

INFORME FINAL

PROYECTO N° 1588-155-LE09

MANEJO DE DESECHOS DE Y CON CONTENIDO DE MERCURIO

Preparado por:

Programa de Medio Ambiente

Fundación Chile

Enero 2009



TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	8
2	Metodología.....	9
2.1	Actividad 1: Identificación de Aplicaciones de la Guía ESM.....	9
2.2	Actividad 2: Evaluación de Laboratorios.....	9
2.3	Actividad 3: Evaluación de Riesgo	10
2.3.1	Etapa 1: Caracterización del sitio.....	11
2.3.2	Etapa 2: Evaluación de la exposición	12
2.3.3	Etapa 3: Evaluación de la toxicidad	12
2.3.4	Etapa 4: Caracterización del riesgo.....	13
2.3.5	Etapa 5: Comunicación del riesgo.....	13
2.3.6	Etapa 6: Análisis de incertidumbre de la metodología	13
3	Resultados.....	14
3.1	Actividad 1: Identificación de aplicación de Guía GEMM	14
3.1.1	Observaciones Generales.....	14
3.1.2	Observaciones generales	14
3.1.3	Observaciones Específicas	14
3.1.4	Conclusiones preliminares.....	20
3.1.5	Conclusiones.....	20
3.2	Actividad 2: Evaluación de Laboratorios.....	21
3.2.1	Zona Norte	21
3.2.2	Figura 1. Figura 2. Distribución porcentual de laboratorios que analizan Mercurio en la zona Norte. 22	
3.2.3	Zona Central.....	22
3.2.4	Zona Sur	23

3.2.5	Zona Sur (VI hasta la XII región.....	23
3.3	Actividad 3: Evaluación de Riesgo	26
3.3.1	Descripción general de la zona de estudio	26
3.3.2	Delimitación específica del sitio de estudio.....	34
3.3.3	Evaluación de la Exposición	46
3.3.4	Algoritmos Empleados para Estimar la Dosis de Exposición	53
3.3.5	Selección de Factores de Exposición Humana.....	54
3.3.6	Evaluación de la Toxicidad.....	55
3.3.7	Caracterización de Riesgos a la Población	59
3.3.8	Resultados de los Índice del Peligros y Riesgo de Cáncer	63
3.3.9	Análisis de Incertidumbre de la Evaluación de Riesgo	65
3.3.10	Discusiones Generales de la Evaluación de Riesgo.....	67
3.3.11	Conclusiones relativas a los Escenarios de exposición.....	70
3.3.12	Conclusiones Generales de la Evaluación de Riesgo.....	70
3.4	Actividad 4: Evaluación de Opciones de Remediación	72
3.4.1	Medidas de Mitigación	74
3.4.2	Medidas In-Situ.....	75
3.4.3	Medidas Ex situ.....	89
4	Bibliografía	91
5	Anexos.....	93
5.1	Anexo 1: Ficha de Auditoría de Laboratorios	93
5.2	Anexo 2: Listado de Laboratorios Consultados a Nivel Nacional	98
5.3	Anexo 3: Ficha de Inspección de Sitios Contaminados	109
5.4	Anexo 4: Resultados de Laboratorio	123
5.5	Anexo 5: Perfil toxicológico del mercurio (Completo)	131

GLOSARIO

- **Características de Receptores:** Se definen como las principales características que poseen los seres expuestos, tanto animales como seres humanos, esto permite posteriormente definir los escenarios de evaluación del riesgo, (riesgo ecológico, industrial y residencial).
- **Contaminantes primarios:** Aquellos que proceden directamente de las fuentes de emisión o que constituyen un contaminante en si mismos.
- **Contaminantes secundarios:** Aquellos originados en el medio por interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales del medio ambiente (agua, aire, suelo).
- **Dosis de Exposición:** Está definida por la cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica, siendo éste un concepto central de la toxicología.
- **Escenario de Exposición:** Área física que comprende el lugar donde se derraman o emiten los elementos contaminantes al ambiente, donde se transportan y donde las poblaciones entran en contacto con los medios potencialmente contaminantes.
- **Exposición:** corresponde al contacto de una población, individuo o biota con un agente físico o químico crítico. Se debe, por lo tanto, determinar los puntos de exposición.
- **Manejo de Riesgos:** Proceso de toma de decisiones respecto de los riesgos bajo consideración, e incluye información sobre peligros, vulnerabilidad y evaluación de riesgo.
- **Mecanismos de migración de contaminantes:** Mecanismo físico, por el cual el contaminante accede a un compartimiento ambiental.
- **Medio de exposición:** Corresponde al compartimiento ambiental (Suelo, agua y aire) al cual puede acceder potencialmente el contaminante.
- **Modelo Conceptual:** Diagrama de las relaciones conocidas, esperadas y/o previstas entre los potenciales Contaminantes de Interés del sitio y los potenciales receptores asociados que intervienen en el proceso de evaluación, indicando los elementos que intervienen en cada una de ellas.
- **Peligro:** Es la capacidad intrínseca de las sustancias a causar daño. El término "peligroso" se define generalmente para constituyentes no cancerígenos que pueden producir efectos crónicos en los organismos.
- **Punto de Exposición:** Cualquier contacto potencial entre los receptores o bienes a proteger con un medio potencialmente contaminado. Los puntos de exposición más importantes son aquellos donde la concentración sea más alta a un nivel de referencia dado y donde el receptor se clasifique como un grupo sensible.
- **Remediación:** Reducción del riesgo a la salud humana y/o medio ambiente a niveles aceptables de acuerdo a un nivel de referencia dado. La forma e intensidad de la intervención quedará establecida en función del tipo y detalle de la evaluación de riesgo realizada en el sitio.

- **Riesgo:** Probabilidad de ocurrencia de un daño, de una pérdida o de un evento peligroso en un sitio contaminado o potencialmente contaminado y su entorno. Este término aplica para aquellos constituyentes cancerígenos, los cuales no poseen umbral de referencia de toxicidad.
- **Ruta de Exposición:** La trayectoria que sigue un elemento desde la fuente de emisión hasta el contacto con las poblaciones (humanas, vegetales y/o animales) previamente seleccionadas como potencialmente expuestas, incluyendo la vía de ingreso del tóxico a los organismos expuestos. Una ruta está completa si hay una liberación de una sustancia o elemento desde una fuente, un escenario de exposición donde pueda ocurrir un contacto y una vía de exposición o ingreso.
- **Sitio Contaminado (SC):** Lugar, sitio o terreno, delimitado geográficamente, en el cual existe presencia de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o una combinación de ellos, en concentraciones y períodos iguales o superiores a aquellos considerados para provocar efectos en la salud de las personas.
- **Sitio Potencialmente Contaminado (SPC):** Lugar, sitio o terreno, delimitado geográficamente, en el cual existe presencia de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o una combinación de ellos, en concentraciones y períodos iguales o superiores a aquellos susceptibles de constituir un riesgo, de acuerdo a un valor de Screening (SSLs) dado.
- **Sustancia Peligrosa:** Aquella que por sus características físico-químicas o nocivas, produce o puede producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a los elementos materiales tales como instalaciones, maquinarias, edificios, etc. (INN, 1998).
- **Toxicidad:** Propiedad de una sustancia que por acción de contacto directo o al ser absorbida por un organismo, ya sea por vía oral, respiratoria o cutánea, es capaz de producir efectos nocivos sobre la salud humana, animal o vegetal, e incluso la muerte (NCh 382. Of. 98).
- **Vía de Exposición:** Mecanismo por medio del cual el elemento no deseado tiene contacto o es absorbido por el organismo receptor (ingestión, inhalación, contacto dérmico).
- **Vulnerabilidad:** El grado en el que un individuo, grupo o entidad (del medio ambiente, infraestructura, etc.) es susceptible a sufrir un daño como resultado de un peligro. Su evaluación está usualmente referida a la caracterización de las variaciones en el grado de exposición al peligro y la manera en que los receptores pueden lidiar con estos efectos.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe resume los resultados obtenidos en el marco del proyecto "Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio", proyecto desarrollado por Fundación Chile a solicitud de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, según la Licitación Pública Número 1588-155-LE09.

Este proyecto tiene los siguientes objetivos específicos:

- Realizar una revisión de la Guía, Draft technical guidelines on the environmentally sound management of mercury wastes (GEMM en adelante), para determinar su aplicabilidad a nivel nacional.
- Realizar una evaluación de los laboratorios que realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales.
- Desarrollar una Evaluación de Riesgo Ambiental Preliminar en el Sitio 1 ubicado en Andacollo.
- Determinar las opciones de remediación o mitigación de la contaminación del Sitio 1 ubicado en Andacollo.

En relación al primer objetivo específico, correspondiente a la revisión de la Guía GEMM, se pueden resumir las siguientes fortalezas: la Guía GEMM presenta en forma detallada las principales fuentes, usos, propiedades y procesos relacionados al Mercurio; presentado un perfil toxicológico consistente para este elemento en base a fuentes consolidadas y reconocidas internacionalmente. La Guía presenta problemáticas ambientales generadas por el Mercurio y las consecuencias que pueden generar en la población, además de una revisión histórica de las acciones generadas por las distintas organizaciones para el control de este contaminante a nivel internacional. La Guía presenta programas internacionales para el manejo del Mercurio, algunos mecanismos de minimización y reducción de los usos y residuos de Mercurio como también medidas de remediación y de recuperación así como una revisión bibliográfica extensa a nivel internacional acerca de la problemática del Mercurio.

Las debilidades de la guía tienen relación con su extensión, lo que la hace poco amigable su uso a nivel sitio específico. En relación a la problemática asociada a la pequeña minería de oro y sus pasivos ambientales, esta guía trata la temática de forma simplificada, siendo necesario evaluar la necesidad de elaborar un documento específico que permita analizar estos sitios de manera más detallada.

En cuanto al segundo objetivo específico, se evaluaron los laboratorios ambientales y clínicos que desarrollan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales a nivel nacional. De un total de 218 laboratorios consultados, 30 laboratorios realizan análisis de mercurio, concentrándose éstos principalmente en la Región Metropolitana, con el 60% de los laboratorios que realizan este tipo de determinación en las distintas matrices ambientales. En relación a la Zona Norte y Sur del país, estas presentan el mismo número de instituciones que realizan este tipo de análisis aportando en forma conjunta el restante 40%.

El tercer y cuarto objetivo, relativos al desarrollo de una evaluación de riesgo y la evaluación de opciones de remediación de un sitio específico, se destacan los siguientes resultados:

El depósito de relaves denominado Sitio 1 proviene de la planta "Whittle", la cual se encuentra abandonada desde aproximadamente tres décadas. En el sitio existen aproximadamente 71.000m³ de materiales de relaves, los cuales se encuentran secos, semi consolidados y con algún grado de cementación en su superficie. El Sitio 1 se encuentra ubicado en la zona urbana de la comuna de Andacollo, colindando directamente con centros poblados. El sitio no se encuentra cercado, permitiendo que niños, adultos y visitantes tengan acceso a este, teniendo así un contacto directo con los relaves.

Para el desarrollo de la evaluación de riesgos se tomaron muestras de los relaves del Sitio 1, identificándose Cobre y Molibdeno como potenciales contaminantes de preocupación. Adicionalmente se incluyó el Mercurio, por tratarse del contaminante objeto del estudio. Los escenarios de exposición que fueron identificados son los siguientes:

- **Escenario 1:** Personas adultas y niños que residen a un costado del sitio.
- **Escenario 2:** Trabajadores adultos que se encuentran desarrollando sus tareas a 20 metros del sitio.
- **Escenario 3:** Visitantes tanto adultos y niños que visitan el sector en festividades u otras instancias.
- **Escenario 4:** Potenciales Trabajadores ante actividades de remediación del sitio.

Los resultados de la evaluación de riesgo para la salud humana en el Sitio 1 arrojaron un riesgo moderado por las altas concentraciones de cobre para los residentes del sector, generado por la inhalación de partículas en el aire, la ingesta involuntaria y la exposición dérmica de relaves provenientes del depósito de relaves. Adicionalmente se identificó un riesgo moderado para los trabajadores adultos por inhalación (98,67%), ingesta involuntaria (1,87%) y exposición dérmica (1,20%). No se identificaron riesgos para los visitantes y trabajadores en caso de actividades de remediación para los tiempos de exposición supuestos.

En relación al Mercurio se puede señalar que los riesgos son despreciables para todos los receptores analizados, pues las concentraciones detectadas en los materiales son muy bajas.

En base a los resultados obtenidos en la evaluación de riesgo para la salud humana se identificaron las siguientes opciones de remediación para el Sitio 1: (a) medidas de mitigación, correspondientes al cercado y la instalación de cortavientos, y (b) medidas de remediación, correspondientes a medias in-situ (coberturas permeables y coberturas impermeables) y medidas ex-situ (movilización, confinamiento y/o reprocesamiento).

La tabla a continuación resume los costos asociados a cada una de estas opciones de remediación:

Medida de Remediación	Costos	Observaciones
In-situ		
Cobertura permeable	\$ 58 Millones	Considera el desarrollo de un Estudio de Estabilidad Física, el reperfilamiento de taludes e instalación de la cobertura permeable.
Cobertura impermeable	\$ 164 Millones	Considera el desarrollo de un Estudio de Estabilidad Física, reperfilamiento de taludes e instalación de la cobertura impermeable.
Ex-situ		
Movilización de relaves	\$ 61 Millones	Considera el costo para la carga y transporte de los relaves.

1 Introducción

A solicitud de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, según la Licitación Pública Número 1588-155-LE09, se desarrolló el proyecto "Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio" el cual tiene como objetivo principal fortalecer las capacidades técnicas nacionales para la gestión de desechos de y con contenido de mercurio (particularmente en la pequeña minería de oro), aplicando directrices internacionales en relación al manejo ambientalmente racional de estos desechos. Para ello se seleccionó la localidad de Andacollo en la Región de Coquimbo como zona de estudio, considerando su priorización en el Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio.

Dentro de los objetivos específicos del estudio, se destacan los siguientes:

- Realizar una revisión de la Guía, Draft technical guidelines on the environmentally sound management of mercury wastes (GEMM en adelante), para determinar su aplicabilidad a nivel nacional.
- Realizar una evaluación de los laboratorios que realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales.
- Desarrollar una Evaluación de Riesgo Ambiental Preliminar en el Sitio 1.
- Determinar las opciones de remediación o mitigación de la contaminación del Sitio 1.

A continuación, se presenta la metodología aplicada para el correcto desarrollo del estudio y los resultados obtenidos, con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

2 Metodología

Las actividades realizadas en el marco de este proyecto son las siguientes:

- Actividad 1: Identificación de Aplicaciones de la Guía ESM
- Actividad 2: Evaluación de Laboratorios
- Actividad 3: Evaluación de Riesgo Preliminar
- Actividad 4: Evaluación de Opciones de Remediación
- Actividad 5: Taller de Difusión

A continuación se detalla la metodología aplicada para velar por el correcto desarrollo de cada una de estas actividades.

2.1 Actividad 1: Identificación de Aplicaciones de la Guía ESM

Se realizó una revisión cualitativa de la Guía GEMM¹, analizando cada uno de los capítulos que la conforman, con el objetivo de evaluar su aplicabilidad a los pasivos ambientales mineros generados por la pequeña minería de oro. Lo anterior dado que el resultado del inventario de usos consumos y liberaciones de Mercurio, señalan a la actividad de la pequeña minería del oro como una fuente prioritaria de Mercurio, por lo cual se debe gestionar a través de instrumentos específicos.

Otro de los objetivos planteados al realizar esta evaluación, fue determinar las directrices y herramientas que puedan ser aplicadas a nivel nacional, relacionados con el manejo de desechos de y con contenidos de Mercurio. La guía que se revisó corresponde a la versión entregada por CONAMA y titulada:

"Draft technical guidelines on the environmentally sound management of mercury wastes – 4th Drafts April 2009"

Esta revisión quedó a cargo de profesionales de Fundación Chile, así como de su asesor internacional Andreas Zimmermann.

2.2 Actividad 2: Evaluación de Laboratorios

Para el desarrollo de esta actividad se desarrolló una ficha de auditoría que permite obtener información estandarizada de los laboratorios que realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales. Este documento fue desarrollado considerando los siguientes objetivos:

- Conocer información general de los laboratorios auditados.
- Conocer que tipo de matrices analizan.
- Conocer las técnicas que emplean para dichos análisis.

De manera paralela al desarrollo de la ficha de auditoría, se generó un listado de todos los laboratorios que fueron considerados como potenciales organizaciones que realizan este tipo de análisis. Esta base de datos se construyó con diferentes fuentes de información, tales como páginas Web, bases de datos de

¹ La Guía GEMM, es el resultado de las decisiones establecidas en la Octava Conferencia de las Partes del convenio de Basilea , sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su disposición.

Fundación Chile y de otros organismos estatales. Una vez desarrollada esta base de datos se inició el periodo de consulta a los organismos identificados, por medio de vía telefónica, y a través de correos electrónicos.

La secuencia empleada para obtener la información de los organismos fue la siguiente:

1. Se contactaba con el responsable del departamento de analítica del Laboratorio.
2. Se solicitaba responder las fichas vía telefónica, para su relleno inmediato, de no ser admitida dicha solicitud, se enviaba un correo electrónico con la ficha de auditoría para que fuera respondida y posteriormente reenviada a nuestros contactos. Estos correos también eran acompañados de una correspondiente carta informativa, donde se planteaba el tipo de proyecto, el objetivo de este y quien lo solicitaba.
3. Se esperaba el plazo de una semana para contestar el documento, de no ser contestado, no se incluía el laboratorio en el listado.

Una vez terminada esta secuencia, se generó una base de datos con la información recopilada de los organismos.

2.3 Actividad 3: Evaluación de Riesgo

Esta actividad tiene por objetivo realizar una evaluación de riesgo en un sitio piloto ubicado en la localidad de Andacollo, región de Coquimbo. Para el correcto desarrollo de esta, se utilizó el enfoque basado en la gestión de riesgos de salud de las personas.

El enfoque basado en la gestión de riesgos de salud a las personas es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. EPA) mediante su mecanismo Superfund y estipulado por la ley CERCLA², que se aplica al listado nacional de sitios prioritarios de los Estados Unidos de Norteamérica (NPL, por sus siglas en inglés). Esta metodología ha sido aplicada y validada en variados países y es la metodología que será empleada en el presente proyecto.

La metodología empleada para evaluar los riesgos ambientales se divide en dos enfoques, la primera es una evaluación de los riesgos enfocada en la salud de la población, y otra orientada a los ecosistemas o evaluación de riesgos ecológicos. En el presente proyecto se consideró únicamente la metodología propuesta para la evaluación de riesgo a la salud humana, siendo utilizada como principal referencia para la evaluación de riesgos a la población, la descrita en el documento titulado Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1 – Human Health Evaluation Manual, Part A – Baseline Risk Assessment desarrollado por la U.S. EPA en el años 1989.

Este documento se contiene cinco fases o etapas principales, las cuales son:

- Caracterización del sitio afectado por la contaminación.
- Evaluación de la exposición humana.
- Evaluación de la toxicidad de los contaminantes.
- Caracterización del riesgo en la salud.
- Comunicación de Riesgos.

Estas etapas se integran en un modelo de trabajo, que en una primera instancia busca reconocer la problemática que afecta a los seres humanos. Una vez reconocido el problema, se da paso al desarrollo

² La Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA)

de la fase de caracterización del sitio en estudio, donde se busca reconocer las características de la zona y del lugar. También en esta etapa se busca reconocer las características de los receptores de la contaminación y los contaminantes que generan potenciales efectos para la población.

Posteriormente se estiman las concentraciones a las cuales se ven expuestos los receptores y se determinan los niveles de toxicidad para los contaminantes que están siendo evaluados. Finalizadas las fases anteriores se procede a caracterizar los riesgos es decir, determinar si las concentraciones a las cuales están expuestos los seres humanos generan riesgos para estos. Por último se comunican los riesgos evidenciados en el sector, a los encargados de la gestión de los mismos.

Las actividades descritas anteriormente quedan resumidas a través del modelo de Evaluación de Riesgo Ambiental propuesto por la U.S. EPA (1989) y que se presenta en la figura 1.

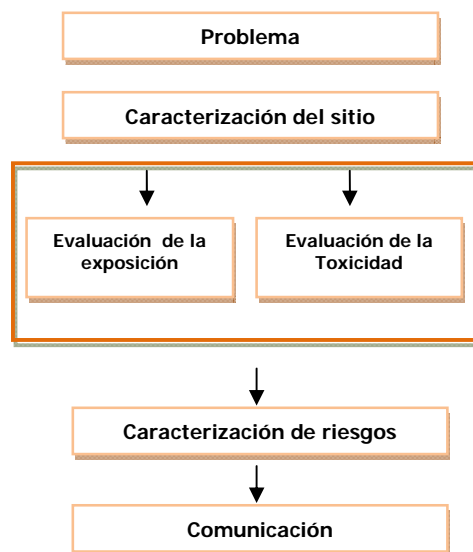


Figura 1. Modelo de Evaluación de Riesgos Ambientales (U.S. EPA, 1989).

A continuación se describen en forma detallada, cada una de las etapas de esta metodología.

2.3.1 Etapa 1: Caracterización del sitio

La caracterización del sitio se inicia con una recopilación de los antecedentes existentes sobre el sector de análisis, con la finalidad de minimizar los esfuerzos de terreno y orientar de mejor manera el proceso de muestreo. El desarrollo de esta etapa tiene directa relación con las actividades futuras, pues en función de la información recopilada se podrá inferir sobre las sustancias y/o elementos presentes en el sitio que serán posteriormente evaluadas y fundamentar la hipótesis sobre la distribución de estas sustancias y/o elementos en el ambiente.

Las principales actividades y datos que se requieren en esta etapa son:

- Delimitación del área de estudio.
- Inspección del Sitio.
- Descripción del Sitio: características físicas como geología, topografía, hidrogeología, meteorología entre otros.
- Caracterización de los receptores antrópicos considerados.
- Desarrollo de un Plan de Muestreo o Estrategia de Muestreo.
- Identificación de los niveles de concentración de los elementos o sustancias en las matrices ambientales de interés.

