presenta en el Anexo 1.2 “Evaluación de Riesgo para la Salud Humana Terreno Las Salinas”.

Tabla 1-51: SSCL para gases del suelo

Parámetro	SSCL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benceno	1.650
Etilbenceno	5.200
Tolueno	20.000
Xileno	40.000
Naftaleno	380
TPH alifático C05-06	30.000
TPH alifático C06-08	50.000
TPH alifático C08-10	80.000
TPH alifático C10-12	50.000
TPH alifático C12-16	30.000
TPH aromático C07-0	20.000
TPH aromático C8-10	20.000
TPH aromático C10-12	20.000
TPH aromático C12-16	20.000

Fuente: Evaluación de Riesgo para la Salud Humana, Anexo 1.2.

Las actividades del muestreo de verificación son las siguientes:

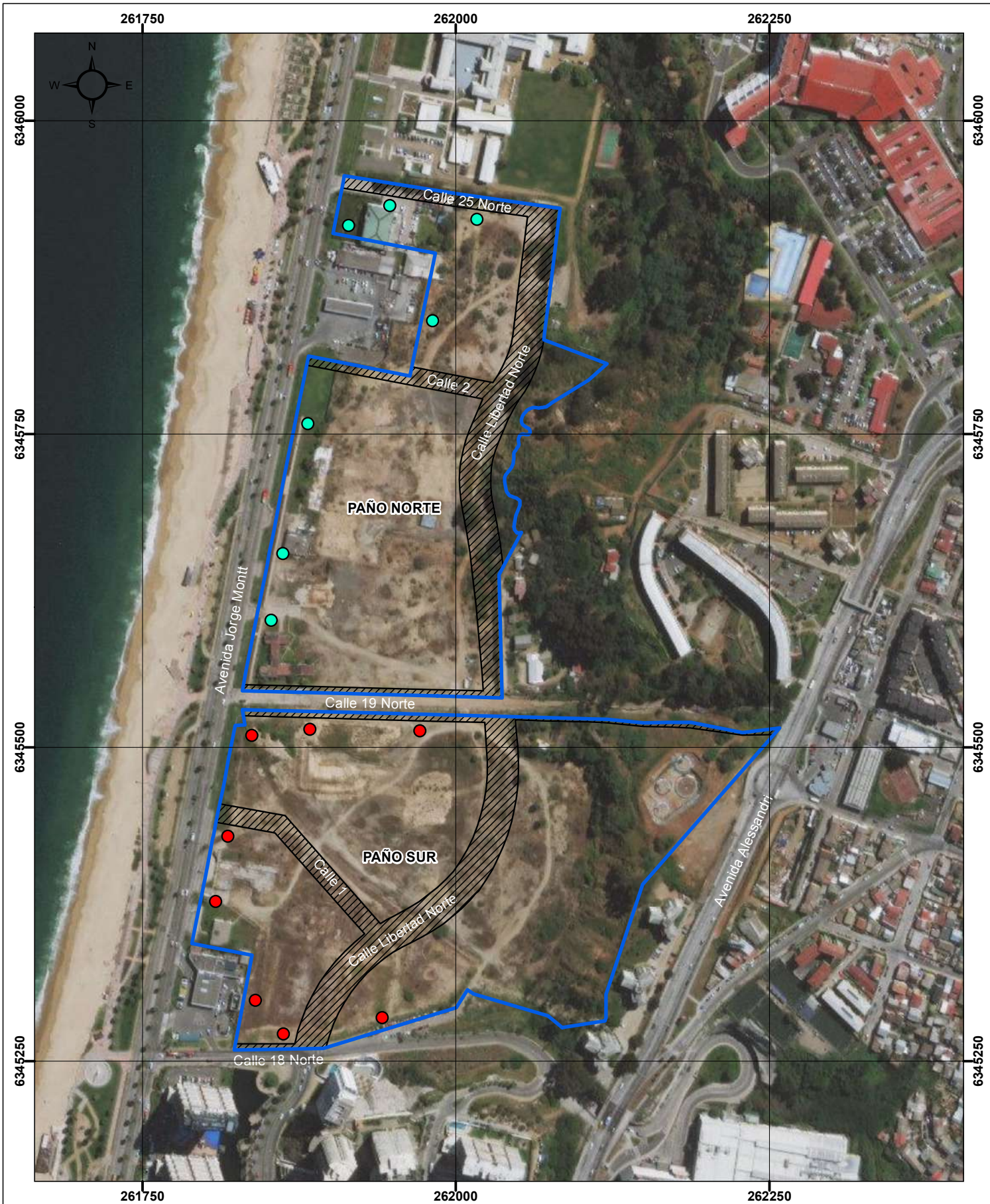
- Perforación e instalación de sondas de muestreo de gases del suelo utilizando herramienta manual. La separación de los puntos de muestreo cumplirá con el mismo criterio del Plan de Muestreo 2015-2016; es decir, un pozo por cada 1.000 m².
- Muestreo de gases del suelo utilizando una bomba manual y siguiendo los mismos protocolos de muestreo llevados a cabo en el Plan de Muestreo 2015-2016.
- Análisis de laboratorio de los compuestos de interés.
- Comparación de los resultados con los SSCL para intrusión de vapores establecidos para el Sitio en la HHRA.

Si los resultados del muestreo de gases del suelo indican el cumplimiento de los SSCL, se dará por saneado el Paño correspondiente. En caso contrario se realizará un muestreo de seguimiento con una frecuencia trimestral hasta verificar el cumplimiento de los SSCL en 2 muestreos secuenciales, dejando más tiempo para el proceso de biorremediación mejorada. Una vez alcanzada esta condición se dará por saneado el Paño.

1.7.1.9.2 Muestreo de Agua Subterránea

Se contempla realizar un muestreo del agua subterránea en el perímetro aguas debajo de cada uno de los Paños (Muestreo de Borde), al final de cada una de las Etapas. Considerando que la liberación de oxígeno asociada a la biorremediación mejorada ocurrirá por varios meses, se propone llevar a cabo un muestreo durante los tres meses siguientes al término del relleno de las excavaciones de cada Paño. Los resultados se compararán con los SSCL para agua subterránea establecidos para el Sitio (Tabla 1-12).

En la Figura 1-35 se presenta La localización de los puntos de muestreo de agua subterránea.



SIMBOLOGÍA

- Pozos de monitoreo Paño Sur
- Pozos de monitoreo Paño Norte
- Área de proyecto (Paño)
- Vías (Bienes Nacionales de Uso Público establecidas en PRC Viña del Mar)

REFERENCIA:
PROYECCIÓN/HUSO: UTM / 19 sur
DATUM: WGS 84

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO "SANEAMIENTO DEL TERRENO LAS SALINAS"

LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE VERIFICACIÓN EN AGUA SUBTERRÁNEA

0 15 30 60 90 m



N° PROYECTO: 179 216 2901

ESCALA:

REVISIÓN: 0

FIGURA 1-34

Las concentraciones medidas en los muestreos de agua subterránea serán comparadas con los SSCL Residencial calculados para el agua subterránea en la HHRA, los que se presentan en Tabla 1-12. El detalle del cálculo de estos SSCL se presenta en el Anexo 1.2 “Evaluación de Riesgo para la Salud Humana Terreno Las Salinas”.