2.3.2 Etapa 2: Evaluación de la exposición

Esta etapa consiste básicamente en evaluar la magnitud (actual o potencial), frecuencia y duración de la exposición a los contaminantes de interés, considerando las vías principales a las que la población está o puede estar expuesta. La información de exposición permite el cálculo de la dosis, esto es, la magnitud de contaminante que ingresa al interior del organismo por contacto con la matriz ambiental potencialmente contaminada y por la ruta de exposición correspondiente.

Se requiere determinar además, el período de exposición y el tiempo de latencia, de acuerdo con el resultado de salud específico. Las principales actividades del estudio de evaluación de la exposición son las siguientes:

- Identificación de puntos y vías de exposición potencial, incompleta y completa.
- Identificación de matrices ambientales potencialmente contaminadas.
- Identificación de receptores y escenarios de exposición.
- Desarrollo de un modelo conceptual.
- Desarrollo de algoritmos utilizados para el cálculo de dosis de exposición.
- Cálculo de Frecuencia y duración de las exposiciones.
- Determinación de factores de exposición utilizados para los parámetros de exposición y fuentes de información.

La Dosis Suministrada se calcula para los elementos considerados como Contaminantes de Riesgo Potencial en el punto de contacto de todas las rutas seleccionadas como significativas. La cual se expresa en términos de la cantidad de la sustancia (mg) en contacto con el cuerpo por unidad de masa corporal (Kg) por unidad de tiempo (día).

2.3.3 Etapa 3: Evaluación de la toxicidad

La evaluación de la toxicidad es un procedimiento que permite identificar las características del contaminante en análisis, para seleccionar los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de las sustancias tóxicas presentes en el sitio, acompañados por la calificación de la calidad de esa información.

En esta etapa se identifica el perfil toxicológico del o los contaminantes a los cuales un receptor está o puede estar expuesto, identificando la correspondencia entre la cantidad de tóxico y la magnitud del efecto, concepto conocido como la relación dosis-respuesta. Estos perfiles entregan las referencias de toxicidad para elementos o sustancias químicas tanto cancerígenas como no cancerígenas.

La información determinante para esta etapa es la siguiente:

- Perfil toxicológico del Mercurio y otros CRP, el cual contenga los valores de referencia de toxicidad, Factores de Pendiente y Unidades de Riesgo para exposición crónica por vía oral o por inhalación.
- Caracterización de los elementos o sustancias según Peso de Evidencia.

2.3.4 Etapa 4: Caracterización del riesgo

La caracterización del riesgo resume y combina los resultados obtenidos en la evaluación de exposición y toxicidad, ambos en expresiones tanto cualitativas como cuantitativas. La información de toxicidad se compara contra los niveles de exposición en forma separada para sustancias o elementos cancerígenos y no cancerígenos.

Para los elementos no cancerígenos se calculan los Cocientes de Peligro, que luego generan los índices de peligro (IP), los cuales reflejan la probabilidad aditiva de efectos crónicos no cancerígenos en la salud humana y representan la potencialidad de que las sustancias analizadas generen riesgos para la salud humana.

Por otro lado, para aquellas sustancias o elementos cancerígenos, los riesgos se estiman como el incremento en la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer durante su período vital como resultado de la dosis suministrada por la exposición a un agente cancerígeno. O sea lo que se calcula es el incremento del riesgo de desarrollar cáncer en el individuo.

2.3.5 Etapa 5: Comunicación del riesgo

Finalmente, considerando todos los resultados obtenidos en las etapas precedentes, se deben comunicar los riesgos evidenciados a los organismos con competencia ambiental que estén involucrados en el proyecto. Una vez comunicados los riesgos, es necesario proceder a determinar las medidas de gestión de riesgo más apropiadas en el caso que se identifiquen riesgos no tolerables o inaceptables.

2.3.6 Etapa 6: Análisis de incertidumbre de la metodología

La complejidad de muchas de las variables que intervienen en el proceso de análisis de riesgos implica que existan múltiples fuentes de incertidumbre que afectan a la fiabilidad de los resultados obtenidos. La identificación y valoración de los factores de incertidumbre es tan importante como la propia caracterización de los riesgos. Por lo cual, la toma de decisiones por los responsables de la gestión, debe considerar todas las incertidumbres consideradas en el proceso de análisis de riesgo.

3 Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada una de las actividades desarrolladas.

3.1 Actividad 1: Identificación de aplicación de Guía GEMM

3.1.1 Observaciones Generales

Las directrices técnicas contenidas en (Draft technical guidelines on the environmentally sound management of mercury wastes – 4th Draft April 2009) ofrecen orientación para el manejo ambientalmente racional de los desechos de y con Mercurio, de conformidad con la decisión VIII/33 de la Conferencia de las Partes, estipulado en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

De conformidad con el párrafo 8 del artículo 2 del Convenio de Basilea, el manejo ambientalmente racional se define: Por “manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos” se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana, contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

El objetivo de las directrices técnicas (Guía GEMM) es proporcionar orientación para el manejo ambientalmente racional de desechos de y con Mercurio, entregando a la vez información completa acerca de las fuentes, usos, química y toxicología de estos residuos. También se proporcionan conocimientos y experiencias en la prevención y minimización de desechos de y que contengan Mercurio, la identificación y elaboración de inventarios, la gestión, disposición y transporte de estos desechos, como también el tratamiento y la remediación de sectores contaminados con los distintos contaminantes derivados de esta sustancia.

Cabe mencionar que aún cuando la guía abarca todas las fuentes de desechos de y con Mercurio existentes, ésta no entra en detalle en la gestión de los relaves provenientes de la minería de oro, como una de las fuentes de Mercurio (Categoría 2 – Producción primaria de metal), generando una deficiencia para su gestión en países donde exista esta problemática. Por lo cual debería integrarse, mayor información sobre el correcto manejo de este tipo de residuos, o través de documentos más específicos para el tratamiento de esta problemática.

3.1.3 Observaciones Específicas

A continuación se presentan cada una de las observaciones por capítulo de la Guía ESM.

a. Capítulo 1. Introduction

El primer capítulo de la Guía GEMM, entrega información general y específica sobre el Mercurio, sus fuentes naturales y antropogénicas y en especial sobre su comportamiento en el medio ambiente. Esta información es útil para la investigación y gestión de sitios con presencia de Mercurio en general y en

especial para pasivos ambientales mineros, como es el caso de los relaves dispuestos en la comuna de Andacollo.

También en este capítulo se entrega información valiosa y ejemplificadora de las problemáticas que puede generar el manejo inadecuado de residuos que contengan Mercurio, o se deriven de procesos que utilizan este metal.

La orientación de este capítulo, es más bien con una mirada académica, a través de casos de estudio de Minamata, Iraq, Camboya y Kenya.

b. Capítulo 2. Relevant Provisions of the Basel Convention and in the UNEP

El capítulo 2 de la Guía GEMM, resume las normas del Convenio de Basilea, destinadas a controlar a nivel internacional los movimientos transfronterizos y la eliminación de residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente en general. También presenta normas relacionadas con el Mercurio en forma genérica.

La información entregada en este capítulo es de alto valor para los organismos estatales que deben velar por la gestión de estos residuos, pues el capítulo se enfoca principalmente en describir los temas legales, acordados internacionalmente entre los firmantes del convenio para el movimiento y eliminación de este elemento.

c. Capítulo 3. Guidance on Environmentally Sound Management (GEMM) Criteria and Practices of Mercury Waste

El capítulo 3 de la Guía GEMM, detalla criterios generales sobre condiciones legales, institucionales, técnicas, de requerimientos y mecanismos de control para los movimientos transfronterizos de Mercurio.

En este capítulo se incluyen también, directrices generales para manejar los residuos de Mercurio bajo los principios que fueron desarrollados y difundidos por convenio de Estocolmo, para reducir la liberación de químicos al medio ambiente, los cuales corresponden a las Mejores Técnicas Disponibles (Best Available Techniques) y las Mejores Prácticas Ambientales (Best Environmental Practices) que pueden ser consideradas para el manejo de este contaminante.

De manera adicional, se detallan elementos básicos que deben cumplir las organizaciones que usen, traten, recuperen o dispongan desechos que contengan Mercurio. La mayoría de estos criterios apuntan a mejorar procesos de producción, a través de la implementación de tecnologías que generen menos desechos, y que consideren la utilización de sustancias menos peligrosas, o que promuevan la recuperación y el reciclaje de mercurio.

Si bien se detallan varios criterios en este apartado, no todos estos, pueden ser aplicados para la gestión y remediación de sitios abandonados que contengan contaminantes como el Mercurio, como es el caso de los relaves provenientes de la minería de oro.

De este capítulo se destaca la promoción del uso de Mejores Técnicas Disponibles y las Mejores Prácticas Ambientales en los procesos industriales.

d. Capítulo 4. Legislative and Regulatory Framework

El capítulo 4 de la Guía GEMM, establece que las partes firmantes del Convenio de Basilea deben revisar en forma oportuna sus estándares, controles y procedimientos nacionales, con la finalidad de asegurar el cumplimiento de las obligaciones del convenio. También se menciona la necesidad de que los firmantes consideren normar la comercialización de productos que contengan Mercurio, dando como ejemplo, las acciones tomadas por la Unión Europea para promover productos que no contengan sustancias peligrosas, como es el caso del Mercurio, y que puedan ser producidas considerando su factibilidad técnica y económica.

Este capítulo hace mención a que los integrantes del convenio de Basilea deben identificar y elaborar inventarios de desechos de Mercurio, así como deben preocuparse, de la necesidad de controlar la exportación e importación de desechos que contenga este elemento. Otras de las tareas que deben asumir los firmantes del convenio, es la creación de un registro de generadores de desechos de Mercurio a escala nacional, y por último deben promover la autorización y desarrollo de instalaciones de tratamiento y disposición de los desechos de y con contenidos de Mercurio.

Otro de los puntos abordados en este capítulo, corresponde a la necesidad de generar medidas de prevención y respuesta ante liberaciones accidentales de Mercurio, las cuales deben ser difundidas a la comunidad por parte de organismos públicos y privados.

En relación a las liberaciones accidentales de Mercurio, se hace especial énfasis en los problemas a la salud humana que puedan generar estas pérdidas, por lo cual se recomienda que la recuperación de Mercurio deba realizarse mediante medidas oportunas de control. Según lo señalado en la guía, estas medidas pueden ser ejecutadas tanto por profesionales como por la misma población. De ser la población la encargada de la recuperación, esta debe estar informada, siendo la autoridad y las organizaciones privadas las encargadas de asumir las responsabilidades de comunicación de la información.

e. Capítulo 5. Application for Mercury Waste Prevention and Minimization

El capítulo 5 de la Guía GEMM, detalla las metodologías y tecnologías más utilizadas para la prevención y minimización de residuos de y con contenido de Mercurio. También detalla cómo se puede generar la reducción en la fuente a través del uso de materiales y procesos alternativos, utilizando como ejemplo las modificaciones que se pueden generar en la industria de la Soda Caustica y los beneficios tanto económicos como ambientales que se pueden alcanzar con estas modificaciones.

En este capítulo se proponen también procesos productivos y tecnologías alternativas, que permiten la reducción de residuos de Mercurio en la pequeña minería y la minería artesanal de oro. Se debe mencionar que las soluciones propuestas consideran sólo los procesos mineros que preceden a la disposición de los relaves, como son los procesos de recuperación de oro a través del uso de cianuro, y por lo tanto no influyen en la gestión de los legados ambientales provenientes de esta actividad, como es el caso de los pasivos ubicados en Andacollo.

Este capítulo señala también la necesidad de educar a los mineros artesanales del oro, sus familias y la comunidad que los rodea a cerca de los peligros a los cuales se ven expuestos por la utilización de Mercurio.

Este capítulo también indica la existencia de dos tipos de productos que contienen Mercurio: aquellos que son formulados en base a este elemento, y los que son formulados con productos que contienen Mercurio.

En la última sección del capítulo, se destaca la necesidad de que las partes firmantes del tratado de Basilea reconozcan la necesidad de reducir las descargas de Mercurio de cuatro fuentes principales: actividades industriales; actividades artesanales mineras; productos que contengan mercurio; y residuos de amalgamas dentales que contienen Mercurio.

f. Capítulo 6. Identification and Inventories

El capítulo 6 de la Guía GEMM señala la importancia de identificar los residuos de y con Mercurio a lo largo del país. Se describe también en este capítulo la determinación de 10 categorías que permiten identificar e inventariar los procesos que producen residuos de y con contenido de Mercurio. las categorías son:

1. Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía.
2. Producción primaria de metales.
3. Producción de otros minerales y materiales que contengan un porcentaje de Mercurio.
4. Uso intencional de Mercurio en procesos industriales
5. Uso de Mercurio en productos de consumo
6. Otros procesos
7. Producción y reciclado de Mercurio

8. Eliminación por incineración
9. Eliminación de desperdicios y plantas de tratamiento
10. Cremación y cementerios.

El objetivo de esta categorización, es que los firmantes del tratado generen inventarios estándares que puedan ser comparados entre sí. De esta clasificación los relaves provenientes de la industria minera de oro pertenecen a la categoría 2: "Producción primaria de metales" y a la subcategoría 2.2 "Extracción y procesamiento de metales".

Se considera que los relaves provenientes de la pequeña minería y de la minería artesanal constituyen uno de los "Hot Issues", pues en todos los países donde se desarrolla este tipo de minería se genera este tipo de residuos, por lo que no sólo debe tratarse la problemática ambiental que generan estos pasivos, sino que también corresponde considerar el problema desde la fuente, es decir buscar los mecanismos de reconversión económica para los mineros artesanales de la minería del oro.

g. Capítulo 7. Handling, Collection, Storage (interim) and Transportation of Mercury Waste

El capítulo 7 de la Guía GEMM, detalla la temática relacionada con el manejo, la recolección, el almacenamiento y el transporte de desechos de Mercurio. En general este capítulo se encuentra orientado al manejo de productos que contienen Mercurio en pequeñas cantidades, como lo son por ejemplo los termómetros, amalgamas dentales, ampollitas y otros.

Dada la descripción anterior, este capítulo no posee una aplicabilidad directa para los pasivos ambientales mineros, como es el caso de los ubicados en Andacollo. Pese a lo anterior, es de relevancia señalar que las condiciones establecidas para el transporte de los desechos de Mercurio podría ser aplicada en caso de remover los relaves y transportar sus materiales constituyentes a centros de tratamiento o de disposición que permitan su confinamiento.

Dentro de este capítulo son señalados los principios directivos que deben asumir las organizaciones gubernamentales correspondientes, como lo son Ministerios de Salud, municipalidades u otros organismos pertinentes, para gestionar de forma correcta los residuos de y con contenidos de Mercurio.

Entre estos principios, se destaca la necesidad de buscar mecanismos que permitan la segregación y recolección de estos productos desde el origen, pues de esta forma se podrán reducir las fuentes de contaminación de este elemento. Para poder reconocer algunos ejemplos, se presentan programas modelos para segregación, almacenaje y recolección de residuos de y con contenidos de Mercurio, de los cuales se destacan:

- Programa de recolección de baterías, impulsado por Agencia Ambiental de Japón en el año 1981, ejemplo de que cualquier programa de gestión de residuos, debe conformarse a través de organismo públicos y privados.
- Recolección de termómetros en mal estado, en Ontario (Canadá) en el año 2002, ejemplo de cooperación pública y privada.

Estos ejemplos permiten reconocer la necesidad que tanto actores privados (Sociedad y empresa) y organismos gubernamentales deben comprometerse y trabajar en conjunto para generar mecanismos que permitan manejar en forma racional residuos que contengan este elemento.

h. Capítulo 8. Treatment of Mercury Waste and Recovery of Mercury

El capítulo 8 de la Guía GEMM detalla metodologías y tecnologías para el tratamiento y la recuperación de Mercurio de los desechos y productos que lo contengan.

La descripción de estas tecnologías es de manera general y teórica, sin detallar volúmenes y tipos de desechos que puedan ser tratados. Cabe mencionar que el volumen de los desechos a tratar es una variable clave para la selección de la tecnología de tratamiento y remediación, por lo cual esta sección solo puede ser considerada como una componente descriptiva de estas tecnologías.

i. Capítulo 9 Long Term Storage and Disposal of Mercury Waste

En el capítulo 9 de la guía se describe principalmente el interés por desarrollar soluciones ambientalmente racionales para el almacenamiento de desechos de y con Mercurio

El capítulo permite reconocer las técnicas de embalajes, etiquetado, contención, transporte y comercialización de Mercurio. Esta descripción es de vital interés para organismos públicos que deben controlar el ingreso de estas sustancias al país.

es de relevancia destacar que la mención que este capítulo realiza a las variables a considerar al construir instalaciones que contengan residuos de y con contenido de Mercurio, las cuales pueden ser empleadas para manejar los residuos dispuestos en Andacollo, como puede ser por ejemplo, la construcción de instalaciones destinadas para su manejo o disposición.

De lo señalado anteriormente, se describen ejemplos de sistemas de almacenamiento de desechos con contenido de Mercurio, como es el caso de Frascos introducidos en barriles de acero en EE.UU., desarrollo de tecnologías para la estabilización de Mercurio líquido (Modelo propuesto por la Unión Europea) y por último los modelos de vertederos especialmente diseñados para el manejo de residuos que contengan Mercurio, propuestos por la Agencia Ambiental Japonesa. El reconocer estos ejemplos es

una oportunidad ante la eventualidad de disponer en un sector acondicionado los relaves dispuestos en la localidad de Andacollo.

j. Capítulo 10. Remediation of sites contaminated with Mercury

El Capítulo 10 de la Guía GEMM, distingue tres principales fuentes industriales de Mercurio, donde destacan la minería, la producción de Soda Cáustica y la manufactura de productos que contienen Mercurio. Dentro de estas son de relevancia la gran minería y la minería artesanal de oro, pues generan un gran número de tranques de relaves, los cuales se convierten en fuentes potenciales de contaminación para distintos factores ambientales.

En este capítulo se propone seleccionar aquella(s) tecnología(s) de remediación que permita(n) reducir de forma más eficiente la toxicidad, biodisponibilidad y la cantidad de Mercurio presente en una zona contaminada. La tecnología a seleccionar debe considerar no solamente el Mercurio, si no que todos los contaminantes de consideración que se encuentren presentes en la zona. Se recomienda además, seleccionar aquella(s) tecnología(s) que permitan reducir y controlar de manera costo-eficiente los riesgos identificados para la zona contaminada.

k. Capítulo 11 Emergency Response

En el capítulo 11 se indican dos manuales para emergencias relacionados con la liberación de Mercurio.

Para sitios residenciales y pequeños se recomienda aplicar el **Mercury Response Guidebook de la U.S. EPA (2001)**. Esta guía fue actualizada el año 2004 y esta dirigida principalmente a la gestión de emergencias y limpieza de derrames de Mercurio en sectores industriales interiores, por lo tanto, no puede ser aplicada directamente a sitios mineros con presencia de Mercurio.

La segunda guía recomendada, **Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-scale Gold Miners from the Global Mercury Project (GMP 2004)**, tiene una alta relevancia para una evaluación integral de sitios mineros provenientes de la minería de oro y por lo tanto tiene una alta aplicabilidad para los pasivos ambientales mineros de Andacollo.

Considerando que la Guía GEMM pretende ser una guía técnica, se recomienda incluir en esta sección una metodología de evaluación de riesgo o al menos hacer referencia a metodologías internacionalmente reconocidas, como por ejemplo, las propuestas por la U.S. EPA o por la Comisión Europea.

l. Capítulo 12 Public Awareness and Participation

En el Capítulo 12 de la Guía GEMM se detallan principalmente mecanismos y herramientas para la sensibilización y participación de los diferentes actores involucrados o "Stakeholders" para la implementación del manejo racional del Mercurio. En esta sección se hace referencia a cuatro principios elementales para la sensibilización y participación de dichos actores, los cuales son:

- Publicaciones.
- Programas de educación ambiental.
- Actividades de relaciones públicas.
- Comunicación del riesgo.

La comunicación del riesgo es de vital importancia para la gestión integral de pasivos ambientales mineros de Andacollo, pues tiene por objetivo crear una comprensión adecuada de la seguridad y niveles de riesgos de exposición al Mercurio, con lo cual se busca evitar sobre reacciones en la población expuesta a sitios con presencia de Mercurio.

3.1.5 Conclusiones

a. Fortalezas de la guía

Según se ha descrito en detalle con anterioridad, la Guía GEMM presenta en forma detallada las principales fuentes, usos, propiedades y procesos relacionados al Mercurio. Presentado un perfil toxicológico consistente para el Mercurio, en base a fuentes consolidadas y reconocidas internacionalmente.

Se presentan en la Guía problemáticas ambientales generadas por el Mercurio y las consecuencias que pueden generar en la población a través de los casos de estudio de Minamata, Iraq y Kenya; los cuales son ejemplos de los problemas que pueden generar este tipo de contaminantes en la población.

Otra fortaleza que presenta la guía corresponde a la revisión histórica de las acciones generadas por las distintas organizaciones para el control de este contaminante a nivel internacional.

Para el manejo ambientalmente racional del Mercurio y sus residuos, el documento presenta programas internacionales para el manejo del Mercurio, algunos mecanismos de minimización y reducción de los usos y residuos de Mercurio como también medidas de remediación y de recuperación.

Una de las principales fortalezas de la Guía GEMM corresponde a la revisión bibliográfica extensa a nivel internacional acerca de la problemática del Mercurio. Dentro del documento se destacan otras guías, las cuales pueden ser empleadas para un análisis detallado de sitios contaminados, como es el caso de la guía, **Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-scale Gold Miners from the Global Mercury Project (GMP 2004)**.

b. Debilidades de la guía

La principal debilidad de la Guía GEMM tiene relación con el carácter general, la extensión y el idioma de la guía. Aunque la guía GEMM contiene mucha información de gran valor, su extensión hace poco amigable su uso a nivel sitio específico. Se recomienda para su correcta difusión, tanto en el sector público como privado, la guía sea traducida al español.

En relación a la problemática asociada a la pequeña minería de oro y sus pasivos ambientales, esta guía trata la temática de forma simplificada, siendo necesario evaluar la necesidad de elaborar un documento específico que permita analizar estos sitios de manera más detallada.

3.2 Actividad 2: Evaluación de Laboratorios

El desarrollo de esta actividad permitió reconocer los laboratorios ambientales y clínicos que desarrollan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales a nivel nacional. Esta revisión en una primera etapa, se realizó mediante la metodología presentada en el punto 2.2.