Las actividades del muestreo de verificación son las siguientes:

- Perforación e instalación de pozos de monitoreo, siguiendo los mismos protocolos llevados a cabo durante el Plan de Muestreo 2015-2016.
- Purga del pozo y muestreo de agua subterránea siguiendo los protocolos de muestreo llevados a cabo durante el Plan de Muestreo 2015-2016.
- Análisis de laboratorio de los compuestos de interés.
- Comparación de los resultados con los SSCL Residencial para agua subterránea establecidos para el Sitio en la HHRA.

Si los resultados del muestreo de agua subterránea indican el cumplimiento de los SSCL, se dará por saneado el Paño correspondiente. En caso contrario se realizará un muestreo de seguimiento con una frecuencia trimestral hasta verificar el cumplimiento de los SSCL en 2 muestreos secuenciales. Una vez alcanzada esta condición se dará por saneado el Paño.

1.7.2 Fecha Estimada e Indicación de la Parte, Obra o Acción que Establece el Inicio y Término de la Fase de Operación

En la Tabla 1-52 se presenta el hito de inicio y término de la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto.

Tabla 1-52: Hitos de inicio y término de la Fase de Operación en cada etapa del Proyecto

Etapas del proyecto	Inicio		Término	
	Hito de inicio	Fecha estimada	Hito de término	Fecha estimada
Etapas 1 Paño Sur	Inicio Excavaciones	Junio 2020	Finalización muestreo de verificación del Paño Sur	Febrero 2022
Etapas 2 Paño Norte	Inicio Excavaciones	Junio 2023	Finalización muestreo de verificación del Paño Norte	Febrero 2025

Fuente: Elaboración propia.

1.7.3 Cronograma de las Principales Partes, Obras y Acciones de la Fase de Operación

Cada una de las etapas del Proyecto se presenta con un cronograma de operación independiente, donde se indican las principales partes, obras y acciones de la Fase de Operación.

En la Figura 1-36 se presenta los cronogramas estimados de las Fase de Operación de la Etapa 1 y la Etapa 2, respectivamente.

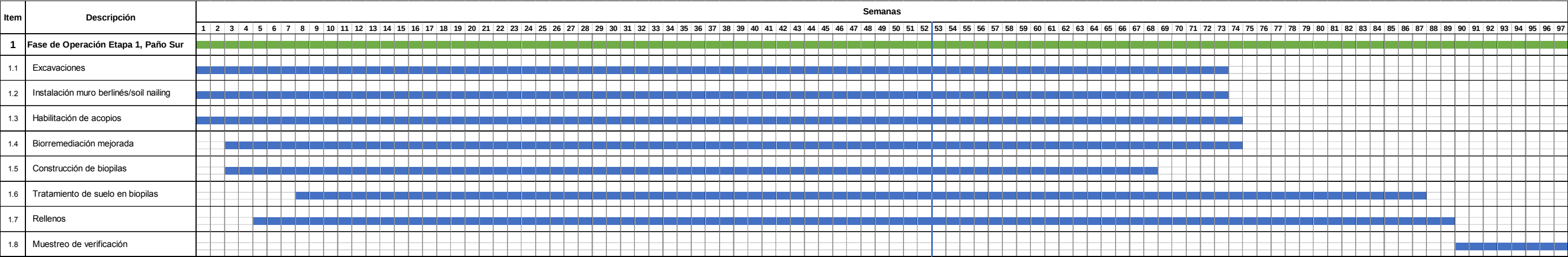


Figura 1-35: Cronograma de actividades para la Fase de Operación Etapa 1

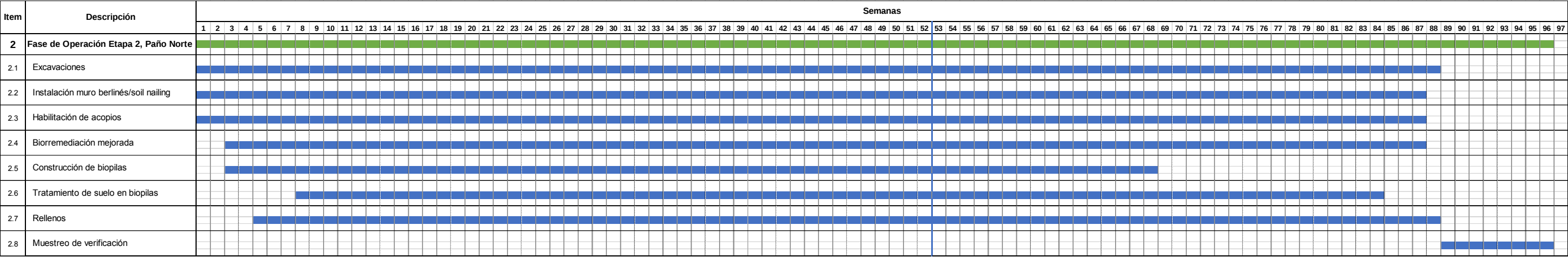


Figura 1-36: Cronograma estimado de actividades para la Fase de Operación Etapa 2

1.7.4 Mano de Obra Requerida durante la Fase de Operación

En la Tabla 1-53 presentan las dotaciones promedio y máxima para la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto.

Tabla 1-53: Mano de obra estimada durante la Fase de Operación, para cada una de las etapas del Proyecto

Etapas	Promedio	Máximo
Etapas 1	50	55
Etapas 2	50	55

Fuente: Elaboración propia.

En general, la mano de obra estará compuesta por jefes de obra, supervisores, laboratoristas, prevencionista de riesgo, capataces, ayudantes, operadores de maquinaria, conductores de camiones, servicios generales, entre otros.

1.7.5 Actividades de Mantenimiento y Conservación

El proyecto que se somete a evaluación a través del presente EIA corresponde a un proyecto de saneamiento, con una Fase de Operación que considera la ejecución de los trabajos de remediación del suelo y el agua subterránea, con una duración limitada, por lo que no corresponde a un proyecto típico de los que se evalúan en el SEIA. Considerando lo anterior, las actividades de mantenimiento asociadas a la Fase de Operación del Proyecto son las siguientes:

- Mantenimiento de maquinaria, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, la cual será realizada por el contratista del movimiento de tierra.
- Mantenimiento de vehículos, cumpliendo con las revisiones técnicas y certificado de emisiones.
- Mantenimiento de los equipos de tratamiento de las biopilas.

1.7.6 Descripción de cómo se Proveerá durante la Fase de Operación los Suministros Básicos

En la siguiente Sección se describe cómo se proveerán los suministros básicos, tales como energía y combustible, agua potable e industrial, servicios higiénicos, alimentación, alojamiento, transporte y otros insumos, durante la Fase de Operación del Proyecto. Esta descripción es aplicable para la Fase de Operación de las dos etapas del Proyecto.

1.7.6.1 Suministro Energía Eléctrica

La energía eléctrica requerida para la Fase de Operación de cada una de las Etapas del Proyecto será obtenida directamente desde la red eléctrica proporcionada por el proveedor de energía local.

1.7.6.2 Combustible

El suministro de combustible, así como de los aceites y lubricantes necesarios para el funcionamiento de la maquinaria en la ejecución de los trabajos de remediación, será obtenido de empresas autorizadas, de acuerdo a la normativa que regula el transporte y distribución/entrega de los mismos.

Los volúmenes aproximados de combustibles y lubricantes en la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto se presentan en la Tabla 1-54.

Tabla 1-54: Consumo promedio de combustibles y lubricantes en la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto

Etapas	Combustible (L/mes)	Lubricante (L/mes)
Etapas 1 Paño Sur	64.200	420
Etapas 2 Paño Norte	64.200	420

Fuente: Elaboración propia.

No se contempla la construcción de estanques de almacenamiento de combustible en el Sitio. El abastecimiento diario de petróleo se realizará directamente a los equipos y camiones. El mayor consumo de combustible corresponde a los camiones que realizan el traslado del suelo desde las excavaciones hacia los acopios de suelo y desde los acopios hacia el relleno.

El suministro del combustible será proporcionado por una empresa autorizada y se realizará en lo que respecta a su compra, traslado y almacenamiento, bajo las normas establecidas para tales efectos (D.S. N° 160/08, Ministerio de Economía).

1.7.6.3 Agua Potable

El agua para el consumo del personal en el área de instalación de faenas será obtenida de la red de la empresa distribuidora de agua potable ESVAL. Considerando el número máximo de 55 trabajadores en obra y una dotación de agua potable de 150 litros/día/persona, se estima un consumo mensual máximo de 206 m³/mes (25 días hábiles), considerando abastecer el *peak* de la Fase de Operación.

El suministro cumplirá con lo establecido por la normativa vigente (Decretos Supremo N° 735/1969 N° 594/1999, ambos del MINSAL; y Norma Chilena Oficial NCh 409/1Of. 2005), en cuanto a su cantidad y calidad.

Adicionalmente, se considera una dotación de agua para bebida de 5 L/día/persona, agua que será suministrada en bidones plásticos, sellados, etiquetados y certificados. Esta agua potable será suministrada para los trabajadores en sus frentes de trabajo.

1.7.6.4 Agua Industrial

Se considera el uso de agua industrial para la humectación de caminos y uso operativo (lavado de equipos, ruedas, etc.).

Se utilizará también agua industrial para mantener la humedad apropiada para el tratamiento de los suelos en las biopilas. Se estima un volumen aproximado de 10 m³/mes durante el periodo de operación de las biopilas.

El agua requerida será comprada a un proveedor externo autorizado para prestar este servicio y transportado por camiones aljibes; se estima el empleo de 3 camiones aljibe al día, cada uno de 15 m³, para un total de 45 m³ de agua día, en el período de mayor aplicación (verano).

Alternativamente, como agua industrial también podrá usarse el agua lluvia acumulada en las piscinas de recolección que se instalarán para el manejo de aguas lluvias de los acopios. De esta forma se reducirá la necesidad de provisión de agua desde fuera del Sitio.

1.7.6.5 Servicios Higiénicos

Durante la Fase de Operación se contará con un área de baños fija, con conexión a la red de suministro de agua y alcantarillado local.

Adicionalmente, se proveerá de baños químicos en cada uno de los frentes de trabajo, suministrados por una empresa autorizada, quien se encargará del manejo y disposición de las aguas servidas. Se mantendrá en faena un registro de las mantenciones realizadas a los baños químicos, el que estará disponible para la Autoridad Sanitaria cuando ésta lo requiera. Dicho registro contendrá la siguiente información:

- Fecha de limpieza de estanques del baño químico.
- Nombre y firma del operador que realiza el servicio (empresa contratista).
- Registro de la próxima mantención.

1.7.6.6 Alimentación

No se contempla la preparación de alimentos en el área de trabajo; no obstante, se contará con un área de comedor como parte de las instalaciones de faenas.

1.7.6.7 Alojamiento

No se contempla disponer de campamentos ni sitios de pernoctación del personal. La mano de obra calificada proveniente de fuera de la ciudad pernochará en hoteles o departamentos.

1.7.6.8 Sustancias Químicas

Durante la Fase de Operación del Proyecto se contempla el uso de sustancias químicas para la implementación de la tecnología de biorremediación mejorada, aplicando peróxido de calcio como liberador de oxígeno.

En la Tabla 1-55 se presenta el área estimada sobre la cual se aplicará el reactivo y la cantidad de producto requerido por Etapa.

Tabla 1-55: Cantidad estimada de reactivo necesaria para la biorremediación mejorada

Etapa	Área aproximada a excavar (m ²)	Cantidad aproximada de CaO(OH) ₂ (ton)
Etapa 1	69.000	104
Etapa 2	65.000	100

Fuente: Elaboración propia.

Las sustancias químicas serán trasladadas al Sitio para almacenarlas en una bodega de sustancias químicas, manteniendo un *stock* inferior a 30 toneladas. El manejo y almacenamiento de las sustancias químicas cumplirá

con las disposiciones del D.S. N° 43/2015 "Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas". La hoja de datos de seguridad del Peróxido de Calcio se adjunta en el Anexo 1.9.

Considerando que el peróxido de calcio está clasificado como sustancia peligrosa (Clase de peligrosidad 5.1 – comburente), se habilitará una bodega en el área de instalación de faenas para su almacenamiento temporal.

Se hace presente que durante la Fase de Operación también será necesario la recepción de las mismas sustancias químicas cuya adquisición se contempla en la Fase de Construcción. El transporte de las sustancias químicas hasta el Sitio será realizado por un tercero autorizado.

Como sustancia química también podrá ser requerido el uso de sustancias para mejorar la concentración de nutrientes en las biopilas. Estas sustancias corresponden a preparados enriquecidos en nutrientes (nitrógeno, fósforo) de disponibilidad en el mercado local, cuyo formato permite ser adicionado a través del sistema de irrigación de la biopila. Estas sustancias están clasificadas como no peligrosas.

Se estima que podría requerirse la adición de urea en una proporción aproximada de 0,5 toneladas por cada 1.000 m³ de biopila, para un total aproximado de 12,5 toneladas en la Etapa 1 y 10 toneladas en la Etapa 2. Esta sustancia será adquirida de un proveedor local y llegará al Sitio a medida que se vaya requiriendo.

1.7.6.9 Compost

Durante la construcción de la biopila se contempla el uso de compost como mejorador de suelo. Se estima que cada biopila tendrá aproximadamente un 10% de compost en volumen, lo que resulta en aproximadamente 2.500 m³ en la Etapa 1 y aproximadamente 2.000 m³ en la Etapa 2. En base a la experiencia que se vaya obteniendo de la operación de las biopilas, la proporción de compost podrá ajustarse, siempre verificando que se cumplan los objetivos de remediación considerados (1.7.1.3.5.5).

El compost a utilizar será el clasificado como Clase A según la Norma Chilena NCh 2880.Of2004, que corresponde a un producto de alto nivel de calidad y que no tiene restricciones de usos. No generará olores molestos ni emisiones de material particulado.