De manera complementaria a la metodología, se desarrolló una zonificación nacional, para realizar las consultas a los respectivos laboratorios, la cual se formuló en base a la división político administrativa del país, determinándose 3 zonas: (i) Zona Norte, la cual se encuentra comprende entre la Décimo Quinta y la Quinta región, (ii) Zona Central, con la Región Metropolitana (RM) y (iii) Zona Sur, situada entre la Sexta hasta la Décimo segunda región.

Para la estandarización de colección de información, se desarrolló una ficha de auditoría para recopilar la mayor cantidad de información de los laboratorios que potencialmente podrían realizar análisis de Mercurio. Por medio de este, se determinó si los laboratorios, se encontraban certificados, realizaban actividades intercomparación de resultados, tipo de determinaciones realizadas y si realizaban o no toma de muestras, entre otros. La ficha de auditoría aplicada se encuentra en el anexo 1 del presente documento.

Consultados los laboratorios se generó una planilla, en la cual se recopilaron tanto los laboratorios que realizan análisis de mercurio como los que no³.

A través de la consulta, se identificó la existencia de laboratorios que tienen oficinas en regiones, las cuales sólo funcionan como receptoras de muestras, las que luego son enviadas a las oficinas centrales ubicadas principalmente en Santiago. En el caso de esta ocurrencia, sólo se consideraron los laboratorios centrales o aquellos que desarrollan los análisis en sus propias dependencias.

A continuación se presentan los resultados por zona de los laboratorios que realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales.

3.2.1 Zona Norte

De un total de 73 laboratorios consultados en la Zona Norte, dentro de los cuales se consideraron laboratorios Clínicos y Ambientales. En esta Zona 6 laboratorios realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales, lo cual significa que sólo el 8% del total de los encuestados realizan este tipo de análisis. 16 laboratorios no respondieron las consultas, los cuales representan el 22% del total de la muestra.

³ La ejecución de esta tarea no estuvo ajena de inconvenientes, ya que se evidenció reticencia por parte de muchos de los encuestados, para responder las consultas por vía telefónica o a través de los correos electrónicos. A pesar de que se informaba que las consultas se realizaban en marco de un proyecto público, Proyecto n° 1588-155-le09 Manejo de Desechos de y Con Contenido de Mercurio, solicitado por CONAMA y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

En la zona Norte, 51 laboratorios no realizan análisis para Mercurio, lo cual corresponde al 70 % de la muestra.

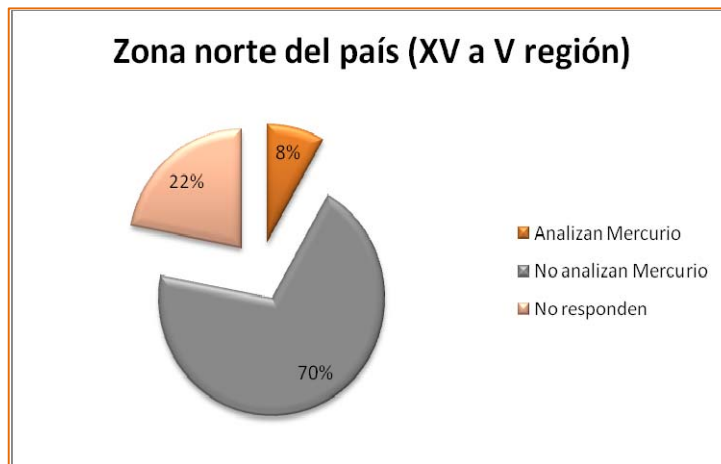


Figura 2. Distribución porcentual de laboratorios que analizan Mercurio en la zona Norte.

3.2.3 Zona Central

De un total de 67 laboratorios consultados en la Zona Central, dentro de los cuales se consideraron laboratorios Clínicos y Ambientales, 18 realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales, lo cual significa que el 27% del total de los encuestados realizan este tipo de análisis. 20 fueron los laboratorios que no respondieron las consultas, los cuales representan el 30% del total de la muestra.

En relación a los laboratorios que no determinan este metal, 29 laboratorios no realizan análisis para Mercurio, número que corresponde al 43% de la muestra

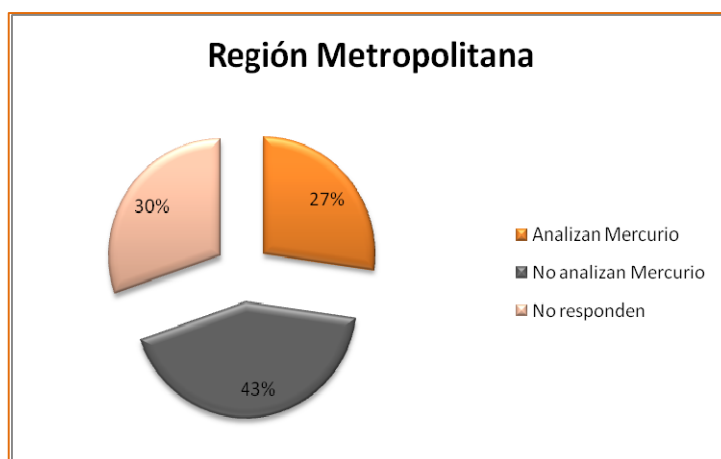


Figura 3. Distribución porcentual de laboratorios que analizan Mercurio en la RM.

3.2.4 Zona Sur

De un total de 74 laboratorios consultados en la Zona Sur, dentro de los cuales se consideraron laboratorios Clínicos y Ambientales, 6 realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales, lo cual significa que el 8% del total de los encuestados realizan este tipo de análisis; 9 laboratorios corresponden a laboratorios que no respondieron las consultas, los cuales representan el 12 % del total de la muestra; 59 laboratorios no realizan análisis para Mercurio, lo que corresponde al 80 % de la muestra.

Hay que considerar que los laboratorios que no respondieron podrían contribuir a incrementar el número de laboratorios que realizan este tipo de análisis. Estos resultados quedan descritos en la grafica que presenta a continuación.

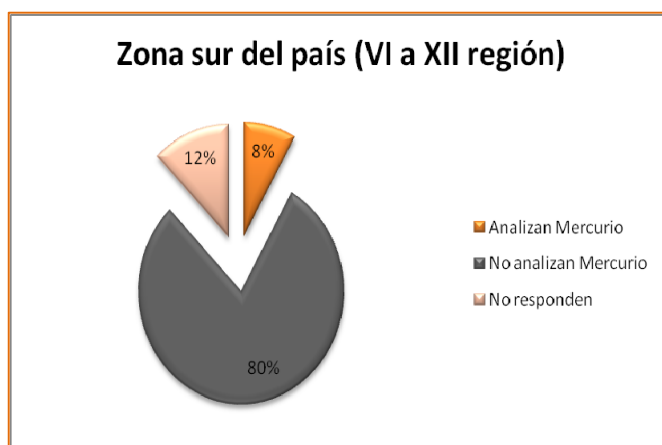


Figura 4. Distribución porcentual de laboratorios que analizan Mercurio en la Zona Sur.

De un total de 214 laboratorios consultados, 30 laboratorios realizan análisis de mercurio, concentrándose éstos principalmente en la Región Metropolitana, con el 60% de los laboratorios que realizan este tipo de determinación en las distintas matrices ambientales. En relación a la Zona Norte y Sur del país, estas presentan el mismo número de instituciones que realizan este tipo de análisis aportando en forma conjunta el restante 40%, lo cual se puede reconocer en la figura 5.

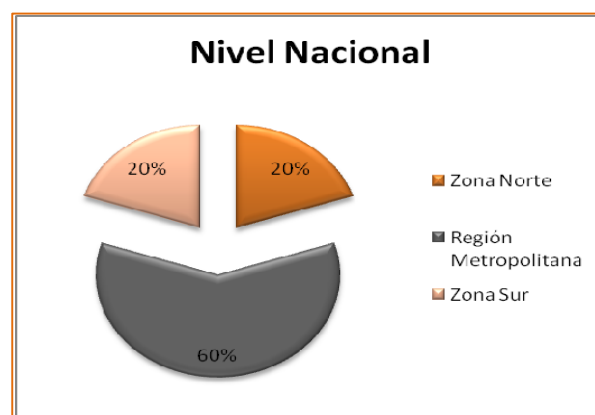


Figura 5. Distribución porcentual de laboratorios que analizan Mercurio

En la tabla número 1, se presenta el listado de los laboratorios que realizan análisis de Mercurio en distintas matrices ambientales. El anexo 2 corresponde al listado de los laboratorios consultados.

Tabla 1. Listado de laboratorios que realizan análisis de Mercurio

	Organización	Dirección	Ciudad	Región	Matrices Ambientales analizadas	Teléfono
1	Universidad Arturo Prat	Avenida Arturo Prat 2120, Iquique	Iquique	I	suelos Aguas	(57) 394 268-394360
2	GEOANALITICA	Av. Gerónimo Méndez 1740 Barrio Industrial	Coquimbo	IV	suelos	(51) 23 0058
3	Laboratorio Stewart Blait	Av. Quilín 2910 Macul	Santiago	RM	Suelos aguas	(2)-410 0400
4	Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA)	Av. Larráin 9975 La Reina	Santiago	RM	suelos aguas	(2)-299 4100
5	SGS Chile Ltda.	Ignacio Valdivieso 2409. San Joaquín	Santiago	RM	suelos aguas y aire	(2)-898 9605
6	Servitox LTDA.	Ernesto Pinto Lagarrigue 281 Recoleta	Santiago	RM	suelos	(2)-735 5863
7	Laboratorios Rilab	Camino a Melipilla 7003 -F. Cerrillos	Santiago	RM	aguas	(2)-942 4747
8	ALS Chemex	Calle Los Ebanistas 8521. La Reina	Santiago	RM	suelos aguas	(2)-654 6100
9	Laboratorios Aguas Hidrolab S.A.	Av. Central 681 Quilicura	Santiago	RM	suelos aguas	(2)- 756 6350
10	Latorre Carlos S.A.	Av. Presidente Bulnes 139 Of.64-67	Santiago	RM	aguas	(2)-696 1481
11	ANAM	Av. Presidente Balmaceda 1398 P.5	Santiago	RM	aguas	(2)- 496 3271
12	Biotecnología Internacional S.A.	Calle Cuevas 1249	Santiago	RM	--	(2)-554 5699
13	LABSANDTESTING	Av. Los Leones 1871 Providencia	Santiago	RM	--	(2)-4819100
14	ANALAB Chile S.A	Exequiel Fernández 3592 Macul	Santiago	RM	-	(2)-713 15 26
15	Corthorn Quality (Chile) S.A.	Palacio Riesco 4549	Santiago	RM	--	(2) 580 8000
16	Agriquem América S.A.	Calle Industriales 697 , Pis	Santiago	RM	suelos y aguas	(2) - 2484910

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

		o 5				
17	Mecánica Lab Assistance	Huérfanos 2483	Santiago	RM	suelos	(2) - 6994914
18	Laboratorio de Química de la policía de Investigaciones	Avenida José Pedro Alessandri 1800	Santiago	RM	aguas	(2) - 58662430
19	Instituto de Salud Pública de Chile	Av. Marathon 1000-Ñuñoa	Santiago	RM	sangre	(2) 5755 100
20	Laboratorio Clínico Blanco Ltda.	Avenida Salvador 31	Santiago	RM	sangre	(2) - 4905500
21	SILOB CHILE	Javiera Carrera 839, Cerro Placeres	Valparaíso	V	suelos aguas	(32) 249 8177
22	Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación (LDT)	Avenida Playa Ancha 850	Valparaíso	V	suelos aguas	(32) 250 0270
23	Universidad Técnica Federico Santa María	Avenida España 1680	Valparaíso	V	suelos aguas	(32) 265 4000
24	Marrs Laboratorios	Los Ángeles #123 Santa Julia	Viña del Mar	V	aguas	(32) 286 5646
25	Laboratorio Quality-Lab.	Calle Membrillar 598-A	Rancagua	VI	--	(75) 313266
26	LABSER- Laboratorio de Servicios Avanzados	Camino Vecinal 950 - Ruta H 30	Rancagua	VI	aguas	(72)-339200
27	Laboratorio Clínico Dra. Ximena González	Uno Oriente 801 Of. 201	Talca	VII	sangre	(71) 220185
28	5M S. A.	Avenida España 670	Talcahuano	VIII	aguas	(41) - 2541033
29	Universidad de Concepción, Centro EULA	Barrio Universitario s/n	Concepción	VIII	aguas	(41)2204002
30	Universidad de la Frontera, Instituto de Agroindustria	Avenida Francisco Salazar 1145	Temuco	IX	--	(45) - 325050-325555

3.3 Actividad 3: Evaluación de Riesgo

3.3.1 Descripción general de la zona de estudio

La traducción de la palabra Andacollo es "Mina de Cobre", proviniendo su significado de dos palabras autóctonas: "Anta" y "Colla", los que en conjunto significan Reina del Metal. Esta comuna pertenece a la provincia de Elqui, Región de Coquimbo, y se encuentra ubicada a 56 kilómetros en dirección sudeste desde La Serena.

a. Variables demográficas de la zona

La comuna de Andacollo posee una población de 10.288 habitantes, de la cual 5.140 son mujeres y 5.148 hombres. De esta población el 91,2% corresponden a población urbana y 8,8% corresponde a población rural. Los grupos etarios de la comuna corresponden a 3.345 habitantes que comprenden desde los 0 a los 17 años, 5.929 habitantes que comprenden desde los 18 a 64 años y 1.0124 habitantes que sobrepasan los 65 años, figura 6 (Municipalidad de Andacollo, 2008).

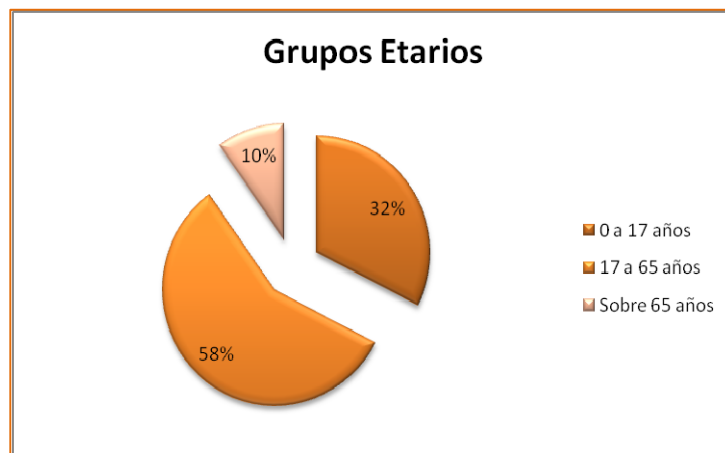


Figura 6. Grupos etarios de la comuna de Andacollo.

Esta población ha presentado una disminución en su crecimiento desde el año 1992, lo cual se refleja en el Censo del año 2002 generado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), en donde se observa una disminución de un 15,99% de la población en dicho periodo.

En relación al comportamiento de migración de la población comunal, desde los sectores rurales a urbanos, la tendencia ha sido inversa debido al aumento de la emigración de los habitantes desde las zonas rurales hasta los sectores urbanos de la comuna, con un aumento del 58.8% (Municipalidad de Andacollo, 2008).

Respecto al nivel educacional de la comuna, el 12% de la población presenta estudios básicos completos, el 45% presenta estudios básicos incompletos, el 18% presenta estudios medios completos, el 18% presenta estudios medios incompletos y solo el 7% presenta estudios de nivel universitario, figura 7 (Municipalidad de Andacollo, 2008).

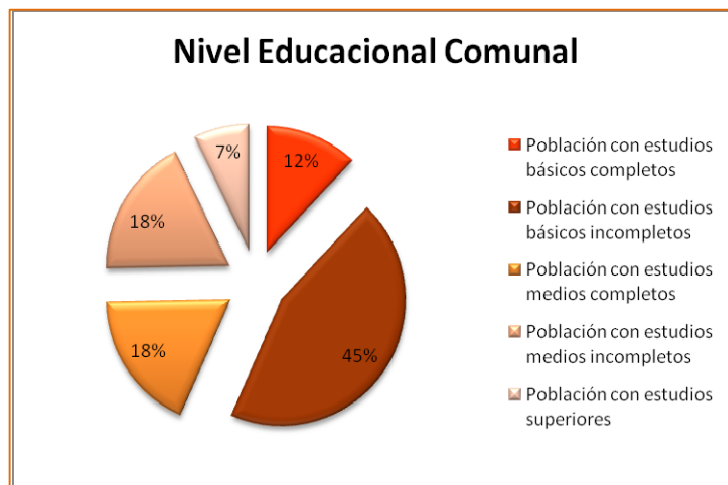


Figura 7. Nivel educacional comunal

Las principales actividades económicas de la comuna corresponden a la explotación minera y de canteras con un 27% de participación, construcción con un 16%, comercio 14%, actividades agrícolas y ganadería 13% y otras actividades las cuales representan el 30% de la participación económica comunal (ver Figura 8).

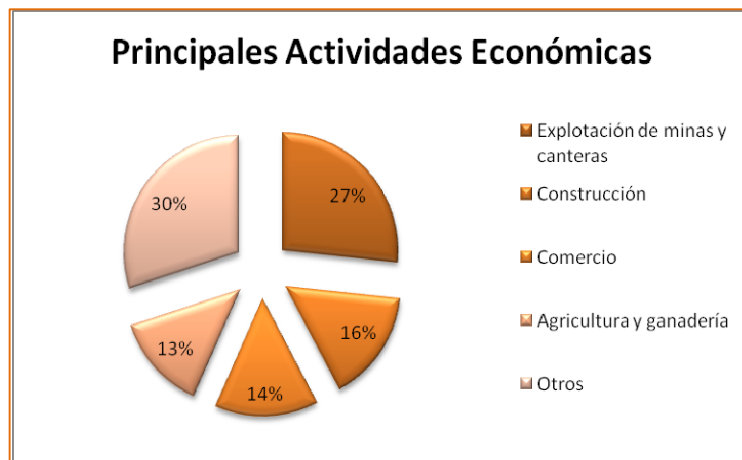


Figura 8. Actividades económicas de la comuna.

b. Clima

La comuna de Andacollo se caracteriza por presentar un clima de estepa templada marginal (Ver Figura 9), con días soleados el mayor porcentaje del año. La precipitación anual promedio en el sector es del orden de 135 mm, y se concentran en los meses de mayo a agosto. La variación anual para el periodo de 1963 a 1991 fue de 11,1 mm a 452,9 mm (SIGA, 2006).

La comuna de Andacollo presenta una temperatura media anual de 18,8°C con valores extremos de 32,1°C medidos en Diciembre y de -1,5 °C medidos en Agosto. En cuanto a la dirección del viento, en

Andacollo existen dos tendencias claras de flujos de vientos que son SSW-S principalmente entre las 00:00 a 9:00 y 18:00 a 24:00 y N-NNW entre las 9:00 y 18:00. Estos horarios varían de acuerdo a las diferentes estaciones climáticas del año. Se debe señalar que el cambio de dirección de viento es gradual, por lo que se pueden tener ambas direcciones diariamente (Cortes, 2009).

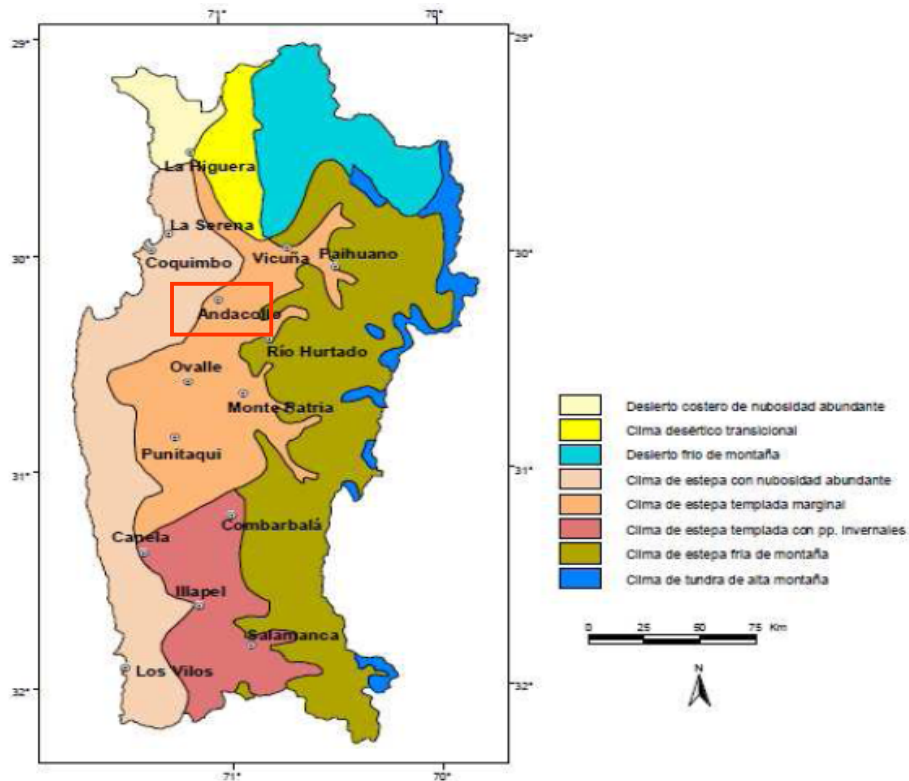


Figura 9. Mapa climatológico de la Región Coquimbo

c. Flora y fauna

En relación a la vegetación de la zona de estudio, se estima que la superficie cubierta por vegetación en la comuna se encuentra entre 10 a 15%, donde predominan especies leñosas. Se han identificado 92 especies de leñosas-árboles, arbustos, suculentas y herbáceas; donde destacan el Quisquito de Elqui (*Maihueiopsis wagenknechtii*), Sandillón (*Eryosyce sandillon*), Guayacán (*Porlieria chilensis*), Rumpiato (*Bridgesia incisiflora*), Bollen (*Kageneckia oblonga*) y el Pacul (*Krameria cistoidea*).