El compost será obtenido de un productor autorizado, quien lo transportará hasta el Sitio en camiones, a granel o en maxisacos de aproximadamente 1,0 toneladas, a medida que se vaya requiriendo, según el avance del Proyecto.

1.7.6.10 Transporte

Durante la Fase de Operación, el flujo de vehículos estará asociado principalmente al transporte de insumos y materiales, así como el transporte de los suelos que sean clasificados como peligrosos y el suelo de rechazo del tratamiento en biopilas

Para el traslado de las personas hacia y desde el área del Proyecto en la Fase de Operación, se emplearán vehículos menores particulares. Por estar el Proyecto emplazado dentro de la zona urbana, la mayoría del personal podrá hacer uso del servicio de transporte público (microbuses, colectivos, taxis) de la ciudad de Viña del Mar y comunas aledañas para llegar hasta el área de los trabajos.

El transporte de carga diversa será realizado en camiones de terceros debidamente autorizados, a través de la ruta de transporte, preferente para acceder al Sitio, con una extensión aproximada de 6,0 km desde el área del Proyecto (ver Figura 1-21).

Para el caso particular del transporte de sustancias peligrosas, los vehículos contarán con la rotulación y hoja de datos de seguridad correspondiente, además de las autorizaciones ambientales y sectoriales requeridas

para este tipo de traslados, dando cumplimiento al D.S. N° 298/95 Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MINTRATEL), "Reglamento para el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos".

Así mismo, en caso que durante la ejecución del Proyecto se requiera el traslado de elementos con sobredimensión o sobrepeso, el Titular tramitará las autorizaciones correspondientes ante la Dirección Regional de Vialidad, de acuerdo a lo establecido en el artículo 30 del Decreto con fuerza de ley (D.F.L.) N° 850/97, del Ministerio de Obras Públicas (MOP), que Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 15.840/1964 y del D.F.L. N° 206/1960 y a lo estipulado en el artículo 63 del D.F.L. N° 1/2007 del MINTRATEL, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.290, sobre Tránsito.

Se estima un número máximo de cinco viajes (ida y vuelta) de camiones por día y de cinco viajes de vehículos livianos (ida y vuelta). Figura 1-21. La descripción de los vehículos de transporte, de los tipos de embalaje utilizados en el transporte y del transporte de carga diversa y de mano de obra del Proyecto durante la Fase de Operación, se detallan respectivamente en la Tabla 1-56, Tabla 1-57 y Tabla 1-58 presentadas a continuación, según los requerimientos establecidos por la "Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA" elaborada por el SEA (2017).

Tabla 1-56: Descripción de los vehículos de transporte, fase de operación

Tipo de vehículos	Capacidad del vehículo de transporte
Camión rampa	30 ton
Camión estanque	15 m ³
Camión tolva	22 ton
Camionetas y vehículos livianos	1,5 ton

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 1 de la "Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA", elaborada por SEA (2017).

Tabla 1-57: Descripción de tipos de embalajes utilizados en transporte, fase de operación

Tipo de embalaje	Características generales del embalaje	Identificación de la carga a transportar
A granel:	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 8,2 m	Compost para biopilas
A granel:	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 8,2 m	Suelos clasificados como peligrosos Cuadrante B10 y E1 (RESPEL)
A granel:	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 8,2 m	Rechazo suelos biopila (RESPEL)
A granel	Capacidad estanque: 15.000 L Longitud estanque: 6,5 m	Agua de uso industrial
A granel	Capacidad estanque: 15.000 L Longitud estanque: 6,5 m	Combustible
A granel	Capacidad camión: 30.000 Kg Longitud rampa: 20,5 m	Maquinaria, equipos y materiales
Envase: Tambores o maxisacos	Capacidad camión: 22.000 Kg Longitud camión: 8,2 m	Peróxido de calcio
Envase: Sacos o maxisacos	Capacidad camioneta: 1.500 Kg Longitud camioneta: 6 m	Urea
Envase: bidón 50 L	Capacidad camioneta: 1.500 Kg Longitud camioneta: 6 m	Concentrado Bacterias (Bioaumentación)

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 2 de la "Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA", elaborada por SEA (2017).

Tabla 1-58: Descripción del transporte de carga diversa Fase de Operación

Regiones	Comuna	Rutas del transporte	Características de la carpeta de rodado	Instalación de origen o lugar de carga	Instalación de destino o lugar de descarga	Modo de transporte	Identificación de la carga a transportar	Cantidad de carga a transportar por tiempo	Frecuencia Máxima de viajes (viajes/día)	Observaciones
Valparaíso	Viña del Mar	Ruta 64 Rotonda Santa Julia Subida Alessandri Alessandri Av. Benidorm (ex Quince Norte) Nueva Libertad Dieciocho Norte	Hormigón/asfalto	Proveedor autorizado en la Región de Valparaíso y/o Metropolitana de Santiago. Acceso por Rotonda Santa Julia E 265528 N 6345920	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Modo camión	Maquinaria y equipos	30 ton/día	1	Actividad realizada por terceros. Se desarrollará durante 1 semana en cada Etapa, mediante camiones de terceros
							Materiales	30 ton/día	1	Actividad realizada por terceros. Se considera que el traslado de los materiales será realizado por proveedores desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones durante 1 semana en cada etapa del Proyecto.
							Combustible	4.000 L/día	1	Actividad realizada por terceros. Se considera que el traslado será realizado diariamente por un proveedor autorizado, utilizando un camión estanque autorizado para el manejo de combustible
							Agua de uso industrial	30 m³/día	2	Actividad realizada por terceros. Se considera que el traslado será realizado diariamente por un proveedor autorizado, mediante camiones estanque
							Peróxido de Calcio (Sustancia Peligrosa)	30 ton	4	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones. Se mantendrá un stock de 30 toneladas en el Sitio. Se trasladará al Sitio a medida que se vaya usando.
							Compost	100 m³/día	4	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso de camiones. Se trasladará al Sitio a medida que sea requerido en las biopilas.
		Dieciocho Norte Nueva Libertad Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Jorge Montt Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Alessandri Subida Alessandri Rotonda Santa Julia Ruta 64	Hormigón/asfalto	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Sitio autorizado, saliendo por la Rotonda Santa Julia E 265528 N 6345920	Modo camioneta	Urea (sustancia no peligrosa)	0,5 ton/día	1	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso vehículo de carga menor. Se trasladará al Sitio a medida que se vaya usando.
							Concentrado Bacterias	50 L/mes	1	El traslado será realizado por parte del proveedor autorizado, desde su origen hasta el acceso del Proyecto mediante el uso vehículo de carga menor. Se trasladará al Sitio sólo en caso de ser requerido.
						Modo camión	Rechazo suelos biopila (RESPEL)	110 ton/día	5	Actividad realizada por terceros. Durante 5 semanas en la Etapa 2, serán trasladados por un tercero mediante camiones tolva cubiertos, con autorización para el manejo de RESPEL, hasta un sitio de disposición final de RESPEL autorizado para dichos fines
								88 ton/día	4	Actividad realizada por terceros. Durante 8 semanas en la Etapa 2, serán trasladados por un tercero mediante camiones tolva cubiertos, con autorización para el manejo de RESPEL, hasta un sitio de disposición final de RESPEL autorizado para dichos fines
								132 ton/día	6	Actividad realizada por terceros. Durante 25 semanas en la Etapa 1 y 28 semanas en la Etapa 2, se trasladarán por un tercero mediante camiones tolva cubiertos, con autorización para el manejo de RESPEL, hasta un sitio de disposición final de RESPEL autorizado para dichos fines
								110 ton/día	5	Actividad realizada por terceros. Durante 25 semanas en la Etapa 1 y 28 semanas en la Etapa 2, se trasladarán mediante camiones tolva con cubierta, hasta un sitio de disposición final de RESPEL autorizado para dichos fines. Este traslado se considera como una alternativa en caso de problemas de disponibilidad de camiones por parte del proveedor.
		Dieciocho Norte Nueva Libertad Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Jorge Montt Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Alessandri Subida Alessandri Rotonda Santa Julia Ruta 64	Hormigón/asfalto	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Varios en la Región de Valparaíso	Vehículo Liviano (camioneta)	Personal	7,5 ton/día Máximo 4 personas por vehículo	5	Se considera el desplazamiento diario de personal mediante vehículos livianos y camionetas durante toda la fase de operación
		Dieciocho Norte Nueva Libertad Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Jorge Montt Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Alessandri Subida Alessandri Rotonda Santa Julia Ruta 64	Hormigón/asfalto	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Sitio autorizado, saliendo por la Rotonda Santa Julia E 265528 N 6345920	Modo camión	Rechazo suelos biopila (RESPEL)	110 ton/día	5	Actividad realizada por terceros. Durante 25 semanas en la Etapa 1 y 28 semanas en la Etapa 2, se trasladarán mediante camiones tolva con cubierta, hasta un sitio de disposición final de RESPEL autorizado para dichos fines. Este traslado se considera como una alternativa en caso de problemas de disponibilidad de camiones por parte del proveedor.
		Dieciocho Norte Nueva Libertad Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Jorge Montt Av. Benidorm (ex. Quince Norte) Alessandri Subida Alessandri Rotonda Santa Julia Ruta 64	Hormigón/asfalto	Acceso al Proyecto E 262000 N 6345294	Varios en la Región de Valparaíso	Vehículo Liviano	Personal	7,5 ton/día Máximo 4 personas por vehículo	5	Se considera el desplazamiento diario de personal mediante vehículos livianos y camionetas durante toda la fase de operación