En relación a la fauna, se han encontrado hasta 27 especies de vertebrados silvestres, donde destacan el Zorro Culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), Zorro Chilla (*Pseudalopex griseus*), Ratón Chinchilla (*Abrocoma bennetti*) y también algunos reptiles que se encuentran en estado vulnerable como son la Culebra de Cola Larga (*Philodrysd chamissonis*), Lagartija (*Liolaemus nitidus*) y la Iguana (*Callopistes palluma*) (SIGA, 2006).

d. Hidrología e Hidrogeología

La cuenca de Andacollo encierra una hoya hidrográfica de unos 43 km² de superficie, y su descarga natural se encuentra en el extremo noreste de ella, por la quebrada de Andacollo. El drenaje de la hoya hidrográfica es de tipo detrítico y converge hacia la quebrada Andacollo. La cuesta está formada por numerosas quebradas afluentes, las que se encuentran secas la mayor parte del año. El escurrimiento encausado es de régimen temporal o esporádico y se manifiesta sólo en períodos de lluvias.

Con respecto al acuífero de Andacollo, la roca fundamental es predominante en la cuenca aunque generalmente está cubierta por detritos y depósitos antrópicos provenientes de la explotación minera. Las mayores elevaciones en cota del nivel de agua se presentan hacia los bordes de la cuenca, los niveles disminuyen hacia el noreste, sector de la quebrada de Andacollo.

e. Calidad de las aguas

Las aguas de la cuenca de Andacollo poseen características variadas a través de su área de influencia, en los sectores altos se presentan aguas con pH neutros a levemente básicos con bajos contenidos de elementos metálicos. A medida que se baja por quebrada "El Culebrón" las aguas presentan pH bajos y mayores contenidos de metales, los que asocian directamente a la presencia de yacimientos mineralizados, que drenan aguas ácidas productos de la lixiviación natural y/o a las descargas de faenas mineras. Posteriormente en los sectores más bajos de la cuenca las condiciones de pH y contenidos de metales vuelven a condiciones que se presentan en las zonas altas de la cuenca (SIGA, 2006)

La mayoría de las aguas de la cuenca de Andacollo presentan restricciones para su uso en riego, debido a sus altos valores de conductividad, sólidos totales disueltos y sulfatos. Además esta agua excede la norma chilena para agua potable en contenidos de sulfatos, hierro, cobre, manganeso, magnesio y zinc (SIGA, 2006).

f. Calidad del aire

El lunes 6 de abril del 2009, la localidad de Andacollo y sus sectores aledaños fueron declarados como zona saturada por material particulado respirable (PM 10) como concentración de 24 horas y anual. La declaración se sustenta en los resultados obtenidos del monitoreo oficial de PM10; los cuales el año 2007 superaron la norma primaria de 24 horas en ocho ocasiones, siendo el máximo permitido siete días con concentraciones superiores al percentil 98 de la norma o igual que 150 ug/m³ (CONAMA, 2009).

Asimismo, la Estación de Monitoreo Plaza Urmeneta en sus mediciones anuales indicó la superación de la norma de PM10, de acuerdo al promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en este caso los años 2005, 2006 y 2007.

Estos resultados fueron validados por la Autoridad Sanitaria de la Región de Coquimbo y permitieron que, por medio del "Informe Técnico para la Declaración de la Zona Saturada por Contaminante MP10 en Andacollo" (realizado por EnviroModeling Ltda.), se estableciera la delimitación de la zona saturada según los resultados de modelación de calidad del aire y análisis de trayectorias, los proyectos mineros actuales y futuros de expansión y la situación geográfica y meteorológica de Andacollo (CONAMA, 2009).

g. Geología de la zona

Andacollo se encuentra emplazado en una secuencia volcánica-sedimentaria representada por las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa del Cretácico Inferior. Estas unidades, producto de la actividad del arco magmático desarrollado a lo largo de la costa chilena desde el Jurásico hasta el Cretácico Inferior, presentan un cambio de ambiente desde secuencias marinas en la formación Arqueros, hacia facies volcánicas y sedimentarias continentales en la formación Quebrada Marquesa. La formación Arqueros, aflora al oeste del distrito de Andacollo, con una actitud monoclinnal con inclinación hacia el este y está compuesta por brechas volcánicas, andesitas y calizas, mientras que la formación Quebrada Marquesa, está formada por andesitas, brechas volcánicas, dacitas, ignimbritas, conglomerados y, localmente, calizas (Camus, 2003).

La formación Quebrada Marquesa aflora en la parte central y este del distrito, tiene un espesor de 2.000 a 3.000 m y su rumbo general es N-S con inclinación al este. En el distrito, ha sido subdividida en seis miembros: los cuatro miembros inferiores están compuestos mayoritariamente por andesitas y son las rocas huéspedes de la mineralización aurífera y cuprífera, la geología puede ser reconocida en la figura 10.

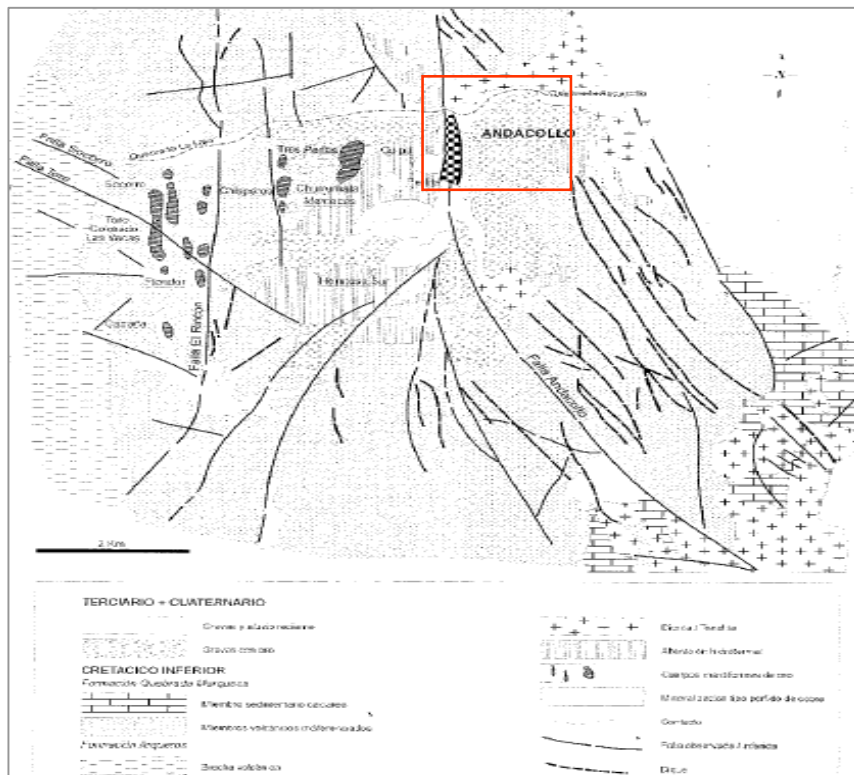


Figura 10. Geología de zona de estudio.

h. Suelos

Los suelos de Andacollo son del tipo aluviales, escombros de falda y suelos residuales, de baja permeabilidad. A causa de la actividad minera desarrollada en la zona, una parte importante de los suelos (aproximadamente el 20%) se encuentra cubiertos por depósitos de relaves antiguos y recientes (SIGA, 2006).

En general los suelos y sedimentos de Andacollo muestran altos contenidos de Hierro, Aluminio, Cobre y Zinc, los que se asocian principalmente a los residuos generados desde los procesos mineros. El suelo, en cuanto a su capacidad de sustentar vida vegetal es baja, debido a la escasa materia orgánica presente en este sector (SIGA, 2006).

En los últimos años se han generado importantes procesos erosivos, debido a la extracción de especies vegetales por parte de la población, los cuales corresponden principalmente a arbustos.

i. Reseña histórica de la minería de oro en Andacollo

En Andacollo, la presencia de mineralización de cobre y oro, se conoce desde épocas precolombinas. El oro, tanto de vetas como placeres fue explotado por los Incas antes de la llegada de los españoles (Cuadra y Dunkerly, 1991). Entre los siglos XVIII, IX y comienzos del siglo XX Andacollo fue el principal productor de oro de Chile, reconociéndose que su producción hasta los años 1990 alcanzó las 10 toneladas (Reyes, 1991).

En relación a la producción de cobre, esta se ha venido generando desde el año 1955, año en el cual se iniciaron las explotaciones de recursos cupríferos, extrayéndose entre los años 1955 y 1975 aproximadamente 5 millones de toneladas de mineral de cobre, equivalentes a una cifra de 40.000 toneladas de cobre fino y 600 kg de oro (Llaumentt et al., 1975).

Entre los años 1996 y 2000 se produjeron un total de 84.000 toneladas de cobre fino, provenientes de explotación de minerales sulfurados secundarios.

En la actualidad, las reservas probadas y probables en Andacollo de cobre bordean las 25 millones de toneladas de mineral, con una ley de cobre de 0,80%. En relación a las reservas de oro, se estimaron a partir de 22,8 millones de toneladas de mineral en 1995, con una ley de 1,12 g/t de oro.

- La mineralización del cobre: El sistema porfírico se aloja en rocas andesíticas y dacíticas, de la formación quebrada Marquesa y en menor grado, en el stock de pórfido tonalítico. La mineralización ocurre adyacente a la falla de Andacollo, y cubre una superficie de 1500 x 1300 m².
- La mineralización del oro: El oro de Andacollo ocurre en forma de vetas, mantos y placeres auríferos. Las vetas y los mantos se desarrollan en forma periférica y al oeste de la mineralización cuprífera se forma una zona que se extiende en un ancho de 3 km y un largo de 7 km. Los placeres auríferos, productos de la erosión de las vetas y los mantos, se disponen a algunos metros y hasta 1 km de ellos.

j. Actividades mineras en Andacollo

En la actualidad, en Andacollo operan principalmente dos proyectos mineros, los cuales corresponden a las actividades desarrolladas por la Compañía Minera Dayton la cual extrae principalmente oro y la Compañía Minera Carmen de Andacollo la cual extrae cobre.

Compañía Minera Carmen de Andacollo realiza la recuperación del cobre desde una operación que incluye un rajo abierto, que procesa 8.000 toneladas de mineral por día, equivalente a 2,5 millones de toneladas por año. La relación de estéril a mineral es de 3:1 y el material producido es obtenido mediante biolixiviación a través de un proceso de extracción por solventes y electroobtención, obteniéndose de este proceso cátodos de cobre. La producción anual es de aproximadamente de 20.000 toneladas de cobre fino y la recuperación metalúrgica informada es de 87%.

Minera Dayton realiza la recuperación del oro desde una mina a rajo abierto, donde el material se procesa a través de pilas lixiviación y electroobtención. La capacidad anual, entre los años 1996 y 2000, fluctuaba entre 88.000 y 135.000 onzas de oro producido.

En relación a la pequeña minería y a la minería artesanal que se desarrolla en la comuna de Andacollo, se emplean sistemas de extracción y procesamientos del mineral rudimentarios, donde destacan la utilización del Maray y el Trapiche⁴. En la figura 11 se presentan un diagrama del sistema de procesamiento de la pequeña minería que se desarrolla en la comuna de Andacollo.



Figura 11. Esquema de procesos de la pequeña minería de oro

⁴ **El Maray:** Instrumento artesanal utilizado por los Incas para la molienda del maíz, trigo y cebada. Posteriormente fue modificado por los españoles para la minería. Se compone de una piedra de mortero de un peso de 150 kilos, el que lleva adosado un trozo de madera de unos 5 m de largo y de un grosor aproximado de 0,40 m. Este descansa en una base cilíndrica hecha de piedra, la cual permite la molienda del mineral. Se utiliza agua para facilitar la molienda y se adiciona Mercurio líquido para realizar la amalgamación del oro y así su extracción (Videla, 2003).

El Trapiche: Es un sistema mecanizado de molienda de minerales, se utiliza para la obtención de oro y concentrados de cobre. Se estructura de dos ruedas simétricas, de aspecto cónico, que se encuentran unidas a un eje o ejes independientes; estas giran moliendo el material, el cual va sumergido en agua. La velocidad de rotación que se considera es la que provoca el menor efecto centrífugo sobre el agua, y no permita deformar su línea de flotación, esto es entre 15 a 30 r.p.m. (Videla, 2003).

k. Problemática ambiental en Andacollo

La industria minera de la zona norte de Chile ha tenido un fuerte desarrollo en las últimas décadas, promovida por el gran número de acuerdos comerciales suscritos por el país y por las importantes reservas de minerales de gran valor e importancia comercial que existen en la zona. Estas reservas corresponden entre el 25 y 30% de los recursos mundiales (López, 2003). Sin embargo, esta actividad es considerada como una de las actividades económicas que genera mayores alteraciones en el medio ambiente, modificando y alterando los factores ambientales que se desarrollan en su entorno.

El proceso de extracción y recuperación de metales genera grandes volúmenes de residuos masivos, los cuales se clasifican en dos tipos, residuos provenientes del proceso de recuperación del metal (relaves, escorias y ripios), y material de descarte como son los estériles (Universidad de Chile, 2006). Estos residuos generan una serie de problemáticas y riesgos ambientales tanto para la población humana como para otros receptores ecológicos (OECD, 2005).

En el caso de Andacollo, como consecuencia de las actividades de la pequeña, mediana y la minería artesanal se han generado un número considerable de pasivos ambientales, dentro de los cuales destacan tranques de relaves, botaderos de residuos mineros y otros relacionados a la industria. Una de las principales problemáticas que presentan estos pasivos es que la mayoría de estos se encuentran ubicados en el casco urbano de la comuna, generando principalmente problemáticas de alteración estética y paisajística del sector, emisión de material particulado, riesgos de accidentes por fallas geomecánicas y potenciales riesgos para la salud de los pobladores que habitan en la zona de influencia de estos sectores, específicamente por potenciales contaminantes presentes en los materiales de estos depósitos.

Otra de las problemáticas ambientales que se presentan en la comuna de Andacollo son los producidos por la aspersión de ácido sulfúrico sobre las pilas de lixiviación de la Minera Carmen de Andacollo, ubicadas a unos 200 metros de la localidad de Chepiquilla. De acuerdo a los afectados, la instalación y construcción de las pilas ha provocado desde sus inicios en 1997, problemas en la calidad del aire producto de lluvia ácida que cubre los árboles y techos de las casas del sector. Un estudio realizado por el Servicio de Salud de Coquimbo en 2002 estableció la presencia de contaminación con aerosoles de ácido sulfúrico en el sector de Chepiquilla, decretando la prohibición de la aspersión de ácido sulfúrico cuando el viento propaga dicho material en dirección a dicha localidad. Desde marzo de 2004 no se han reportado denuncias con respecto a la temática en el sector, (Universidad de Chile, 2006)

l. Origen de los Pasivos Ambientales Mineros en Andacollo

Algunos Pasivos Ambientales Mineros (PAM en adelante) emplazados en la comuna de Andacollo datan de hace varios siglos, pero fue el desarrollo alcanzado por la minería del oro y de cobre de los años treinta el causante de su incremento en volumen.

En un principio el cobre se comercializaba sin ser procesado, pero posteriormente se detectaron depósitos de sulfuros de cobre en la zona que ameritaban ser procesados en forma mecánica para obtener el concentrado de este metal, para lo cual se construyeron las primeras plantas de procesamiento de minerales (Renner, 2006).

Al implementarse técnicas de procesamiento, a través de trapiches, incrementa exponencialmente la cantidad de mineral extraído desde los piques mineros, generando así grandes volúmenes de relaves. Para poder contener éstos se construían “tranques o pozas de relave”, en donde eran vertidos estos residuos, llegando algunos a superar alturas de 30 m y diámetros que sobrepasan los 100 m (Renner, 2006).

Estos pasivos ambientales mineros son un legado de las antiguas operaciones mineras que se han desarrollado en Andacollo. Se trata de la acumulación a lo largo de años, de grandes volúmenes de residuos generados en diferentes faenas mineras, los cuales hoy se encuentran generando una serie de problemáticas ambientales en la zona.

m. Catastro de plantas y tranques de relaves

El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) de la región de Coquimbo ha generado dos catastros de las plantas mineras ubicadas en la localidad de Andacollo, realizados en los años 1989 y 2000 respectivamente. Estos documentos indican en qué condiciones se encuentran las plantas, cantidad de tranques de relaves que se disponen y los volúmenes de materiales depositados que existen en cada uno de estos (SERNAGEOMIN, 1989; 2000).

En la localidad de Andacollo hay nueve depósitos de relaves que ocupan cerca de 20 hectáreas, de las cuales siete se encuentran ubicados en sitios urbanos consolidados. Otros ochenta y nueve se encuentran ubicados en las zonas rurales de la comuna y cinco han sido absorbidos por las actividades mineras de las compañías mineras Carmen de Andacollo y Dayton (SERNAGEOMIN, 1989; 2000).

3.3.2 Delimitación específica del sitio de estudio

El día 29 de octubre del 2009, se realizó una visita de inspección a la comuna de Andacollo, en la cual se visitaron dos sitios que habían sido considerados como prioritarios de análisis, según el "Catastro de sitios potencialmente contaminados con Mercurio" desarrollado por CONAMA. Durante esta visita se sostuvieron reuniones con los siguientes actores:

Nombre	Cargo	Institución
Karen Lassalle	Profesional de Apoyo	CONAMA IV Región
Paulina Sahuasi	Profesional de Apoyo	Servicio País

Tabla 2. Asistentes

Los dos sitios fueron denominados: (i) Sitio 1 "Planta Whittle" y Sitio 2 "Entrada a la localidad de Chepiquilla" los cuales puede ser reconocidos en la Figura 12 y 13 respectivamente. Ambos sitios se encuentran ubicados en Andacollo, específicamente en su casco urbano.



Figura 12. Imagen de la comuna de Andacollo, con la identificación de los sitios visitados.

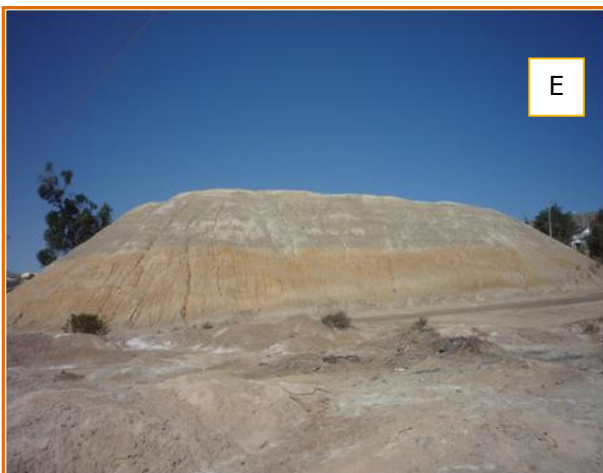
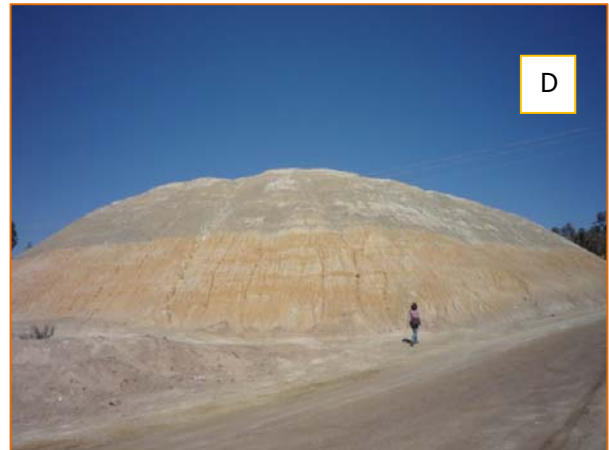


Figura 13. A, B y C corresponden a imágenes tomadas del Sitio 1. D, E y F son imágenes tomadas del Sitio 2.

Dentro de las actividades ejecutadas en la visita prospectiva, se desarrolló una inspección preliminar y una caracterización cualitativa de cada uno de los sitios empleando una ficha de caracterización de sitios contaminados, desarrollada por Fundación Chile (Ficha en anexo 3).

En base a esta visita prospectiva y considerando la información recopilada del sector, se realizó una reunión con CONAMA (Sede Central) para la selección del sitio de análisis. En dicha reunión, realizada el día 09 de noviembre del 2009, con asistencia de Lilian Veas, Alejandra Salas, Rocio Fonseca y Angela Oblasser, se acordó que el sitio de análisis para el presente proyecto sería el Sitio 1 "Planta Whittle".

La selección del sitio piloto se realizó considerando los siguientes criterios:

- Área de influencia
- Población cercana
- Representatividad emblemática
- Juicio de expertos
- Estudios anteriores en el sitio

a. Caracterización del Sitio 1

Los relaves dispuestos en el Sitio 1 provienen de la planta "Whittle", propiedad del señor Whittle Cortes San Francisco. Este tranque de relave se encuentra abandonado desde aproximadamente tres décadas.

En el sitio existen aproximadamente 71.000m³ de materiales de relaves, los cuales se encuentran secos, semi consolidados y en algún grado cementado en la superficie. Un análisis simplificado de estabilidad desarrollado por el SERNAGEOMIN en 1989, determinó que tanto en condiciones estáticas, el Sitio 1 posee un factor de seguridad de 1,7, lo cual es considerado aceptable y con baja probabilidad de falla en los muros. En condiciones sísmicas el factor de seguridad del tranques es de 1,5; lo cual es considerado aceptable, y la probabilidad de que sus muros fallen es baja (SERNAGEOMIN, 1989).

Debido a su ubicación estos depósitos tienen un área de influencia en la zona urbana de la comuna de Andacollo, lo cual genera que la población cercana se encuentre expuesta a todos los potenciales peligros que pueda generar el PAM.

Uno de los problemas identificados en la zona de estudio es la proximidad de las viviendas que se encuentran adyacentes al PAM. Como se puede apreciar en la figura 9 (C), los moradores se ven expuestos diariamente a potenciales peligros que genera este sector.

Este sitio no se encuentra cercado, permitiendo que niños, adultos y visitantes se vean expuestos a los mismos peligros potenciales que los residentes de la zona.

En base a la información recopilada y considerando comentarios de los habitantes del sector, se observa que este sitio es utilizado diariamente para diversas actividades de esparcimiento (deportivas, nocturnas, entre otras).

En la Tabla 3 se presentan mayores detalles del Sitio 1, y en las figura 14 y 15 se puede observar su ubicación espacial en la zona y la presencia de vestigios de actividades recreativas.

Tabla 3. Características del Sitio 1.