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla 3 de la "Guía para la Descripción de la acción del transporte terrestre en el SEIA", elaborada por SEA (2017).

1.7.7 Cuantificación y la Forma de manejo de los Productos Generados

El Proyecto en evaluación no se relaciona a una actividad productiva, sino que plantea el saneamiento de un Sitio; por lo tanto, no se generará un producto asociado.

1.7.8 Ubicación y Cantidad de Recursos Naturales Renovables a Extraer o Explotar por el Proyecto o Actividad para Satisfacer sus Necesidades

El Proyecto en evaluación no contempla la extracción o explotación de recursos naturales renovables.

1.7.9 Las emisiones del Proyecto o Actividad y las Formas de Abatimiento y Control Contempladas

A continuación, se presenta el detalle de las emisiones generadas durante todas las Fases de Operación del Proyecto y las medidas de abatimiento y control a implementarse.

1.7.9.1 Emisiones Atmosféricas

Durante la Fase de Operación del Proyecto, las emisiones atmosféricas corresponderán principalmente a material particulado y gases, producto de las actividades de excavación, carga y descarga de material, circulación de vehículos por caminos no pavimentados internos, motores de combustión.

También se podrán generar emisiones fugitivas de vapores durante la excavación de la franja capilar, en aquellos sectores con mayor presencia de hidrocarburos. En estos casos la excavación avanzará en secciones de máximo 100 m². Lo anterior para evitar la emanación de vapores que puedan significar molestias para los trabajadores o para los residentes vecinos.

No se generarán emisiones fugitivas desde las biopilas durante el proceso de tratamiento, ya que estarán cubiertas en su totalidad con una membrana de HDPE o similar. Adicionalmente, los vapores de hidrocarburos extraídos por el sistema de extracción de la biopila serán conducidos a la unidad de tratamiento que contempla un conjunto de dos unidades de filtro de carbón activado previo a la descarga a la atmósfera (ver Sección 1.7.1.3.5.3).

El cálculo de las emisiones para la Fase de Operación se presenta en el Anexo 4.1 “Estimación de emisiones atmosféricas y modelación de calidad de aire”. Tal como se observa en el Anexo mencionado, la calidad del aire en los receptores más cercanos debido a las emisiones generadas por el Proyecto presenta valores inferiores a la norma de calidad del aire. Sin perjuicio de lo anterior, se implementarán las siguientes medidas de abatimiento y control:

- Se mantendrán humectadas las áreas de trabajo (humectación de caminos internos y acopios de tierra) mediante riego con camiones aljibes. Esta medida se aplicará únicamente cuando se requiera. La frecuencia de humectación dependerá de la época del año, siendo mayor en el verano.
- En aquellos sectores de la excavación de la franja capilar donde se detecte presencia de hidrocarburos, ésta avanzará en secciones de máximo 100 m². Lo anterior para evitar la emanación de vapores que puedan significar molestias para los trabajadores o para los residentes vecinos.
- Se realizará limpieza y mantención de la calle 19 Norte, para evitar acumulación de barro que pueda generar emisiones de material particulado.

- Se realizará la limpieza de las ruedas de camiones antes de su salida del Sitio.
- Los camiones que transporten materiales fuera del Sitio mantendrán su carga cubierta, a modo de impedir el levantamiento de polvo.
- Los vehículos cumplirán con la norma de emisión vigente, tendrán su revisión técnica al día y contarán con su sello verde adherido al parabrisas del vehículo.
- Los vehículos y maquinarias serán manejados con precaución y a una velocidad moderada, con objeto de minimizar la emisión de material particulado.
- El tránsito de maquinaria y vehículos durante los movimientos de tierra se realizará a baja velocidad (máximo de 25 km/h). Durante la Fase de Operación de cada una de las etapas del Proyecto se llevará a cabo, por lo menos, un muestreo de emisiones atmosféricas en los receptores cercanos, con el objetivo de verificar que las concentraciones de material particulado y vapores de hidrocarburos se encuentran dentro de los límites de las normas de referencia. Esta información será publicada en la página web del Titular para difusión a la comunidad.

1.7.9.2 Emisiones de Olor

Los resultados de los muestreos realizados para caracterizar el Sitio (Plan de Muestreo 2015-2016) detectaron suelos con presencia de hidrocarburos principalmente al nivel de la franja capilar. Considerando lo anterior, es posible que cuando los trabajos de excavación alcancen la franja capilar, se generen olores a hidrocarburos dentro del Sitio y/o fuera de éste. Para controlar la posible generación de olores, el Proyecto contempla la excavación de estas áreas en secciones de 100 m², que se irán rellenando una vez completada la remediación, con lo que se reduce de forma importante el tiempo máximo que la excavación estaría abierta.

En base a lo anterior, se realizó Estudio de Impacto Odorante para proyectar y estimar el alcance odorante de las operaciones a realizar durante el proyecto. La representación operacional y estructural de las fuentes, siguió los lineamientos y recomendaciones descritos en la Guía para el uso de modelos de calidad del aire en el SEIA3 (SEA, 2012) y la Guía de evaluación de impacto ambiental por olores⁴ (SEA, 2017).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que en los receptores residenciales más cercanos al proyecto se obtienen valores en unidades de olor inferiores a los indicados en la normativa de referencia.

El estudio completo de impacto odorante se incluye en el Anexo 4.2 del presente EIA.

1.7.9.3 Emisiones de Ruido

Durante la Fase de Operación las principales fuentes de emisión de ruido corresponden al uso de maquinaria dentro del Sitio y circulación de vehículos, principalmente por las labores de excavación de los Paños para la remediación del Sitio.

Se realizaron modelaciones de ruido a través del software de modelación acústica SoundPLAN para la Fase de Operación de las dos etapas que contempla el Proyecto, considerando los receptores más sensibles que fueron identificados en los estudios de Línea de Base del Proyecto. Los receptores corresponden a los mismos evaluados para la Fase de Construcción del Proyecto y su localización se presenta en la Figura 1-22 y en la Tabla 1-32.

La estimación de las emisiones acústicas y la evaluación de su potencial impacto sobre receptores sensibles se presentan en el Anexo 4.4, “Estudio de impacto acústico y vibratorio”. La evaluación realizada considera como parte del diseño del Proyecto las medidas que se indican a continuación:

- Instalación de pantallas acústicas móviles.
- Restricción de funcionamiento de maquinaria simultánea en sector sur de Paño Sur, frente al receptor 01 indicado en la Figura 1-22
- Restricción de maquinaria simultánea, esto es, una unidad de cada frente de operación, en el sector 01 indicado en la Figura 1-22 .
- La evaluación considera, que los camiones están apagados durante la carga de estos.

Se realizaron modelaciones de ruido a través del software de modelación acústica SoundPLAN para la Fase de Operación de las dos etapas que contempla el Proyecto, considerando los receptores más sensibles que fueron identificados en los estudios de Línea de Base del Proyecto y considerando también las medidas de mitigación señaladas previamente para la Fase de Operación del Proyecto. Para cada etapa del Proyecto se evaluó el escenario más conservador, considerando las emisiones de ruido en el receptor más sensible. En el caso que a futuro se incorporen nuevos receptores producto desarrollos inmobiliarios en el sector, se aplicarán las mismas medidas de control descritas previamente en aquellas áreas de trabajo cercanas a los nuevos receptores.

La efectividad de las medidas de mitigación y gestión fue verificada en el análisis de modelación, comprobando que la aplicación de estas permite reducir el nivel de emisión inicial y dar cumplimiento a los máximos que establece el D.S. N° 38/2011 del MMA para cada caso.

El detalle de cada una de las medidas, junto con los resultados de la modelación se presenta en el Anexo 4.4 “Estudio de impacto acústico y vibratorio”

Es importante mencionar que, durante la Fase de Operación se realizará una medición de los niveles de ruido considerando los receptores, para verificar los resultados obtenidos de las modelaciones. En el caso que se incorporen nuevos receptores producto de desarrollos inmobiliarios en el sector, serán incluidos en las mediciones.

1.7.9.4 Vibraciones

Durante todas las etapas del Proyecto, las actividades de operación pueden generar variados grados de vibración, dependiendo de la maquinaria utilizada y de los métodos constructivos empleados, considerando, además, que la operación de las maquinarias genera ondas vibratorias que disminuyen en intensidad con la distancia.

Las edificaciones cercanas a estas actividades pueden verse afectadas por vibraciones, cuyos efectos varían desde niveles casi imperceptibles, como ruido de baja frecuencia con percepción moderada, hasta efectos relevantes en las estructuras o en alguna parte de estas. De acuerdo a lo anterior, en el marco del presente EIA se efectuó una predicción de los niveles de vibraciones que podrían generarse en la Fase de Operación del Proyecto (ver Anexo 4.4, “Estudio de impacto acústico y vibratorio”).

El método de estimación de velocidad vibratoria está basado en la normativa “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment*”, elaborada por la *Federal Transit Administration* (EEUU), donde se establecen valores de daño sobre estructura a partir de Velocidad Peak de Partícula (PPV por sus siglas en inglés) en in/s³².

Para el análisis se consideraron los receptores de la estimación de emisiones de ruido (ver Figura 1-22 y Tabla 1-32).

El análisis consideró la maquinaria de mayor emisión con la finalidad de representar y evaluar el cumplimiento normativo para un escenario crítico. Además, la distancia Fuente – Receptor correspondió a la separación mínima entre la ubicación del punto de evaluación y el punto más cercano posible a la extensión de las faenas constructivas. Para ello se consideró el perímetro del Proyecto Paño Sur y Norte.

Según los niveles de emisión de la maquinaria a usar en la Fase de Operación, la estimación de vibraciones consideró para todos los casos la ejecución de la maquinaria “*Perforadora*”, que se usará para perforación de anclajes del soil nailing y muro berlinés, dado que corresponde a la maquinaria que genera mayores niveles vibratorios.

De acuerdo a la metodología, se adoptó como criterio de daño una VPP de 0,3 in/s para estructuras de hormigón y mampostería con diseño de ingeniería y una PPV de 0,2 in/s para estructuras de madera y mampostería sin diseño de ingeniería.

De acuerdo a los resultados de los cálculos de vibración, las actividades de la Fase de Operación no tienen la capacidad de superar el máximo permitido en todos los puntos evaluados, para el criterio de daño, por lo que se anticipa que no habrá ningún efecto por vibraciones en los residentes vecinos.

El detalle del estudio de vibraciones se presenta en el Anexo 4.4 “Estudio de impacto acústico y vibratorio”.

1.7.10 Cantidad y Manejo de Residuos, Productos Químicos y Otras Sustancias que puedan Afectar el Medio Ambiente

A continuación, se detalla la generación y manejo de los residuos sólidos generados por el Proyecto durante la Fase de Construcción de las distintas etapas del Proyecto.

1.7.10.1 Residuos Sólidos

1.7.10.1.1 Residuos Sólidos Domésticos

Los residuos sólidos domésticos y asimilables a domésticos que se generarán en la Fase de Operación corresponden a restos de alimentos, cartones, papel, entre otros.

Para la estimación de residuos sólidos domésticos, se considera una tasa de generación de 1 kg/persona/día y 25 días de trabajo mensual. En la Tabla 1-59 presenta el detalle de dichos residuos por etapas.

³² inch/second: pulgada/segundo.

Tabla 1-59: Estimación de residuos sólidos domésticos para cada Etapa de la Fase de Operación

Etapa	Cantidad promedio de trabajadores	Cantidad estimada de residuos sólidos domésticos (ton/mes)
1	50	1,25
2	50	1,25

Fuente: Elaboración propia.