Nombre del sitio	Planta Whittle
Dueño	Whittle Cortes Sanfrancisco
Estado actual	Abandonado
Ubicación	S30 13.831 W71 05.032
m.s.n.m.	1029
Área (m ²)	4500 m ²
Altura máxima	20 m
Inclinación media taludes	60°
Acceso	Libre, con restricciones menores
Años de actividad	Aproximadamente 30 años
Origen de los residuos	Diferentes faenas mineras
Procesos mineros	Oro y cobre
Actividad agrícola cercana	No
Estudios previos	Si



Figura 14. Imagen satelital del sitio de estudio.



Figura 15. Libre acceso a la zona de estudio.

b. Plan de muestreo ambiental y análisis químico

El plan de muestreo incluye las siguientes actividades:

- Determinación de la matriz o medio ambiental a muestrear.
- Definición del número de muestras.
- Ubicación y profundidad de las muestras.
- Coordinación con laboratorio.
- Procedimientos de control y aseguramiento de los datos.

A continuación se presenta en detalle cada una de estas.

- **Selección de la matriz de análisis:** El plan de muestreo fue diseñado con el propósito de obtener datos representativos de la presencia y potencial migración de elementos o sustancias potencialmente contaminantes en el Sitio 1.

Se diseñó e implementó un plan de muestreo en la zona en estudio el cual incluyó, como matriz de estudio, material de relave que se encuentra dispuesto en el Sitio 1. Se descartaron otras matrices ambientales, como el agua superficial, por no detectarse la presencia de esta en la fecha en el cual se realizó la inspección.

No se incluyeron en este estudio muestras de aguas subterráneas debido a que las aguas existentes en el sector en estudio se encuentran influenciadas por otras fuentes antrópicas, no pudiendo asociar de manera directa los niveles de contaminación en éstas al sitio en análisis.

Se excluyen del estudio muestras de aire, debido a que los niveles de polución en la zona, son generados por múltiples factores, ya sean estos naturales o antropogénicos.

Es así como se define que la única matriz de análisis fuese el "material de relave" que compone la unidad de estudio y 2 puntos de control para poder contrastar los resultados del análisis del Sitio 1.

- **Número de muestras:** De un total de 33 muestras tomadas para el estudio, 8 corresponden a muestras compuestas superficiales, 23 a muestras del talud del pasivo (muestreo estratificado) y 2 muestras controles.

Las muestras compuestas correspondientes a la superficie del tranque fueron tomadas de los primeros 20cm de material de relave del PAM y corresponden a las muestras empleadas para realizar la evaluación de riesgo ambiental.

Las 23 muestras de talud fueron colectadas a través de un muestreo estratificado con el propósito de determinar si existe una distribución uniforme del material en el PAM.

Los 2 controles fueron colectados con el propósito de comparar las concentraciones de metales que se pueden encontrar de manera natural en la zona. Estas muestras se tomaron en un área en donde no se observa influencia de los PMA relaves ni potencial contaminación que se genere en cotas inferiores de Andacollo.

- **Ubicación de las muestras:** Para realizar la evaluación de riesgo se realizó un muestreo sistemático dirigido en diagonal (Zig-Zag) con muestra compuesta en la superficie del sitio, según se puede observar en la Figura 16 (puntos en naranja).

Para un análisis de la distribución de metales en los taludes del sitio se realizó un muestreo estratificado de los taludes), con muestra puntual a una profundidad de penetración de 10 (cm). Los puntos de toma de muestra se observan en la Figura 16 (puntos en azul).

A cada tipo de muestra se les asignó un código:

- Superficiales: MSA (Muestra Superficial Andacollo)
- Taludes: MPA (Muestra Perfil Andacollo).

La georeferenciación de los puntos de muestreos se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Ubicación de los puntos de muestreo

Código	Latitud	Longitud
MPA LADO A	30°13' 50.40 S	71°05' 02.87 O
MPA LADO B	30°13' 49.22 S	71°05' 03.03 O
MPA LADO C	30°13' 48.33 S	71°05' 03 O
MPA LADO D	30°13' 47.62 S	71°05' 02.11 O
MPA LADO E	30°13' 48.17 S	71°05' 1.32 O
MSA 01	30°13' 48.44 S	71°05' 02.18 O
MSA 02	30°13' 48.67 S	71°05' 01.69 O
MSA 03	30°13' 48.95 S	71°05' 01.94 O
MSA 04	30°13' 49.33 S	71°05' 02.23 O
MSA 05	30°13' 49.45 S	71°05' 01.75 O
MSA 06	30°13' 49.57 S	71°05' 01.31 O
MSA 07	30°13' 49.92 S	71°05' 01.63 O
MSA 08	30°13' 50.41 S	71°05' 01.8 O
CONTROL 1	30° 14' 978 S	71° 03' 782 O
CONTROL 2	30° 15' 764 S	71° 02' 913 O



Figura 16. (A). Puntos de muestreo.



Figura 17. (B). Puntos Controles.



Figura 18. Actividades de muestreo

- **Protocolos considerados para la toma de muestras:** El plan de muestreo consideró protocolos desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA) y estándares desarrollados por el Departamento de Territorio Vivienda y Medio Ambiente del País Vasco (IHOBE).

Para el procedimiento de recolección de muestras en el Sitio 1 y controles se siguieron principios de un muestreo de suelo superficial simple⁵, para lo cual se utilizaron utensilios que permiten la inocuidad de las muestras, como son espátulas, baldes y otros utensilios de Polietileno de alta densidad, los cuales, entre otras medidas, fueron lavados con agua destilada tras cada toma de muestras.

⁵ Para la ejecución de la toma de muestras se considero, la guía de muestreo de campo de suelo, desarrollado por la agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos, específicamente para la región 9, de California, y que puede ser revisada en la dirección <http://www.epa.gov/region09/lab/sops.html>.

c. Resultados del Plan de Muestreo

Las muestras tomadas fueron enviadas al Centro Nacional de Medio Ambiente (CENMA), en donde fueron analizadas.

A continuación se presentan los métodos analíticos empleados por CENMA para el análisis de las muestras.

i. *Métodos de Análisis*

Los métodos de análisis y los analitos considerados en el estudio son:

- Para la determinación de lixiviación por precipitación (Lluvia) Sintética, SPLP. Se utilizó el protocolo planteado en la NCh. 2746 Of 2003.
- Para la determinación de metales, se utilizó la determinación de metales pesados por ICP-OES. Método USEPA-6010C, SW-846.
- Para la determinación de Mercurio, se utilizó espectroscopia de absorción atómica con vapor frío. Método USEPA- 7470 A, SW-846.
- Para la determinación de Materia Orgánica, se utilizó Espectroscopía UV-Visible.
- Para la determinación de Porcentaje de Humedad, se utilizó el Método gravimétrico.

ii. *Resultados Analíticos*

Los resultados de análisis de las muestras de relaves se presentan en el Anexo 4.

Una vez obtenidos los resultados del muestreo, se realizó un análisis de estos para seleccionar los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRP). Esta selección se realizó en base a las concentraciones más altas obtenidas de cada uno de los elementos analizados. De esta manera, se minimiza la incertidumbre asociada a los resultados analíticos al momento desarrollar la evaluación de la exposición y la caracterización del riesgo del sitio de estudio.

iii. *Análisis de los Datos*

En la evaluación de riesgos a la población, la estimación de la exposición en el punto de contacto es crítica, por lo cual la concentración del contaminante en un sitio, es caracterizada generalmente mediante valores estadísticos de distribución como es el rango, la media, la media con un nivel de confianza del 95% (95% UCLM), el percentil del 90 (90 ile) y el porcentaje de muestras que exceden la norma.

Aunque es posible calcular estos parámetros estadísticos con un conjunto limitado de datos, no siempre tiene sentido hacerlo cuando hay un número insuficiente de muestras (i.e, cuando se dispone de un subconjunto inadecuado de los lugares contaminados). Por ejemplo, el cálculo del percentil 90, cuando se dispone de menos de 20 muestras generalmente no entrega una buena estimación del parámetro. De igual modo, es deseable tener 10-15 muestras para calcular la media con un nivel de confianza del 95%. Si se dispone de menos de 10 muestras, es posible calcular este valor y el de la media, sin embargo, dada la incertidumbre que existirá respecto a la distribución estadística, lo más prudente será usar el valor máximo del contaminante encontrado, el cual puede ser usado como una estimación del valor de contaminación y de su riesgo asociado, de esta forma además se buscara no subestimar el riesgo que genera el sector contaminado para la población (Tarazona J V. 2009).

Debido a lo expuesto anteriormente, para el estudio del Sitio 1 de Andacollo, se considerarán las concentraciones máximas de los contaminantes presentes en el sector, con lo cual se busca evaluar el peor de los escenarios que se puede presentar en el sitio.

d. Valores de referencia empleados en el análisis de riesgo

Una vez obtenidos los resultados analíticos e identificados aquellos elementos o compuestos que se encuentran presentes en la matriz de análisis, se realizó una comparación con los resultados obtenidos de las muestras controles para determinar si las concentraciones detectadas en el material de relave, difieren de las condiciones basales de la zona. De esta primera comparación se detectó que las concentraciones de metales en los controles se caracterizan por presentar condiciones típicas de una zona minera, es decir se presentan altas concentraciones de metales, lo cual se confirma con la información geológica de la zona.

Los metales detectados en el tranque de relave que superaban las concentraciones basales fueron comparados nuevamente, ahora con valores de referencia de calidad de suelos internacionales..

Estos valores de referencia son utilizados como estándares de calidad de suelos y se determinan de manera conservadora para casos generales y no consideran las condiciones específicas del sitio evaluado. Por lo tanto, cualquier programa de remediación que se realice para disminuir las concentraciones de contaminantes hasta los niveles de referencia indicados en los estándares de calidad, garantizará la disminución del riesgo hasta niveles aceptables para los receptores considerados.

Esta comparación se realiza para poder determinar los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRP) que existen en la zona de estudio, y que son las sustancias de interés para el análisis de riesgo ambiental. La determinación de los CRP se realiza mediante el método cociente, donde se compara la concentración de las sustancias presente en el sitio de estudio con criterios de referencia. Si la concentración de esta sustancia sobrepasa el valor de referencia, se puede considerar que podría estar presentando un riesgo potencial para los receptores considerados en el estudio.

Para desarrollar este análisis, en una primera instancia se consideraron criterios de referencia que se utilizan para generar un resguardo en los seres humanos que viven en sectores o sitios afectados por actividades mineras. Estos criterios se encuentran contenidos en la guía "Risk Management Criteria for Metals AT BLM Mining Sites" desarrollado por el United States department of the Interior Bureau of Land Management, Denver CO, en el año 2004. Esta guía ha desarrollado múltiples criterios para sustancias químicas, específicamente "Metales pesados", utilizando la información toxicológica desarrollada por la U.S. EPA.

Se consideró el uso de esta guía debido a que el sector evaluado es un sector minero, por lo cual no se pueden considerar criterios muy restrictivos para el resguardo de la salud de las personas.

Para determinar cuales son los contaminantes que generan un riesgo a la población, se utilizó como criterio discriminante, específicamente los valores desarrollados para residentes de sectores mineros que se encuentran contenidos en esta guía (Ver tabla 5).

Estos criterios fueron generados para determinar los límites de contaminación en la cual no se espera que se generen efectos adversos en la población que vive en estas zonas. También se consideraron estos valores por ser aquellos más restrictivos de la guía, con lo cual se buscaba no subestimar los riesgos potenciales que existe en la zona para los seres humanos.

Posterior a este análisis, y considerando que no todos los contaminantes cuentan con criterios definidos en la guía "Risk Management Criteria for Metals AT BLM Mining Sites", se decidió realizar una tercera comparación para los contaminantes no considerados en los criterios. En esta oportunidad se utilizaron los criterios de calidad de suelos residenciales desarrollados por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, en sus guías "Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health" (<http://www.ccme.ca/>) (Ver tabla 5), criterios que también son empleados para la protección de seres humanos que habitan sectores con elevados contenidos de metales.

Tabla 5. Criterios de gestión de riesgos para humanos de suelos.

Metales (mg/kg)	Residentes (1)	Trabajadores (1)	Residentes (2)
Arsénico	1	12	12
Bario			500
Berilio			4
Boro			
Cadmio	3	100	10
Cromo			64
Cobalto			50
Cobre	250	7400	63
Hierro	-	-	-
Plomo	400	2000	140
Mercurio	2	60	6,6
Molibdeno			10
Níquel	135	4000	50
Selenio	35	1000	1
Plata	35	1000	20
Vanadio			130
Zinc	2000	60000	200
Manganeso	960		
Aluminio	-	-	-

(1) "Risk Management Criteria for Metals AT BLM Mining Sites", United States department of the Interior Bureau of Land Management, Denver CO, en el año 2004.

(2) "Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, 2002.

En el presente estudio se decidió emplear estos valores por ser específicos para residentes. Podrían haber sido considerados otros criterios de referencia, como los desarrollados por países de la Unión Europea o por la U.S. EPA.

En el caso de La Unión Europea, los valores referenciales están determinados para cada país, por lo cual la variación entre ellos es muy amplia.

Para el caso de la US EPA, los valores de referencia están determinados para cada eco región y corresponden a valores para receptores ecológicos, siendo estos altamente restrictivos.

e. Selección de los Contaminantes de Riesgo Potencial (CRP)

De la comparación de los niveles presentes de metales en el sitio de estudio, con los valores de referencia planteados en la Tabla 5, se obtuvo la lista de CRPs. Para esta selección, se consideraron otros criterios, como es la presencia de los contaminantes en el sector y la toxicidad establecida de cada uno de estos.

De acuerdo con los criterios empleados, los elementos que superaron los límites fueron únicamente Cobre y el Molibdeno.

Pese a lo anterior, para la evaluación de Riesgo se incluyó el Mercurio, por tratarse del contaminante objeto del estudio.

Es de relevancia señalar, que las concentraciones de Mercurio detectadas en el sitio, no sobrepasan los criterios de resguardo para seres humanos.

No se seleccionaron para el estudio: Arsénico, Berilio, Selenio y Plata, por encontrarse dichas concentraciones bajos los niveles de detección del procedimiento analítico.

No fueron considerados Bario, Boro, Cadmio, Cromo, Cobalto, Níquel, Vanadio, Plomo y Manganeso por no sobrepasar los criterios de referencia y por encontrarse bajo los niveles de concentración de los puntos control.

Si las concentraciones de los puntos de control (basales) de determinados elementos se encuentran sobre los resultados obtenidos del sitio en estudio, estos no deberán ser considerados para la evaluación en el análisis de riesgo. Esto debido a que no es económicamente factible alcanzar niveles inferiores a las concentraciones basales para eliminar el riesgo mediante la aplicación de cualquier técnica de remediación o mitigación de la contaminación.

En relación al Aluminio y el Hierro, las concentraciones basales superan las concentraciones detectadas en el sector de análisis, por lo cual no se consideraron en el análisis de riesgo.

3.3.3 Evaluación de la Exposición

Esta etapa tiene como objetivo estimar la dosis del contaminante que ingresa al interior del organismo receptor a partir de la matriz ambiental contaminada y por medio de la ruta de exposición correspondiente. Esta exposición se define como un contacto físico por un determinado tiempo entre un receptor humano y un contaminante, resultando en una cantidad que ingresa al organismo. Esta exposición se describe mediante la concentración de un contaminante, en el medio de transporte, en el punto del contacto con el organismo y por la duración del contacto.

La dosis puede encontrarse como dosis absorbida, y se calcula para todas las sustancias en el punto de contacto de todas las rutas seleccionadas como significativas. Se expresa en términos de la cantidad de la sustancia (mg) que ingresa al organismo por unidad de masa corporal (kg) y por unidad de tiempo (día).

La evaluación de la exposición debe:

- Determinar si los CRPs pueden estar en contacto con los receptores.
- Calcular la cantidad de contaminantes que entran al organismo (Dosis).
- Determinar la ruta de entrada de contaminantes al organismo.
- Determinar la frecuencia, duración, y largo de tiempo del contacto contaminante-receptor.
- Determinar la tendencia central y el nivel alto de la exposición.
- Identificar los receptores potenciales y el número de receptores potenciales.

Para lograr el cumplimiento de estos objetivos se debe desarrollar un modelo conceptual de las relaciones presentes o esperadas entre las fuentes, las rutas y los receptores. Para ello, se deben identificar varios componentes del modelo conceptual, los cuales son:

- Las fuentes primarias y secundarias de elementos potencialmente contaminantes.
- Los mecanismos de liberación y transporte de los contaminantes.
- Las vías de exposición (inhalación, ingesta y contacto dérmico).
- Los componentes y conexiones de dichas vías (completa, incompleta, potencial).
- Los puntos de exposición.
- Las matrices ambientales con presencia de CRP.
- Receptores y escenarios hipotéticos.

Una vez definido el modelo conceptual del problema, se procede a estimar las dosis de exposición para cada uno de los escenarios definidos en este. A continuación se describe cada uno de los puntos anteriormente listados y los algoritmos para el cálculo de dosis.

a. Evaluación de la exposición del sitio contaminado

En el presente proyecto se evaluó el potencial riesgo que presenta para la población humana el Sitio 1. A continuación se describen en forma breve cada uno de los componentes del modelo conceptual que han sido considerados para esta evaluación.

i. *Fuentes primarias y secundarias de elementos contaminantes*

Las fuentes primarias, como su nombre lo indica, corresponden a actividades o sitios que liberan agentes contaminantes o modificadores de los factores ambientales que conforman un sector. Estas fuentes pueden generar otras secundarias, las cuales son resultado de liberación o descarga desde la fuente primaria. Cada mecanismo de descarga significa un proceso físico-químico que introduce un factor temporal o espacial en la matriz que ha sido afectada.

En este estudio se identifica como fuente primaria de contaminación el material de relave que se encuentra dispuesto en el Sitio 1, el cual puede generar fuentes secundarias de contaminación, como pueden ser partículas suspendidas en aire, suelos alledaños contaminados u otros.

ii. Mecanismos de liberación y transporte ambiental de los contaminantes

Los contaminantes pueden ser liberados desde una fuente primaria mediante diferentes mecanismos de liberación, pasando a constituir fuentes secundarias de contaminación. Desde esta nueva fuente pueden nuevamente ser liberados o transportados hacia una posible fuente terciaria.

Los principales mecanismos de liberación y transporte de contaminantes identificados en el sitio 1 son los siguientes:

- **Mecanismos de transferencia:** Son aquellos por los cuales se genera la migración del contaminante entre las distintas matrices ambientales (suelo, subsuelo, aguas superficiales y aguas subterráneas). Para el Sitio 1, la principal hipótesis consiste en la migración de los contaminantes a través de la lixiviación de los residuos en los periodos de lluvia, contaminantes que luego podrían llegar a las aguas superficiales y subterráneas de la zona.
- **Mecanismos de transporte pasivo:** A través de este mecanismo el contaminante es transportado de manera pasiva por la matriz portadora (agua superficial, aire, viento y agua subterránea). En el caso del Sitio bajo estudio se ha considerado como principal mecanismo de transporte pasivo el aire y el viento que predominan en el sector, transportando partículas que son inhaladas por seres humanos presentes en zonas cercanas al sitio.
- **Mecanismos de destino ambiental:** Corresponden a todas las transformaciones físico-químicas del contaminante en el medio ambiental. Este tipo de mecanismos genera cambios en la concentración del contaminante en estudio (a través por ejemplo de atenuación, activación, partición y la bioacumulación de contaminantes). En relación a los contaminantes presentes en el sitio de análisis, se presume que la mayoría de los contaminantes se encuentran atenuados o bien han sido movilizados a otras matrices (como la zona no saturada del suelo y aguas subterráneas) debido al prolongado periodo de tiempo que los relaves se encuentran depositados en el sector.

iii. Vías de exposición

Una vía de exposición es la ruta que ha recorrido un contaminante desde una fuente ambiental hasta el punto donde hace contacto físico con un receptor, en este caso el ser humano. Una vez ocurrido dicho contacto, la exposición ocurre, y si es absorbido a través de una membrana de intercambio pasa a ser una dosis que se integra en el organismo.

Por lo tanto, una vía de exposición está constituida por varios componentes unidos por procesos. Estos componentes son: La fuente del contaminante, la concentración de contaminante en la matriz ambiental y en el punto de exposición con el receptor humano del contaminante. Los procesos que a su vez se incluyen en esta etapa corresponden a: La liberación ambiental, el destino ambiental y la probabilidad temporal y espacial de que esta exposición ocurra.

Las principales rutas de exposición, es decir, como ingresa el contaminante al organismo se presentan a continuación:

- **Por vía respiratoria:** En el tracto respiratorio (nariz, boca, pulmones) la sustancia penetra la membrana que recubre los bronquios, entrando a la sangre.
- **Por vía oral:** La sustancia atraviesa la pared gastrointestinal (boca, esófago, estómago e intestinos) desde el lumen al sistema porta. Mientras la sustancia se encuentre en el lumen del tracto gastrointestinal sin ser absorbido, no hay exposición.

- **Por la piel:** Esta vía se genera cuando la piel se ve expuesta al contacto con material contaminante, por lo cual la sustancia penetra la piel e ingresa al torrente sanguíneo.

Reconocidas las principales rutas de exposición, se ha considerado para el presente proyecto que potencialmente podrían existir las tres vías de exposición mencionadas anteriormente. Las sustancias presentes en el sitio 1 pueden ingresar al organismo por inhalación de material particulado proveniente del relave, por vía oral de forma inadvertida o involuntaria y por contacto dérmico por el desarrollo de diversas actividades por parte de la población en el sitio.

iv. Componentes y Conexiones de las Vías de Exposición

Es importante determinar si cada vía de exposición ha ocurrido en el pasado, está ocurriendo en el presente o se espera que se genere en el futuro. También es posible que cada uno o más elementos de una vía de exposición no existan, o no se logren identificar, por lo cual es importante definir estas vías de exposición en forma detallada.

Las vías de exposición se consideran completas cuando el receptor se considera expuesto, para lo cual se debe cumplir que todos los elementos de una vía de exposición existan, han existido o van existir, que todos los elementos se encuentren conectados, estén presentes en el medio ambiental de contacto y que los contaminantes estén presentes en el punto de exposición.

En cambio una vía de exposición potencial, existe siempre y cuando haya evidencia de que uno o más elementos de la vía de exposición están presentes, pero no están ocurriendo en el presente sin descartar que hayan ocurrido en el pasado. Se recomienda que estas vías de exposición potenciales sean analizadas separadamente y la contribución relativa a la exposición total sea estimada.

Por último las vías de exposición incompletas son todas aquellas que se consideran como improbables y el receptor puede ser considerado como libre de exposición, siempre y cuando, exista evidencia de que faltan uno o más elementos de la vía de exposición, no existen o no vayan a existir o siempre y cuando uno o más elementos de la vía de exposición no están conectados.

Para el caso del Sitio 1 de Andacollo, se evaluaron tanto las vías que presentan evidencias de estar completas como las potenciales.

Las vías completas son las que tienen relación con el contacto diario al material de relave que existe en la zona de estudio, principalmente por receptores que transitan, circulan o desarrollan actividades dentro del escenario de exposición y por lo cual entran en contacto con la matriz contaminada del Sitio 1.

En relación a las vías potenciales se decidió evaluar, principalmente las enfocadas en los receptores que se encuentran de paso por el sector de estudio debido a diversas actividades.

v. Puntos de Exposición

Un punto de exposición (a veces denominado punto de contacto) entre una persona y los contaminantes es el lugar geográfico o la situación durante la cual se establece un contacto físico directo entre el receptor y el contaminante.

Ejemplos de puntos de exposición, es la localidad donde una persona respira aire contaminado, o el lugar donde se ingirió agua contaminada, o donde se ingirió material de suelo contaminado. El punto de

exposición es el último paso de una vía de exposición, y si no hay un contacto físico entre receptor y el contaminante, entonces la exposición y riesgo no pueden existir.

Por ejemplo, poniendo rejas de protección alrededor de un sitio contaminado o mediante avisos de advertencia acerca de presencia de contaminación, o mediante el desarrollo de técnicas de confinamiento para el sector en cuestión, se evitan puntos de exposición de contaminantes.

En el caso del Sitio 1 de Andacollo, la superficie que comprende este sitio fue considerada como el sector donde se generan los principales puntos de exposición, por existir evidencia de que se generan diversas actividades en el lugar y por su proximidad a sectores residenciales y de trabajo.

vi. Matrices Ambientales Potencialmente Contaminadas

El análisis de riesgo se ve afectado por múltiples variables, siendo la más relevante la estimación de la concentración representativa de cada elemento o sustancia contaminante en la matriz ambiental, para cada punto de exposición. Esta estimación se puede desarrollar por medio de mecanismos, como la toma de muestras y posterior análisis químico en los puntos de contacto hipotéticos. Una segunda opción es estimar los niveles de contacto mediante modelos matemáticos que describen el movimiento de los contaminantes en el medio ambiente.

Para el Sitio 1 de Andacollo se empleó la información proporcionada por el muestreo y análisis ambiental desarrollado en la zona de estudio. No fueron empleados modelos matemáticos pues estos generan una gran incertidumbre en el análisis de riesgo, afectando la legitimidad de los resultados.

En este estudio se consideró como matriz contaminada los relaves depositados en el Sitio 1 de Andacollo, descartando otras matrices pues estas podrían estar influenciadas por otras fuentes de contaminación, generando una sobreestimación del riesgo.

vii. Receptores Humanos y Escenarios de Exposición

Son receptores humanos de preocupación aquellos que presentan mayor susceptibilidad, mayor exposición o que presentan alguna característica que los hacen más vulnerables a la exposición de contaminantes presentes en una zona determinada.

En el sitio 1 de Andacollo se identificaron los siguientes receptores y Escenarios de Exposición de interés:

- **Escenario 1: Personas adultas y niños que residen a un costado del sitio:** Se consideró este escenario pues al visitar la zona se constató la presencia de casas a un costado del Sitio 1, estando en contacto diario con los componentes del relave, tal como lo demuestra la figura 9 (c).
- **Escenario 2: Trabajadores adultos que se encuentran desarrollando sus tareas a 20 metros del sitio:** Se consideró este escenario pues colindante al sitio 1 existe una faena minera de recuperación de oro, la cual funciona diariamente, estando sus trabajadores expuestos a las emisiones de material del sitio 1.
- **Escenario 3: Visitantes tanto adultos y niños que visitan el sector en festividades u otras instancias:** Se considera este escenario debido a que la localidad de Andacollo es un centro de cultura religiosa frecuentado por turistas, los cuales pueden ser afectados por los contaminantes del sitio 1 debido a la proximidad de este con el templo religioso hito de la

comuna. Paralelo a ello, durante las visitas de inspección se encontraron en el tranque vestigios de botellas u otros objetos que hacen presumir el empleo de este sitio para fines recreacionales.

- **Escenario 4: Potenciales Trabajadores ante actividades de remediación del sitio:** Se considera este escenario pues al desarrollar eventuales actividades de remediación del sector, deberán trabajar operarios que estarán expuestos al relave.

viii. Desarrollo del Modelo Conceptual

La información recopilada acerca de fuentes de contaminación, mecanismos de liberación, transporte y migración ambiental, matriz ambiental contaminada, destino físico-químico del contaminante y punto de exposición con diversos receptores hipotéticos, se integran en un modelo conceptual, el cual se observa en la figura 19.

En este modelo se describen de forma esquemática las fuentes primarias y secundarias de contaminación, como también el mecanismo de liberación de cada fuente, los puntos de exposición y los receptores considerados para cada escenario.

Es de relevancia señalar que modelo no es estático, pudiendo variar de acuerdo a la cantidad y calidad de información levantada en un estudio.

La función principal de este modelo es representar en forma fidedigna las condiciones actuales que existen en el sitio de estudio.

Modelo Conceptual, Proyecto Andacollo

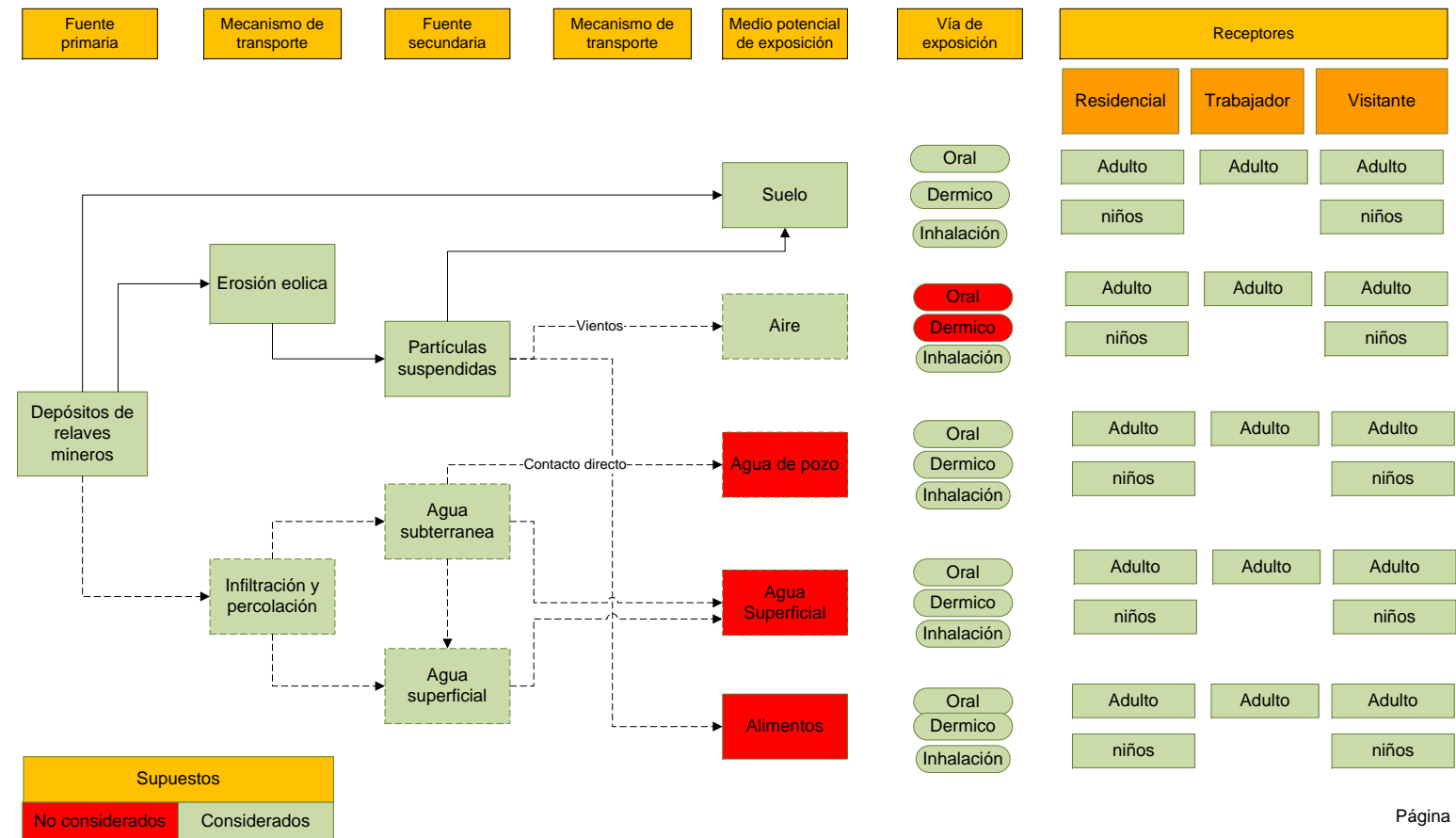


Figura 19. Modelo conceptual

3.3.4 Algoritmos Empleados para Estimar la Dosis de Exposición

Los algoritmos son empleados para estimar la dosis suministrada o administrada de cada contaminante presente en la matriz ambiental (punto de exposición) que puede ser absorbida al interior del organismo. Esta dosis comúnmente se expresa en términos de la cantidad de la sustancia (mg) en contacto con el cuerpo por unidad de masa corporal (kg) por unidad de tiempo (día). Para el cálculo de las dosis suministradas se utilizan algunas ecuaciones, siendo la general para esta estimación de esta dosis la que se presenta a continuación:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

En donde:

- **I** = Ingestión ("intake") de contaminante (dosis suministrada) (mg/kg/d)
- **C** = Concentración del contaminante en el punto de exposición (mg/L o mg/m³ o mg/kg)
- **CR** = Tasa de contacto ("contact rate") (L/día o m³/día o kg/día)
- **EF** = Frecuencia de exposición ("exposure frequency") (días/año)
- **ED** = Duración de la exposición ("exposure duration") (años)
- **BW** = Peso corporal ("body weight") (kg)
- **AT** = Tiempo promedio ("averaging time") (días)

Concentración de exposición (C): La concentración de exposición se calcula en base a los datos de muestreo ambiental.

Tasa de contacto (CR): Representa la cantidad de medio contaminado contactado por unidad de tiempo o por evento. Si se dispone de datos estadísticos de tasas de contacto se debe de seleccionar el límite superior de confianza (percentil 90 o 95) del promedio. Si no se cuenta con esta información estadística, entonces se debe seleccionar por experiencia, un valor similar al del percentil 95. Por ejemplo, la tasa de contacto para la ingesta de agua potable es de 2 L/día, valor que representa el límite superior de confianza (percentil 95) del promedio de ingesta diaria de agua en adultos en Estados Unidos.

Frecuencia (EF) y duración de la exposición (ED): La frecuencia de exposición es la periodicidad con la cual el individuo está expuesto al contaminante. La frecuencia y la duración de la exposición son las variables que se utilizan para calcular el tiempo total de exposición. Los valores que pueden ser tomados dependen del sitio, sin embargo es muy difícil que existan estadísticas sobre un sitio en particular, por lo cual se deben utilizar valores conservadores para el tiempo de exposición.

Por ejemplo; en algunos casos se pueden utilizar períodos de 30 años para el caso de residentes (valor esperado del tiempo de residencia en un lugar); y en otros casos es más conveniente usar 70 años (expectativa de vida de un poblador tipo). Las frecuencias de exposición y las duraciones de las exposiciones deben de ser consistentes con las tasas de contacto seleccionadas.

Peso corporal (BW): El peso corporal, es la masa que se considera para cada receptor que es evaluado.

Tiempo medio (AT): El tiempo medio seleccionado depende del tipo de efecto tóxico que se esté evaluando. Cuando se evalúan exposiciones a tóxicos no-cancerígenos, las dosis se calculan promediando sobre el período de exposición. Para cancerígenos, las dosis se calculan promediando la dosis total acumulada durante el período de vida. Esta diferencia se basa en la opinión científica actual de que los mecanismos de acción son diferentes. Se supone que el efecto de la exposición a un cancerígeno es

básicamente el mismo si se tiene una exposición a una alta concentración por corto tiempo a que se tenga una exposición a baja concentración por un período prolongado.

Para el presente proyecto existen ecuaciones específicas para estimar la dosis de cada vía de exposición, las cuales se calcularon para tres vías:

- Dosis de contaminante presente en suelo ingerido involuntariamente.
- Dosis de contaminante presente en suelo en contacto directo con la piel.
- Dosis de contaminante presente en partículas de polvo suspendidos en aire de respiración.

3.3.5 Selección de Factores de Exposición Humana

Los factores de exposición humana son variables que describen características biológicas y fisiológicas del receptor humano, y por lo tanto permiten determinar la cantidad de sustancias que ingresan al organismo. Por ejemplo se consideran como factores de exposición el peso corporal, volumen de aire inspirado por hora o por día, agua ingerida por día, tasa diaria de alimento ingerido, superficie dérmica de cada parte del cuerpo, absorción dérmica por día, por nombrar algunos factores.

Existe amplia información respecto a los valores máximos, mínimos, mediana y diversas circunstancias que definen los factores de exposición. La información necesaria para conducir un análisis de exposición aparecen resumidas en varios documentos internacionales, siendo los más importantes: El Manual de Factores de Exposición desarrollado por la U.S. EPA, el listado de factores desarrollados por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente, en sus Guías para la Evaluación de Riesgo Preliminar a la salud humana y por último también se pueden utilizar los factores de exposición desarrollados por la Comisión Europea y resumidas en sus Guías Técnicas para la Evaluación de Riesgo Ambiental.⁶

En la tabla 6 se presentan algunos factores de exposición considerados para el desarrollo del análisis de riesgo del presente proyecto.

Tabla 6. Factores de exposición considerados en el análisis de riesgo del Sitio 1.

Factores de exposición	Residencial		Trabajador	Visitante		Unidad
	Adulto	Niño	Adulto	Adulto	Niño	
Frecuencia de exposición	350	350	250	1-350	1-350	días/año
Factor adherencia dérmica	0,2	0,6	0,2	0,2	0,6	mg/cm ²
Peso corporal	70	5-15	70	70	5-15	kg
Duración de exposición para carcinogénicos	70	70	70	Juicio experto	Juicio experto	años
Duración de exposición para no carcinogénicos	24	6	25	1	1	años

⁶ 1 Exposure Factors Handbook, <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf>

2. Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contamsite/partie_i/table-tableau_3-eng.php

3. Technical Guidance Document on Risk Assessment

http://ecb.jrc.it/documents/TECHNICAL_GUIDANCE_DOCUMENT/EDITION_2/tgdpart2_2ed.pdf

Tasa de ingesta de suelo adultos	100	200	100	100	200	mg/día
Tasa de inhalación interior casa	20	15	20	20	15	m ³ /día
Tasa de inhalación exterior casa	20	15	20	20	15	m ³ /día
Superficie de contacto para piel considerando brazos, piernas y manos	9110	5140	9110	9110	5140	Cm ²
Tiempo de exposición para aire exterior	4	4	8	4	4	Hr/d

Fuentes: Exposure Factors Handbook, 1997, Guidance on Human Health Preliminary Quantitative Risk Assessment, 2009.

Una vez que la información necesaria se ha recopilado y ha sido verificada, se procede al cálculo de las dosis de cada una de las vías de exposición consideradas.

Para el desarrollo de este cálculo se consideraron las condiciones que representan el escenario más desfavorable, es decir muchas de las variables empleadas en esta etapa de análisis han sido sobreestimadas o se han empleado los parámetros más conservadores para que el cálculo de la dosis.

3.3.6 Evaluación de la Toxicidad

Esta etapa se conoce también con el nombre de **caracterización de dosis-respuesta**. Consiste en identificar la toxicidad de los contaminantes a los cuales la persona está o puede estar expuesta. Esta fase consiste en la identificación y selección de las fuentes de información, identificación del perfil toxicológico relevante a la situación en estudio y la identificación de los criterios de toxicidad de cada contaminante considerados.

a. Fuentes de Información

Dos fuentes principales de información toxicológica fueron consultas en este estudio, las cuales corresponden a:

- **U.S. EPA, IRIS (Integrated Risk Information System)** es una fuente de información para criterios de toxicidad, es decir, dosis de referencia, concentración de referencia, factores de potencia cancerígena y unidades de riesgo, para todos los contaminantes de los cuales existe información oficial desarrollada por la U.S. EPA. La información en IRIS se renueva regularmente y se accede en <http://www.epa.gov/iris/>.
- **University of Tennessee, RAIS (Risk Assessment Information System)** es una fuente de información de perfiles toxicológicos, criterios de toxicidad, dosis de referencia, concentración de referencia, factores de potencia cancerígena y unidades de riesgo, para todos los contaminantes de los cuales existe información oficial desarrollada a nivel internacional. La información en RAIS se renueva mensualmente y se accede en <http://rais.ornl.gov/>.

b. Perfiles toxicológicos de los CRPs

Para estimar la exposición y el riesgo, es necesario recolectar información completa acerca de la toxicidad cualitativa y cuantitativa de cada contaminante en estudio, incluyendo la identificación del periodo de exposición. El toxicólogo debe establecer la relevancia de la información de la literatura y la información obtenida del problema de contaminación. En particular, en el presente proyecto se ha estudiado los perfiles toxicológicos de los elementos considerados como CRPs, perfiles que corresponden a: Mercurio, Cobre y Molibdeno. Estos perfiles se presentan a continuación.

i. Mercurio (Hg), Número CAS 7439976 (Perfil Completo Anexo 5)

El Mercurio es un elemento natural, que existe en múltiples formas y en varios estados de oxidación. Es usado en una amplia variedad de productos y procesos industriales. En el medio ambiente, el Mercurio puede sufrir transformaciones entre sus distintas formas y entre sus estados de oxidación, también se combina con otros elementos, tales como el cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos inorgánicos de Mercurio o "sales", que son generalmente polvos o cristales blancos. El Mercurio también se combina con el carbono para formar compuestos orgánicos de Mercurio, siendo el metil-mercurio su forma principal y más común, estos compuestos orgánicos de Mercurio son producidos principalmente por organismos microscópicos presentes en el agua y en el suelo. El Mercurio metálico se utiliza para producir soda cáustica, termómetros, empastes dentales, interruptores eléctricos, baterías y en actividades mineras de pequeña escala. Las sales de Mercurio se usan en cremas para aclarar la piel y ungüentos antisépticos (RAIS, 2009).

El sistema nervioso es muy sensible a todas las formas de Mercurio. Siendo el metil mercurio y los vapores de Mercurio metálico los más dañinos. Altos niveles de Mercurio metálico, inorgánico y orgánico puede dañar permanentemente el cerebro, los riñones y el feto en desarrollo. Efectos sobre el funcionamiento del cerebro puede causar irritabilidad, timidez, temblores, cambios en la visión o la audición y problemas de memoria. La exposición a corto plazo, pero a altos niveles de vapores de Mercurio metálico puede causar daño pulmonar, náuseas, vómitos, diarrea, aumento de la presión arterial o del ritmo cardíaco, erupciones cutáneas e irritación ocular (RAIS, 2009).

No existen datos disponibles sobre la carcinogenicidad del Mercurio en los seres humanos o animales, por lo cual la U.S. EPA ha considerado el Mercurio inorgánico como D, es decir ha sido clasificable como carcinogénico humano. Otras formas de Mercurio son posibles carcinógenos humanos (RAIS, 2009).

Valores máximos permisibles en Chile.**NCh 409** 0.001 mg/L**D.S.90.** 0.001mg/L**NCh 1333** 0.001 mg/L*ii. Cobre (Cu), Número CAS 7440508*

El cobre es un metal rojizo que se encuentra distribuido ampliamente por el medio ambiente. El cobre es un elemento esencial para todos los seres vivos incluyendo a los seres humanos. El cobre es extraído ampliamente a nivel mundial y es utilizado en diversa actividades industriales, tales como la fabricación de alambre, chapas, tubos y otros elementos. También se utiliza en la agricultura para tratar algunas enfermedades de las plantas, en el tratamiento del agua, para preservar la madera, cuero y tejidos.

También, debido a su conductividad eléctrica, térmica y otras propiedades como la maleabilidad, es utilizado ampliamente en la fabricación de equipos eléctricos (RAIS, 2009).

El cobre es un oligoelemento esencial que está ampliamente distribuido en los tejidos animales y vegetales. El cobre es necesario para preservar la buena salud de las personas y puede ser absorbido a través de la inhalación, ingesta oral y contacto dérmico. Siendo estas las principales vías de exposición a la cual se ven enfrentados los receptores. Dosis elevadas por contacto dérmico genera efectos perjudiciales en la salud. En los seres humanos, la ingestión de sales de cobre puede causar problemas gastrointestinales, hepáticos y renales. Los cuales se ven acompañados de efectos tales como dolor abdominal intenso, vómitos, diarrea, hemólisis, necrosis hepática, hematuria, proteinuria, hipotensión, taquicardia, convulsiones, coma y hasta la muerte. La exposición aguda por inhalación de polvo de cobre o vapores en concentraciones de 0.075-0.12 mg Cu/m³ puede causar fiebre con síntomas tales como tos, escalofríos y dolor muscular. Contactos dérmicos de cobre pueden dar lugar a una reacción alérgica, por lo general generando una irritación de la piel o un salpullido en esta (RAIS, 2009).

No se han desarrollado bioensayos o estudios epidemiológicos con cobre para evaluar el grado de carcinogenicidad de este, por lo tanto la U.S. EPA le asignado al cobre un peso de la evidencia del grupo D, por lo cual no se puede considerar como cancerígeno para humanos (RAIS, 2009).

Valores máximos permisibles en Chile.