Todos los residuos generados serán dispuestos en contenedores segregados, debidamente rotulados y sellados con tapa, los cuales serán almacenados en el área para almacenamiento de residuos no peligrosos dispuesta dentro de la instalación de faenas, identificada con señalización de seguridad adecuada y diseñada de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

La frecuencia de retiro de los residuos será de 2 veces a la semana, lo cual será encargado a una empresa que cuente con resolución sanitaria para el manejo y transporte; además se acreditará la disposición final de los residuos en un relleno sanitario autorizado.

Se promoverá que en los lugares de trabajo se mantengan buenas condiciones de orden, limpieza e higiene, especialmente en los sectores donde se ubiquen los contenedores para la disposición temporal de los residuos domiciliarios, adoptando las medidas más efectivas para controlar la proliferación de vectores sanitarios (roedores, insectos, aves, etc.), a través de la desratización y fumigaciones.

1.7.10.1.2 Residuos Sólidos Industriales No Peligrosos

En la Tabla 1-60 se presenta el detalle con los tipos y cantidades de residuos industriales no peligrosos a generar para cada etapa del Proyecto.

Tabla 1-60: Estimación de residuos sólidos industriales no peligrosos para cada etapa de la Fase de Operación

Tipo de residuo	Cantidad estimada (ton)	
	Etapa 1	Etapa 2
Envases de productos químicos	0,5	0,5
Geomembrana de acopios de suelo SSCL Tipo 1 y Tipo 2	4	4
Geomembrana de biopilas y acopios	4	4
Tuberías de PVC	0,5	0,5
Residuos varios, embalajes, cartones, madera, hormigón	2	2
Total	11	11

Fuente: Elaboración propia.

Estos residuos serán almacenados temporalmente en el área para almacenamiento de residuos no peligrosos dispuesta en la instalación de faenas. De acuerdo a la cantidad de este tipo de residuo generada, se estima que

la frecuencia de retiro será de una vez a la semana, actividad que será encargado a una empresa que cuente con resolución sanitaria para el manejo y transporte de dichos residuos.

Adicionalmente, derivado de la actividad de biorremediación se obtendrán aproximadamente 500 *bins* con residuos de peróxido de calcio, los cuales serán dispuestos en el área para almacenamiento de residuos no peligrosos.

Tanto para los envases de productos químicos, como para la geomembrana de desecho, se identificarán opciones de reciclaje. En el caso que alguna empresa u organización de reciclaje solicite este material, será entregado sin ningún costo. También se contempla la entrega de estos materiales a un gestor autorizado, según se contempla en la Ley 20.920 del 2016 (Marco legal para la gestión de residuos, responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje).

1.7.10.1.3 Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos que pueden ser generados durante la Fase de Operación del Proyecto, corresponden a EPP, paños, contaminados con productos químicos, carbón activado usado y el suelo excavado con características de peligrosidad.

El detalle de la generación de residuos peligrosos de acuerdo a cada etapa del Proyecto se presenta en la Tabla 1-61

Tabla 1-61: Estimación de residuos peligrosos para cada Etapa de la Fase de Operación

Tipo de residuo peligroso	Unidad	Etapas 1	Etapas 2
EPP contaminados con productos químicos Paños y/o papel absorbente contaminados con hidrocarburos, material de embalaje contaminado con productos químicos	ton	0,4	0,4
Carbón activado usado en los filtros de control de emisiones de la biopila	ton	4,0	4,0
Insumos de desarrollo, purga y muestreo, de pozos de monitoreo de verificación	ton	0,1	0,1
Suelo excavado con características de peligrosidad	m ³	0	4.054

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Fase de Operación se considera de forma conservadora que podría existir FLNA que sea necesario ser extraída y manejada como residuo peligroso. De acuerdo con los registros de FLNA en el Sitio, de forma conservadora se ha considerado 10 m³ de FLNA en el paño Norte.

Adicional a esto se considera también de forma conservadora que un 5% de los suelos tratados en biopilas no alcance la concentración de SSCL Residencial. De acuerdo con lo anterior, se ha calculado un volumen de suelo de “rechazo biopila” de 1.255 m³ en el Paño Sur y de 1.087 m³ en el paño Norte.

Los suelos con clasificación de peligrosidad serán excavados y cargados directamente a camiones que lo transportarán hasta el sitio de disposición final autorizado (relleno de seguridad). Los demás residuos serán dispuestos en tambores metálicos de 200 L, o en un recipiente similar. Serán acopiados en una Bodega de Almacenamiento Temporal (BAT) de 96 m², donde estarán debidamente identificados y clasificados.

La BAT cumplirá con los requerimientos del artículo 33 del D.S. N° 148/2003, los cuales se detallan a continuación:

- Tendrá una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.

- Contará con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura.
- Será techada y protegida de las condiciones ambientales.
- La base tendrá una pendiente de 0,5%.
- Contará con capacidad de retención de escurrimiento o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad, ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- Contará con señalización de acuerdo a la NCh 2.190 Of 2003.

El tiempo máximo de almacenamiento en la BAT será de 6 meses. El retiro y disposición final de los residuos se realizará por una empresa autorizada. Se contará con la correspondiente autorización sanitaria para la BAT, solicitando para ello el PAS del artículo 142 del Reglamento del SEIA, en la Sección 10.2 del presente EIA.

El transporte de los residuos peligrosos será realizado en camiones de terceros autorizados y el sitio de disposición final tendrá todas sus autorizaciones vigentes.

1.7.10.2 Efluentes Líquidos

1.7.10.2.1 Residuos Líquidos Domésticos

Los residuos líquidos domésticos que se generarán en la Fase de Operación corresponden a las aguas servidas provenientes de los servicios higiénicos.

Se contará con un área de baños con conexión a la red de suministro de agua y alcantarillado de la ciudad.

Adicionalmente, se proveerá de baños químicos en los frentes de trabajo, suministrados por una empresa autorizada, quien se encargará del manejo y disposición de las aguas servidas. La cantidad de baños químicos será proporcional a la cantidad de trabajadores, de acuerdo a las exigencias del artículo 23 del D.S. N° 594/1999 del MINSAL.

Para la estimación de generación de aguas servidas se considera una tasa de generación de 100 L/hab/día. En la Tabla 1-62, a continuación, se presenta el detalle de la generación de aguas servidas por etapa.

Tabla 1-62: Estimación de aguas servidas para cada etapa de la Fase de Operación

Etapa	Cantidad promedio de trabajadores	Cantidad estimada de aguas servidas (m³/mes)
1	55	206
2	55	206

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que no existirá descarga a cursos de agua superficiales ni subterráneos.