NCh. 409	1.0 mg/L (EL Ministerio de Salud puede aceptar un contenido mayor de estas sustancias)
D.S. 90	1 mg/L
NCh. 1333	0.20 mg/L

iii. Molibdeno (Mo), Número CAS 7439987

El molibdeno se encuentra distribuido en forma natural en diversos minerales, siendo la molibdenita la fuente más importante de molibdeno, la cual se convierte en trióxido de molibdeno para su uso en aleaciones de hierro y manganeso, productos químicos, catalizadores, cerámicas y pigmentos. El molibdeno metálico se utiliza también en componentes electrónicos, elementos de calentamiento por inducción y electrodos y el disulfuro de molibdeno se utiliza como lubricante. El molibdeno es considerado como un oligoelemento esencial, ya que actúa como un agente de transporte de electrones y un cofactor en varios procesos biológicos (RAIS, 2009).

Los compuestos solubles de molibdeno presentes en el agua son fácilmente absorbidos por los seres humanos a través del tracto digestivo, pero los compuestos insolubles, no lo son. La documentación de los datos de toxicidad del molibdeno en los seres humanos es limitada. El estado físico y químico de molibdeno, la vía de exposición, y otros factores agravantes como el cobre en la dieta y los niveles de azufre puede afectar su toxicidad. En estudios realizados en una región de Armenia, donde los niveles de molibdeno en el suelo son altos, se encontraron concentraciones elevadas de ácido úrico en la sangre y la orina de las personas, presentando síntomas en los habitantes de deformidades articulares, eritema y edema. La ingesta excesiva de molibdeno causa una deficiencia de cobre fisiológica y a la inversa, en los casos de una ingesta inadecuada de cobre (RAIS, 2009).

Los estudios de trabajadores expuestos crónicamente al molibdeno indican alta incidencia de debilidad, fatiga, dolor de cabeza, irritabilidad, falta de apetito, dolor epigástrico, pérdida de peso, dolor articular y muscular, ojos rojos, piel húmeda, temblor de las manos, sudoración y mareos. Información sobre la

carcinogenicidad por vía oral o por inhalación de compuestos de molibdeno en el ser humano no se encuentra disponible. Esta sustancia no ha sido objeto de una evaluación completa para determinar si es potencialmente carcinogénico por lo cual ha sido considerado como no carcinogénico (RAIS, 2009).

Valores máximos permisibles en Chile.

NCh 409	---
D.S.90.	1 mg/L
NCh 1333	0.010 mg/L

c. Criterios de Toxicidad

Los criterios de toxicidad de cada contaminante deben corresponder con la ruta de exposición considerada, la duración de la exposición (crónico o subcrónico) y la biodisponibilidad del contaminante en la matriz en estudio. Estos valores de toxicidad se pueden encontrar tanto en la base de datos de IRIS, RAIS y otras.

Para los contaminantes no cancerígenos existe un umbral dosis-respuesta de la concentración del elemento, vale decir, un umbral de dosis en donde no se observan efectos adversos en la salud, por cuanto se puede definir un valor de referencia de toxicidad para ellos a diferencia de los contaminantes carcinogénicos en donde no existe un umbral de toxicidad.

Estos valores de toxicidad crónica no cancerígena se definen a continuación:

- **La Dosis de Referencia (DRf):** Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las sub-poblaciones sensibles. Estas dosis se desarrollan en base a evidencia científica y aplicando factores de seguridad para poder reducir las incertidumbres.
- **Dosis de Referencia oral (DRf_o):** Es una estimación de la exposición diaria oral en la población humana, incluyendo subgrupos susceptibles, que es probable estén libres de riesgos apreciables de efectos dañinos durante toda la vida, sus unidades son [mg/kg·día]
- **Dosis de Referencia dérmica (DRf_d):** Se usa la oral corregida.
- **Concentración de Referencia (CRfi):** Es una estimación de la exposición por inhalación continua en la población humana, incluyendo subgrupos susceptibles, que es probable que estén libres de riesgos apreciables de efectos dañinos crónicos de salud durante toda la vida. Las unidades son [mg/m³].

En el caso de los contaminantes cancerígenos, no existe un umbral de dosis-respuesta ya que no se puede definir a qué dosis comienzan a producirse efectos propios del cáncer como las neoplasias o tumores. En este caso cualquier concentración puede inducir el desarrollo de cáncer, por tanto no existen valores de referencia de toxicidad, los valores de toxicidad cancerígena se definen a continuación.

- **Factor de Potencia (ó Pendiente) Cancerígena Oral (FPCO).** Pendiente del 95% límite de Confidencia superior de la regresión lineal de la respuesta cancerígena (ΔR) a dosis bajas (ΔD). Las unidades son [mg/kg·día].

- Factor de Potencia Cancerígena Dérmica (FPCD). Se usa la oral corregida por absorción dérmica.
- Factor de Unidad de Riesgo (FURI). Riesgo asociado con exposición por la vía respiratoria a una unidad de masa de contaminante cancerígeno por unidad de volumen. Unidades en [mg/m³].

Las dosis de referencia empleadas para el análisis de riesgo del Sitio 1 se presentan en la Tabla 7, correspondiendo estas dosis para cada uno de los contaminantes considerados como CRPs.

Tabla 7. Dosis de referencias consideradas para cada contaminante

CRPs	Dosis de referencias para cada vía
Mercurio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La Dosis Crónica Oral de referencia es 3.00E-04 (mg/kg-día). ▪ La Dosis Dérmica de referencia es 2.10E-05 (mg/kg-día). ▪ La Concentración de Inhalación de referencia es 3.00E-04 (mg/m³)
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La Dosis Crónica Oral de referencia es 4.00E-02 (mg / kg-día). ▪ La Dosis Crónica Dérmica de referencia es 1.20E-02 (mg / kg-día). ▪ La Concentración de Inhalación de referencia es 1.00E-01 (mg/m³)
Molibdeno	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La Dosis Crónica oral de referencia es 5.00E-03 (mg / kg-día). ▪ La Dosis de Referencia dérmica es 1.90E-03 (mg / kg-día).

3.3.7 Caracterización de Riesgos a la Población

La caracterización del riesgo resume y combina los resultados obtenidos en la evaluación de exposición y toxicidad, ambos en expresiones cualitativas y cuantitativas. Se debe recordar que la información de toxicidad se compara contra los niveles de exposición en forma separada para sustancias o elementos cancerígenos y no cancerígenos.

Esta caracterización de riesgo además puede desarrollarse en distintos niveles, en función de la información disponible de las etapas anteriores y en base al nivel de detalle que se busca. El primer nivel es una evaluación inicial o también conocida como "screening" la cuál sólo permite obtener una aproximación de los estimados de exposición y riesgo. Para este nivel se seleccionan sólo algunos contaminantes representativos y se usan valores supuestos y genéricos.

Otro nivel de análisis es la evaluación detallada, en donde el nivel de complejidad del análisis aumenta significativamente y la información que se usa es más específica a la situación en estudio. En este caso se usa un mayor número de contaminantes, las vías de exposición son más específicos al problema, y se utiliza un enfoque matemático determinístico para la caracterización de los niveles de contaminación presentes en el sector.

En el tercer nivel de complejidad, el más complejo, es un análisis probabilístico donde se analiza la incertidumbre asociada a la variabilidad natural de los factores de exposición humana o la incertidumbre real asociada con el modelo matemático u otra información considerada como limitada.

Considerando los tres niveles mencionados, el presente estudio de evaluación de riesgos optó por un nivel detallado. Los procedimientos para evaluar los riesgos asociados con contaminantes crónicos no cancerígenos resulta en el cálculo del índice de peligro, para los contaminantes cancerígenos se realiza el cálculo de Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV). A continuación se explica el cálculo de índice de peligro y RECV para contaminantes no cancerígenos y cancerígenos respectivamente.

a. Estimación del Índice de Peligro

El primer paso es estimar la Dosis Diaria Promedio Anual (DDPA) a la cual se ve expuesto el receptor, la cual luego se divide por la Dosis de Referencia Oral (DRf), o la Concentración de Referencia (CRF) para dosis por la ruta de inhalación. Esto se realiza para determinar si las dosis de referencia es excedida por la dosis ingerida del contaminante, siendo el resultado de esta determinación el Cuociente de Peligro (CP) para el contaminante en particular y para la vía de exposición respectiva.

- Cuociente de Peligro (CP) = $DDPA / DRf$ (para las rutas oral y dérmica)
- Cuociente de Peligro (CP) = $DDPA / CRf$ (para la ruta de inhalación)

Luego los CP de los diferentes contaminantes se suman dentro de cada vía de exposición, para generar el Índice de Peligro de la Vía de Exposición:

$$\text{Índice de Peligro}_{\text{VÍA DE EXPOSICIÓN X}} = \text{CPCONT A} + \text{CPCONT B} + \text{CPCONT C} + \text{etc.}$$

Por otra parte los CP de las diferentes vías de exposición se suman dentro de cada contaminante, para generar un Índice de Peligro para cada Contaminante:

$$\text{Índice de Peligro}_{\text{CONTAMINANTE X}} = \text{CPVIA 1} + \text{CPVIA 2} + \text{CPVIA 3} + \text{etc.}$$

Finalmente el Índice de Peligro Total (IPT) para el Sitio en estudio se obtiene sumando todos los CP para todos los contaminantes y vías de exposición, como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Esquema para el cálculo de Índices de Peligro.

	Vía de exposición 1	Vía de exposición 2	Vía de exposición 3	Subtotales
Contaminante a	CP a1			IP = $\sum CP_{ca}$
Contaminante b	CP b1			IP = $\sum CP_{cb}$
Contaminante c	CP c1			IP = $\sum CP_{cc}$
Subtotales	IP = $\sum CP_{v1}$	IP = $\sum CP_{v2}$	IP = $\sum CP_{v3}$	IPT = $\sum \sum (CP)_{cv}$

La interpretación de los IPT, se interpreta como la aditiva de efectos crónicos no cancerígenos en la salud de todos los receptores humanos, incluyendo individuos hipersusceptibles expuestos por un tiempo largo (un año o más), a una concentración promedio de contaminantes específicos de un sitio, según lo definido en el escenario de exposición.

Un IPT es la suma de los CPs para todos los contaminantes que afectan a todos los órganos o sistemas blancos a los cuales el receptor está expuesto. Idealmente, los CPs, deben ser combinados para contaminantes que causan efectos adversos por el mismo mecanismo, pero se prefiere la suma de CPs para los contaminantes que afectan el mismo órgano o sistema blanco.

Exposiciones acumuladas que resulten en un $IP > 1$ sugiere la posibilidad de que se generen efectos adversos (no cancerígenos), pero no necesariamente significa que los efectos adversos ocurran. En cambio un $IP \leq 1$ o menos significa que no se espera que ocurran efectos adversos (no cancerígenos) en la salud como resultado de la exposición. El IP no se puede traducir como probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso, pero si se puede determinar la existencia de potenciales riesgo para los receptores considerados.

b. Estimación del Riesgo Extra de Cáncer de por Vida

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida se estima usando la Dosis Diaria Promedio de por Vida (DDPV) estimada para cada contaminante cancerígeno y por cada vía de exposición definida, se multiplicada por el respectivo criterio de toxicidad: Para sustancias cancerígenas por la vía oral o dérmica se usa el Factor de Potencia Cancerígena (FPC) o también denominado Factor de Pendiente.

Por lo tanto:

Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV) = DDPV x FPC

Los riesgos de cáncer se estiman para cada contaminante, los cuales luego se suman para obtener la contribución total del contaminante a través de las vías de exposición. Por otra parte, los riesgos de cáncer también se estiman para cada vía de exposición a través de todos los contaminantes. Las siguientes expresiones resumen el proceso:

- $RECV_{VIA\ DE\ EXPOSICIÓN} = \Sigma$ (todos los RECV para cada vía de exposición)
- $RECV_{CONTAMINANTE} = \Sigma$ (todos los RECV para cada contaminante)

Finalmente la suma de todos los RECV para todos los contaminantes y vías de exposición resulta en el Riesgo Extra Total de Cáncer de por Vida (RETCV) para el problema de contaminación en estudio. Los procedimientos de este análisis se resumen en la tabla 9.

Tabla 9. Esquema para el cálculo de Índices de Peligro

	Vía de exposición 1	Vía de exposición 2	Vía de exposición 3	Subtotales
Contaminante a	RECV a,1			$\Sigma = \text{RECV ca}$
Contaminante b	RECV b,1			$\Sigma = \text{RECV ca}$
Contaminante c	RECV c,1			$\Sigma = \text{RECV ca}$
Subtotales	$\Sigma = \text{RECV v1}$	$\Sigma = \text{RECV v2}$	$\Sigma = \text{RECV v3}$	$\text{RETCV}_{c+v} = \Sigma(\text{RECV})_{cv}$

Este RETCV describe la magnitud de los riesgos cancerígenos en las personas asociadas con el problema de contaminación en estudio.

El significado e interpretación del riesgo de cáncer es diferente al del Índice de Peligro y obedece a los conceptos descritos a continuación.

La interpretación de estos resultados se presenta a continuación.

i. Riesgo basal (o background) de cáncer

Es aquel que se atribuye a una serie de causas acumulativas indeterminadas (radiación, genéticas, ambientales, etc.). Por ejemplo, en la población de los EE.UU. se estima que aproximadamente una de cada cuatro personas contrae algún tipo de cáncer en su vida, incluyendo que sea cáncer tratable, reversible o letal. Es decir, Riesgo normal de cáncer ≈ 1 de cada 4 personas $\approx 0.25\%$. Niveles acumulativos de riesgo background de cáncer en Chile no están disponibles, sin embargo se estima que el valor está alrededor del observado en los EE.UU.

ii. Riesgo extra de cáncer de por vida (RECV)

El Riesgo Extra de Cáncer de por Vida (RECV) es el límite superior de la probabilidad de que una persona contraiga cáncer (ya sea tratable o letal) durante su vida entera, entre todas las personas expuestas de por vida a una concentración promedio del contaminante y por encima de la probabilidad basal normal de contraer cáncer.

El riesgo extra se atribuye a una causa específica. Se denomina riesgo "extra" de cáncer porque es un riesgo asociado al problema de contaminación y por lo tanto es "extra" o "adicional" al riesgo normal basal de cáncer que tiene cada persona determinada o específica. Debido a las precauciones incluidas en el proceso de estimación, el riesgo verdadero de cáncer puede ser inferior al calculado, pero no hay evidencia científica para esperar que sea mayor.

Para los propósitos de reglamentación ambiental y su cumplimiento, como también para consideraciones políticas generales, un RECV de uno en un millón ($1:1.000.000 = 1E-6 = 1 \times 10^{-6}$) o menos es en general

considerado estar por debajo de un nivel de riesgo significativo ("de *minimis*") y un nivel de RECV de uno en diez mil ($1:10.000 = 1E-04 = 1 \times 10^{-4}$) o más es en general considerado un riesgo inaceptable. El rango de riesgo entre $1E-06$ y $1E-04$ ha sido definido como el "rango de toma de decisiones de riesgo" para remediaciones de sitios con desechos peligrosos de acuerdo al U.S.A. National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan, 40 CFR 300.430.

iii. Riesgo de minimis

Un riesgo de *minimis* es aquel que se juzga como demasiado pequeño para ser de preocupación social, por lo cual no se puede justificar el uso de recursos, para la gestión de riesgo y su control. El nivel de riesgo *de minimis* frecuentemente es usado por las agencias de gobierno en los EE.UU. (EPA, FDA) y es de 1 en 1.000.000 o "1 en un millón" aumento de riesgo de un efecto adverso que ocurra durante un período de por vida de 70 años en una población extensa. Este riesgo de cáncer es considerado sin significado biológico o sin significado estadístico.

El nivel de riesgo de 1 en un millón que es usado para reglamentar un gran número de riesgos, es muy inferior a los riesgos que el público en general enfrenta cada día. El riesgo *de minimis* está basado en el principio *De minimis non curat lex* – la ley no se preocupa de problemas sin importancia. Por lo cual se ignoran los peligros demasiado pequeños, ya que no todos los riesgos se pueden eliminar.

3.3.8 Resultados de los Índice del Peligros y Riesgo de Cáncer

Los resultados de la caracterización de riesgos del Sitio 1 se presentan para cada escenario y receptor considerado. Debido a que solo se consideraron contaminantes no-cancerígenos en la caracterización de riesgos, solo se considera en este punto describir los IPT calculados, los cuales serán descritos en forma individual para cada uno de los escenarios y vías de exposición consideradas, determinando la contribución de cada uno de los metales en el punto de exposición.

Escenario	Efectos Crónicos
<p>Escenario 1: Personas adultas y niños que residen a un costado del sitio</p>	<p>El Índice de Peligro Total estimado para este escenario es de IPT = 18,7 valor que excede el valor de referencia $IP=1$, por lo cual puede considerarse como inaceptable para los residentes del sector, aunque se debe recordar que el análisis se desarrolló en base a supuestos conservadores. Si bien este sobrepasa el valor de referencia, su magnitud no representa un riesgo elevado para la población, pues se encuentra en el rango donde los riesgos se consideran como moderados.</p> <p>En relación a las contribuciones para generar este valor, la inhalación de partículas de suelos en el aire del sector generaría una contribución del 82,2%, seguido por la ingesta involuntaria de suelos con un aporte del 11,7% y por último la exposición dérmica con el restante 6,03 %. Siendo las concentraciones de Cobre presentes en el Sitio 1 las que más contribuirían para poder obtener el IPT, seguido por el Mercurio y por último el Molibdeno.</p> <p>En conclusión, los resultados indican que existen riesgos potenciales para los residentes del sector, específicamente para los que viven a un costado del Sitio 1, pero estos riesgos</p>

	<p>son moderados y son generados principalmente por las altas concentraciones de Cobre presentes en el lugar de análisis. En relación al Mercurio se puede señalar que los riesgos son despreciables para los residentes que viven en el sector, ya que las concentraciones evidenciadas en los materiales son muy bajas.</p>
<p>Escenario 2: Trabajadores adultos que se encuentran desarrollando sus tareas a 20 metros del sitio</p>	<p>El Índice de Peligro Total estimado para este escenario fue IPT = 16,48 valor que excede el valor de referencia IP=1 por lo cual puede considerarse como inaceptable para los trabajadores que viven en el sector, aunque se debe recordar que el análisis se desarrolló en base a supuestos conservadores. Si bien este valor 16,48 sobrepasa el valor de referencia, su magnitud en este caso representa un riesgo moderado para los trabajadores que desarrollan actividades cercanas al sector, pues su valor se encuentra en el rango donde los riesgos se consideran como moderados.</p> <p>En relación a las contribuciones para generar este valor, la inhalación de partículas de suelos en el aire del sector, generarían una contribución del 98,67 %, seguido por la ingesta involuntaria de suelos con un aporte del 1,87% y por último la exposición dérmica con el restante 1,20 %. Al igual que en el caso anterior las concentraciones de Cobre presentes en el Sitio 1, serían las que más contribuirían para poder obtener el IPT, seguido por el Mercurio y por último el Molibdeno.</p> <p>En conclusión, los resultados indican que sí existen riesgos potenciales para los trabajadores del sector, específicamente para los que desarrollan actividades a un costado del Sitio 1, pero estos riesgos son generados principalmente por las altas concentraciones de Cobre presentes en el lugar de análisis. En relación al mercurio se puede concluir que los riesgos son despreciables para los trabajadores que viven en el sector ya que las concentraciones evidenciadas en los materiales son muy bajas.</p>
<p>Escenario 3: Visitantes tanto adultos y niños que visitan el sector en festividades u otras instancias</p>	<p>El Índice de Peligro Total estimado para este escenario fue IPT = 0,05 valor que no excede el valor de referencia IP=1 por lo cual puede considerarse como despreciable para los visitantes que frecuentan el sector, estos resultados son bajos, considerando que el análisis se desarrolló en base a supuestos restrictivos y considerando que los visitantes estarían 10 días en su área de influencia directa y que estas visitas la realizarían una vez en la vida.</p> <p>En relación a las contribuciones para generar este valor, la inhalación de partículas de suelos en el aire del sector generarían una contribución del 38,5 %, el contacto dérmico sería de 45,16% y por último la ingesta involuntaria de suelos aportaría el 16,35%. Al igual que en el caso anterior las concentraciones de Cobre presentes en el Sitio 1, serían las que más contribuirían para poder obtener el IPT, seguido por el Mercurio y por último el Molibdeno.</p> <p>En conclusión, los resultados indican que no existen riesgos potenciales para los visitantes del sector que pasen aproximadamente 10 días en la zona de estudio, de aumentar el tiempo de visita y la periodicidad de estas, se debería evaluar para cada caso. En relación a las concentraciones de Mercurio estas no generan riesgos potenciales para los visitantes de la zona.</p>

<p>Escenario 4: Potenciales Trabajadores ante actividades de remediación del sitio</p>	<p>El Índice de Peligro Total estimado para este escenario fue IPT = 0,12 valor que no excede el valor de referencia IP=1 por lo cual puede considerarse como despreciable para los trabajadores que podrían desarrollar tareas en el sector, considerando que el análisis se desarrolló en base a supuestos restrictivos y que los trabajadores no utilizarían elementos de protección personal, como puede ser el caso de mascarillas, guantes, overoles y otros.</p> <p>En relación a las contribuciones para generar este valor, la inhalación de partículas de suelos en el aire del sector generaría una contribución del 75,15 %, seguido por la ingesta involuntaria de suelos con un aporte del 14,95% y por último la exposición dérmica con el restante 9,91 %. Al igual que en el caso anterior las concentraciones de cobre presentes en el Sitio 1, serian las que más contribuirían para poder obtener el IPT, seguido por el Mercurio y por último el Molibdeno.</p> <p>En conclusión, los resultados indican que no existirían riesgos potenciales para los trabajadores que podrían ejecutar actividades en el sector, siempre y cuando las actividades en dicho lugar no superen los 30 días para los cuales se desarrolló el análisis. De aumentar el periodo de trabajo se debería evaluar nuevamente los riesgo para estos trabajadores. También si se emplearan elementos de protección personal los peligros para los trabajadores se reducirían y tenderían el riesgo a cero. En relación al Mercurio se puede concluir que los riesgos son despreciables para los trabajadores que trabajaran en el sector ya que las concentraciones evidenciadas en los materiales son muy bajas.</p>
---	---

3.3.9 Análisis de Incertidumbre de la Evaluación de Riesgo

Esta actividad corresponde a un análisis cualitativo de las potenciales incertidumbres asociadas a la evaluación de riesgo del sitio 1. La falta de un conocimiento completo y detallado de las consideraciones reales del sector se "compensan" al introducir un nivel conservador en ciertas etapas del análisis de riesgo.