1.7.10.2.2 Residuos Líquidos Industriales

Durante la Fase de Operación, se prevé la generación de los siguientes residuos líquidos industriales:

- Derivado de las actividades de muestreo de verificación en pozos de agua subterránea, podría obtenerse agua con presencia de hidrocarburo del procedimiento de purga. Se estima de forma conservadora un volumen aproximado de 2 m³ por Etapa del Proyecto. Estos residuos líquidos serán dispuestos en bins o tambores de 200 L o similar, almacenados en la BAT de residuos peligrosos, hasta su envío a disposición final en sitio autorizado. El transporte de los residuos se realizará por terceros a través de empresas autorizadas.
- Durante el proceso de tratamiento del suelo en biopilas podría generarse residuos líquidos (mezcla de agua con hidrocarburos). Estos lixiviados podrían ser recirculados hacia la biopila para mantener las condiciones de humedad requeridas o bien ser recolectados y manejados como residuo peligroso. Se estima de forma conservadora que se generará un volumen máximo de 1,0 m³ por mes para envío a disposición final como residuo peligroso. El transporte de los residuos se realizará por terceros a través de empresas autorizadas.
- Existe la posibilidad de generación de aguas de contacto de los acopios SSCL durante eventos de precipitación. Si bien es muy poco probable, ya que los acopios SSCL Tipo 1 y SSCL Tipo 2 se cubrirán con una geomembrana durante eventos de precipitación. Este volumen de agua será recolectado en la piscina de emergencia será depositada en el fondo de las excavaciones abiertas que hayan alcanzado su máximo nivel de excavación. También podrá ser usada en el proceso de humectación de las biopilas.

1.8 Descripción de la Fase de Cierre

1.8.1 Descripción de las Partes, Acciones y Obras Físicas Asociadas a esta Fase

Una vez concluidos los trabajos de remediación de cada uno de los Paños y realizados los muestreos de verificación que indiquen que el Paño correspondiente no presenta concentraciones que excedan los SSCL establecidos para el Sitio, se procederá al desmantelamiento de la infraestructura de apoyo del Proyecto, que corresponderá al cierre del Proyecto.

Cada una de las etapas del Proyecto tendrá su propia Fase de Cierre una vez verificado el saneamiento del Paño correspondiente.

Durante la Fase de Cierre de las diferentes Etapas del Proyecto se estima que la mano de obra promedio requerida será de 20 personas y la mano de obra máxima de 35 personas. Se prevé que en la Fase de Cierre, salvo casos excepcionales, se realizarán trabajos de lunes a viernes de 8:00 a 21:00 y los sábados de 8:00 a 14:00, con jornadas que cumplan con la legislación laboral vigente.

Se estima que el cierre de cada una de las etapas tendrá una duración de aproximadamente cuatro semanas.

1.8.2 Desmantelamiento y Estabilidad de la Infraestructura Utilizada por el Proyecto o Actividad

Las actividades contempladas en las Fases de Cierre pretenden dejar el Sitio en condiciones adecuadas para un uso futuro como terreno residencial y son las siguientes:

- Limpieza de equipos utilizados en el proceso de remediación.
- Desmantelamiento y retiro de equipos.
- Desmantelamiento de la instalación de faenas (retiro de equipos e infraestructura). Esta actividad se realizará únicamente al finalizar la Etapa 2.

1.8.3 Restauración de la Geoforma o Morfología y Cualquier otro Componente Ambiental que haya sido Afectado durante la Ejecución del Proyecto

No se requiere realizar la restauración de geoformas o morfología durante la Fase de Cierre, ya que durante la Fase de Operación se rellenarán las excavaciones hasta el nivel del suelo con material de los acopios, sin necesidad de restauración adicional.

1.8.4 Prevención de Futuras Emisiones desde la Ubicación del Proyecto o Actividad

Una vez cerrado el Proyecto, desmanteladas todas las instalaciones y habiendo retirado todos los productos y residuos del desmontaje de las instalaciones, no existirán fuentes de emisiones desde la ubicación del proyecto que generen una afectación del ecosistema. Sin perjuicio de lo anterior, se describen a continuación las emisiones que se podrían generar por los trabajos de la Fase de Cierre del Proyecto.

1.8.4.1 Emisiones Atmosféricas

Durante la Fase de Cierre del Proyecto, las emisiones atmosféricas corresponderán principalmente a material particulado y gases, producto de las actividades de circulación de vehículos por caminos no pavimentados al interior del Sitio y motores de combustión.

No se prevén actividades de movimiento de tierra en esta Fase del Proyecto.

Sin perjuicio de lo anterior, se contempla un conjunto de acciones para controlar las emisiones de material particulado, las cual se indica a continuación:

- Se mantendrán humectados los caminos internos mediante riego con camiones aljibes, cuya agua se obtendrá a través de proveedores debidamente autorizados.
- Los camiones que transporten materiales mantendrán su carga cubierta, a modo de impedir el levantamiento de polvo.
- Los vehículos cumplirán con la norma de emisión vigente, tendrán su revisión técnica al día y contarán con su sello verde adherido al parabrisas del vehículo.
- Los vehículos y maquinarias serán manejados con precaución y a una velocidad moderada, con objeto de minimizar la emisión de material particulado.

1.8.4.2 Suelo y agua

Las actividades de la Fase de Cierre no realizarán ninguna afectación del suelo y el agua. Tampoco se tendrán futuras emisiones que puedan afectar estos recursos, ya que la remediación del suelo y el agua subterránea se realizará como parte del Proyecto.

1.8.4.3 Ruido

Las emisiones de ruido de la Fase de Cierre serán mínimas y serán generadas principalmente por el ruido de los motores de vehículos que circularán por el Sitio. No se prevén actividades de movimiento de tierra en esta Fase del Proyecto.

1.8.4.4 Residuos Sólidos

1.8.4.4.1 Residuos Sólidos Domésticos

Los residuos sólidos domésticos y asimilables a domésticos que se generarán en la Fase de Cierre corresponden a restos de alimentos, cartones, papel, entre otros.

1.8.4.4.2 Residuos Sólidos Industriales no Peligrosos

Los residuos no peligrosos estarán conformados principalmente por escombros y materiales de construcción, producto del desmantelamiento y demolición de la instalación de faenas, una vez se haya terminado el Proyecto de remediación en todo el Sitio.

1.8.4.4.3 Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos que pueden ser generados durante la Fase de Cierre del Proyecto corresponden principalmente a EPP, paños y/o papel absorbente impregnados con combustible y/o aceite.

1.8.4.5 Efluentes Líquidos

1.8.4.5.1 Residuos Líquidos Domésticos

Los residuos líquidos domésticos que se generarán en la Fase de Cierre corresponden a las aguas servidas provenientes de los servicios higiénicos.

Durante el tiempo en que se extienda el cierre del Proyecto se habilitarán baños químicos, cuyas aguas residuales serán retiradas periódicamente por una empresa, los que contarán con las respectivas autorizaciones sanitarias.

1.8.4.5.2 Residuos Líquidos Industriales

Durante la Fase de Cierre no se generarán residuos líquidos industriales.

1.8.5 Mantención, Conservación y Supervisión que sean Necesarias

Dadas las características de este tipo de Proyecto, se considera que los componentes usados y el desmantelamiento total que se realizará, no requerirá de actividades de mantención, conservación y/o supervisiones futuras, por cuanto el Sitio quedará en condiciones similares al estado original.



golder.com