Así por ejemplo, la posibilidad de haber cometido errores técnicos durante el muestreo y análisis químico de las muestras ambientales se compensa con estimaciones estadísticas de lo que pueden ser las concentraciones representativas de cada contaminante en cada matriz ambiental o en este caso utilizar el peor de los casos, es decir utilizar la mayores concentraciones evidenciadas en el sector de estudio. Las incertidumbres asociadas al análisis y las medidas compensatorias que se utilizaron en el presente estudio se presentan en las tablas 10 a 13.

Tabla 10. Análisis de incertidumbres de la evaluación de riesgo.

Caracterización del Sitio 1		
Sub- Etapa	Incertidumbre asociada	Medidas compensatorias
Selección del sitio de estudio.	Representatividad del sector	<ul style="list-style-type: none"> Se realizaron entrevistas y consultas para determinar el origen de los residuos dispuestos en el sector. Se revisaron estudios consolidados para determinar su representatividad.
Toma de muestras	Representatividad de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de estrategia de muestreo según hipótesis sobre la distribución de los contaminantes Seguimiento de protocolos de muestreo internacionales. Toma de muestra blanco o background. Muestras compuestas orientado a obtener un promedio de la concentración de las sustancias de interés.
	Calidad de la muestra para el análisis	<ul style="list-style-type: none"> Se cumplieron con cadenas de custodia de las muestras. Se utilizaron medidas de seguridad para evitar contaminación y/o perturbación de las muestras.
Análisis de Laboratorio	Calidad de los datos analíticos	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de procedimientos analíticos normados y reconocidos nacional o internacionalmente. Implementación de procedimientos de seguimiento y control de las muestras ingresadas al laboratorio mediante formularios de cadenas de custodia. Capacidad logística e instrumental que asegure la entrega de resultados confiables. Se realizaron análisis de contra-muestras, las cuales fueron enviadas a un laboratorio internacional.

Tabla 11. Análisis de incertidumbres de la Evaluación de riesgo.

Evaluación de la exposición		
Sub- Etapa	Incertidumbre asociada	Medidas compensatorias
Cálculo de la Dosis de exposición	Incertidumbre asociada a la variabilidad de los datos analíticos.	<ul style="list-style-type: none"> Como compensación de la incertidumbre, se utilizó el valor máximo de concentración del contaminante presente en el sitio.
Cálculo de la Dosis de exposición	El uso de valores supuestos para algunos parámetros cuando no se cuenta con datos estadísticos nacionales.	<ul style="list-style-type: none"> Debido a inexistencia de valores de Frecuencia, duración de la exposición, factores de adsorción, peso corporal y otros nacionales. Se utilizaron valores conservadores y utilizados por la EPA y el consejo de medio Ambiente Canadiense.

Tabla 12. Análisis de incertidumbres de la Evaluación de riesgo.

Evaluación de la Toxicidad		
Sub- Etapa	Incertidumbre asociada	Medidas compensatorias
Obtención de la Dosis de Referencia de toxicidad (RfD) para cada sustancia o elemento de riesgo potencial.	Existe incertidumbre asociada al uso de RfD	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizaron las dosis de referencias, que se encuentran actualizadas en la base de datos de IRIS y RAIS.

Tabla 13. Análisis de incertidumbres de la Evaluación de riesgo.

Caracterización de riesgos		
Sub- Etapa	Incertidumbre asociada	Medidas compensatorias
Cálculos del índice de Peligro para sustancias o elementos no cancerígenos	El uso de todas las vías de exposición posibles para un receptor durante la caracterización del riesgo (ingesta, inhalación y contacto dérmico), puede llevar asociado una incertidumbre en cuanto a sobreestimar el riesgo real.	<ul style="list-style-type: none"> Para minimizar la incertidumbre en el cálculo se considera como significativas sólo las rutas completas de exposición que produzcan exposiciones efectivas, es decir, que el tóxico además de llegar a hacer contacto con un receptor encuentra la forma de ingresar al interior del organismo.

3.3.10 Discusiones Generales de la Evaluación de Riesgo

a. Caracterización del sitio

iv. Matrices Ambientales

En relación a la caracterización del sitio, se descartaron las matrices ambientales aire y agua subterránea debido a la existencia de múltiples fuentes potenciales de contaminación que afectan al agua subterránea y al aire de la zona. Dado a que existen fuentes múltiples, sumadas y acumuladas en el tiempo, analizar por ejemplo las concentraciones de elementos contaminantes en las aguas subterráneas habría sobrestimado la contribución real que se deriva del Sitio 1, al igual que el riesgo que este sector genera para las personas que viven en su área de influencia.

Se recomienda considerar estas matrices ambientales en un análisis de riesgo detallado en la localidad de Andacollo. Este análisis debiese identificar y caracterizar el conjunto de fuentes antropogénicas y naturales, determinando la contribución proporcional de cada fuente y su efecto acumulado en el tiempo.

v. *Concentraciones de metales*

En relación a las concentraciones de metales presentes en el Sitio 1, se observa una alta heterogeneidad de materiales dispuestos en este sector. El análisis geoquímico de estos materiales superficiales evidencia altas concentraciones de Cobre, Molibdeno, Hierro y Aluminio.

vi. *Concentraciones de Mercurio.*

Las bajas concentraciones superficiales de Mercurio evidenciadas en el análisis geoquímico del Sitio 1, se pueden deberse a los siguientes factores:

- Los materiales muestreados en el Sitio 1 provienen de la minería de recuperación de Cobre.
- Procesos físico-químicos a los cuales se ha visto afectado el Mercurio en el depósito.
- Tiempo de los materiales dispuestos.

Bajo el supuesto que el depósito contenía o contiene mercurio a modo de discusión, se presume que este metal ha sido objeto de múltiples procesos físico-químicos los cuales pueden haber modificado las concentraciones de este elemento en el Sitio 1.

Los procesos físicos por los cuales se puede llegar a explicar las bajas concentraciones de Mercurio son: la evaporación, transporte al interior del depósito y escurrimiento superficial.

Debido a sus características físico-químicas, el Mercurio es el único metal que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente, y dado a su alta presión de vapor puede volatilizarse con facilidad. Otra de las características particulares, es que el Mercurio frecuentemente se encuentra en forma elemental, como un gas noble. Este metal presenta una alta densidad (13,59 gr/ml) (Greewood, 2008)

El Sitio 1 presenta un conjunto de materiales con granulometría diferente, las cuales en forma primaria pueden formar zonas de permeabilidad variable. Pueden existir además porosidades secundarias (Canales estructurales, grietas, zonas de disolución) que aumentan la permeabilidad y permitan el ingreso de líquidos, los cuales luego cementen poros existentes, disminuyendo de esta manera la permeabilidad en algunas zonas.

Dada la alta densidad del Mercurio en estado líquido, la permeabilidad variable y el potencial transporte de lixiviados al interior del depósito, existe la posibilidad de que este metal se acumule sobre zonas impermeables, o que migre a zonas vadosas y/o aguas subterráneas, fenómenos que pueden observarse en la figura 20.

Otro de los mecanismos por el cual el mercurio se puede movilizar desde el Sitio 1, corresponde a la migración a través de la escorrentía superficial (considerando los resultados analíticos obtenidos del test SPLP, se concluye una baja probabilidad de ocurrencia)

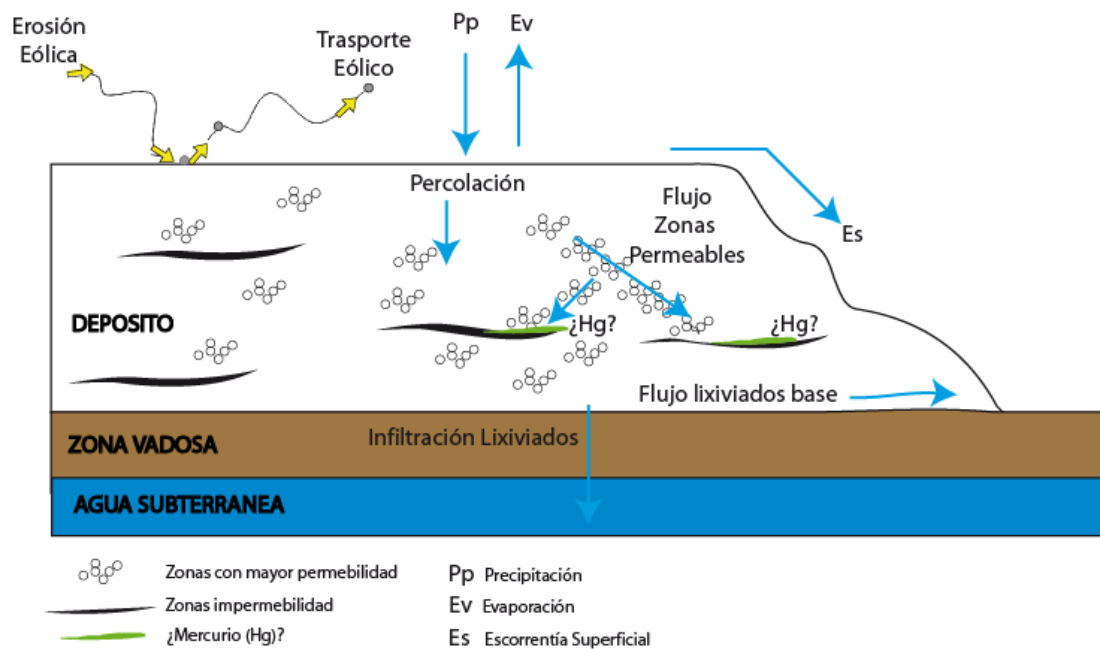


Figura 20. Procesos a los cuales se ha podido ver expuesto el Mercurio

b. Caracterización de la Exposición

vii. *Uso de algoritmos y factores de exposición*

El uso de las ecuaciones y factores de exposición considerados en el estudio fueron empleadas para evaluar el peor de los casos potenciales a los cuales se puede ver expuesto un receptor. Esto con la finalidad de determinar la máxima concentración de contaminantes que pueden ser absorbidos por los receptores considerados.

c. Caracterización de riesgo

viii. *Desarrollo de los IPT*

De la caracterización de riesgo, se puede determinar que el Cobre y el Molibdeno son los contaminantes que más contribuyen a los IPT determinados para el sitio, debido a las altas concentraciones de estos metales en las muestras analizadas.

3.3.11 Conclusiones relativas a los Escenarios de exposición

De los resultados obtenidos en el análisis de riesgo para el Sitio 1, se puede concluir que la principal vía de exposición a los contaminantes presentes en el sector corresponde a la inhalación de partículas proveniente del tranque de relave en el aire con una contribución total del 90% de los IP desarrollados para el sector. La segunda vía de importancia corresponde a la ingesta accidental de suelos con una contribución del 6,37% y por último al contacto dérmico con un aporte del 3,57%.

En relación a los escenarios exposición, los residentes que viven a un costado del Sitio 1, podrían presentar los mayores riesgos asociados al Sitio 1, seguido por los trabajadores que desempeñan funciones a un costado del sector. En relación al escenario de los visitantes y trabajadores ocasionales, que visitan o trabajarían en futuras obras de mitigación del Sitio 1, se puede argumentar que este escenario no representaría riesgos para estos receptores.

En relación a las concentraciones de los contaminantes, se puede concluir que el elemento que estaría presentando la mayor contribución a los riesgos es el Cobre. En relación al Molibdeno y Mercurio, las bajas concentraciones de estos contaminantes en el Sitio 1, no presentarían riesgos para los receptores evaluados.

3.3.12 Conclusiones Generales de la Evaluación de Riesgo

a. Caracterización del sitio

La comuna de Andacollo se encuentra afectada por la acción de múltiples fuentes potenciales de contaminación ya sean naturales o antrópicas, las cuales se asocian principalmente a las actividades mineras históricas y actuales que existen en el sector, como también a las características basales de la zona.

El desarrollo del estudio permitió identificar durante la inspección del Sitio 1 y sus alrededores la existencia de otras problemáticas ambientales en el sector, como lo son la contaminación de aguas subterráneas y del aire. Se recomienda analizadas estas problemáticas a través de estudios que consideren una mayor superficie de análisis (no solo un sitio específico) y que permitan determinar la problemática desde un punto de vista integral.

A través de la caracterización superficial del Sitio 1 para el desarrollo de la Evaluación de riesgo, se observa que este no presenta concentraciones elevadas de mercurio. Pese a lo anterior, no se descarta la probabilidad de presencia de este elemento a diferentes profundidades del tranque.

En relación al material dispuesto en el Sitio 1, se evidencia una alta heterogeneidad; debido principalmente a que este proviene de diversas faenas mineras, las cuales debido a los metales detectados, se pueden asociar principalmente a procesos de recuperación de cobre, no descartándose la presencia de relaves de faenas auríferas.

A través de las inspecciones de sitio se pudo evidenciar la presencia de niños, en las inmediaciones y en el propio Sitio 1, desarrollando actividades recreacionales. Este comportamiento se pudo observar también en otros PAMs presentes en la comuna de Andacollo, pues la mayoría de ellos no cuentan con las medidas de resguardo correspondientes para restringir el ingreso.

b. Análisis de Riesgo

Del análisis de riesgo se puede determinar que la principal vía de exposición a la cual se ven expuestas las personas cercanas al sitio corresponde a la inhalación de partículas.

De la caracterización de riesgo, se puede concluir que, debido a las bajas concentraciones de mercurio presentes en el Sitio 1 no se encuentran generando riesgos potenciales para todos los escenarios y vías evaluadas. Esta conclusión es solo representativa del sitio en estudio, por lo que no se puede asumir que otros sitios presentes en Andacollo, posean las mismas condiciones.

Aunque las concentraciones de Mercurio presentes en el Sitio 1 no representan un riesgo potencial para los receptores de la zona, las altas concentraciones de Cobre presentes en los materiales constituyentes del sector, podrían generar riesgos potenciales para los residentes y trabajadores que viven y ejecutan trabajos en las inmediaciones del Sitio.

Con el propósito de eliminar los riesgos potenciales para los receptores considerados tanto en el corto como en el largo plazo, las medidas de remediación que se propongan para este sitio, deben buscar eliminar las potenciales rutas de exposición, como también evitar la dispersión de los contaminantes a otras zonas.

3.4 Actividad 4: Evaluación de Opciones de Remediación

El depósito de relaves Sitio 1 de Andacollo corresponde a un depósito de relaves del tipo torta. Este tipo de depósito, a diferencia de los tranques y embalses de relaves, no cuentan con un muro de contención que delimite la cubeta y permita contener los relaves (aumentando la estabilidad física del depósito), los tranques o embalses poseen un sistema de drenaje para evacuar las aguas y canales de desvío para captar y desviar las escorrentías superficiales, impidiendo su ingreso a la cubeta del depósito. En cambio, la torta del Sitio 1 no posee obras de este tipo.

El Sitio 1 posee una superficie aproximada de 4500 m² y una altura máxima de 20 metros, acumulando un volumen tentativo de 71.000m³ de relaves. La inclinación media de los taludes es de aproximadamente 60%. Es de relevancia señalar que los taludes oeste, norte y sur presentan la mayor altura e inclinación, mientras que el talud este posee una altura de unos pocos metros, colindando con un camino de tierra. Se observan en los taludes oeste y sur depósitos y estructuras asociadas a remoción en masa.

Los riesgos identificados para el Sitio 1 se listan a continuación:

- Movilización de relaves y material particulado por acción del viento, que podría afectar por inhalación a personas y el medio ambiente. En el caso de este estudio solamente se evaluó el riesgo para la salud de las personas.
- Caída de personas a desnivel⁷.
- Infiltración de lixiviados que podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos y el suelo, afectando a personas y/o el medio ambiente⁸.
- Desarrollo de actividades en la superficie del sitio, que podrían afectar a las personas y fauna por inhalación, ingestión accidental o contacto dérmico. En el caso de este estudio solamente se evaluó el riesgo para la salud de las personas.
- Fallas en el talud del depósito de relaves, el cual podría afectar a personas y/o infraestructura aledaña⁹.

A continuación, y en la 0, se describen en detalle cada uno de estos riesgos identificados.

- **Movilización de relaves y material particulado por acción de viento:** El Sitio 1 es una potencial fuente de emisión de material particulado. Esta emisión depende, por ejemplo, de la granulometría de los residuos, de las características de los vientos y del nivel de humedad del material en superficie. Tanto la fracción fina del material transportado como las sustancias contaminantes potencialmente presentes en él, podrían representar un riesgo para las personas y el medio ambiente.
- **Caída de personas a desnivel:** Dado el libre acceso al Sitio 1, su cercanía con poblados y la altura máxima de aproximadamente 20 metros, se debe considerar un potencial peligro por la caída de personas desde la cubeta del depósito hacia el pie del mismo.

⁷ Riesgo no evaluado en el marco del presente estudio

⁸ Riesgo no evaluado en el marco del presente estudio

⁹ Riesgo no evaluado en el marco del presente estudio

- **Infiltración de lixiviados:** Las precipitaciones pueden infiltrarse dentro del depósito, percolar y generar flujos a través de zonas con mayor permeabilidad, lixiviando elementos químicos presente en los materiales. Estos lixiviados pueden generar flujos en la base del depósito y también infiltrarse dentro de la zona vadosa hasta llegar a las aguas subterráneas. Estos mecanismos de transporte dependen de las características físico-químicas del material, de la intensidad y volumen de las precipitaciones, de la capacidad de almacenamiento del depósito, del tiempo de meteorización química, entre otros.
- **Desarrollo de actividades en la superficie de relaves:** Dado el libre acceso y la cercanía con poblados se debe considerar la posibilidad que el depósito es utilizado por personas para el desarrollo de diversas actividades (recreativas, deportivas u otras), creando de esta manera una exposición directa de las personas con los relaves.
- **Falla del talud de relaves:** Los depósitos de relaves del tipo tortas que poseen taludes pronunciados e inestables son más propensos a que en ellos se generen fallas en el talud. Estas fallas pueden estar gatilladas por eventos sísmicos, de precipitación, influencia antrópica o la continua acción de la fuerza de gravedad.

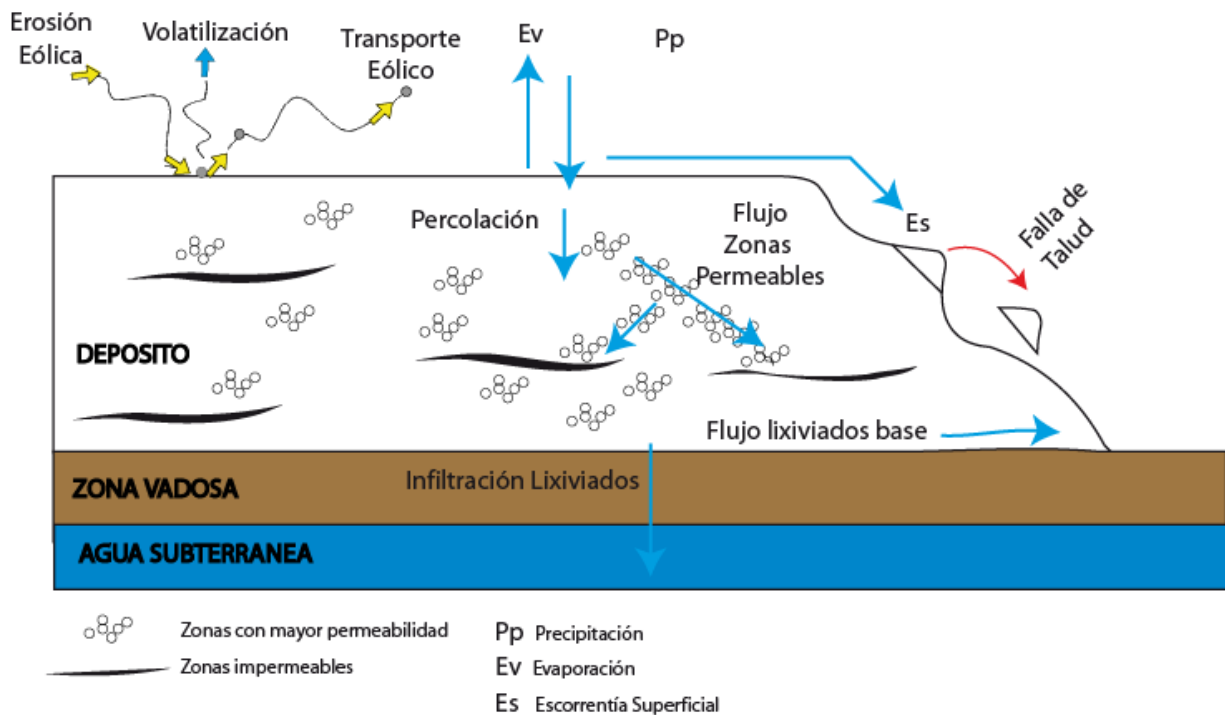


Figura 21. Esquema de un depósito de relave en el cual se enseñan los principales procesos que pueden generar riesgo.

Existe un conjunto de posibles medidas de remediación para el Sitio 1, cada con diferentes costos, ventajas y desventajas técnicas.

Para la remediación del Sitio 1 se han planteado los siguientes objetivos:

- Evitar la exposición de las personas con los contaminantes detectados en los materiales superficiales dispuestos en el Sitio 1,
- Minimizar la erosión y el transporte eólico,
- Minimizar la infiltración para evitar la generación de lixiviados y su posterior migración,
- Minimizar la posibilidad de ocurrencia de fallas en el talud del depósito.
- Minimizar el impacto visual.
- Evitar accidentes de personas.

En general se establece una diferencia entre medidas de mitigación y medidas de remediación. Por **mitigación** se entienden aquellas medidas de carácter provisorio; mientras que las medidas de **remediación** tienen por objetivo controlar, reducir o eliminar el riesgo para la vida o salud de las personas y/o el medio ambiente en el largo plazo.

A su vez, es posible clasificar las medidas de remediación en in-situ y ex situ. Las medidas **in situ** se aplican en la fuente de contaminación en sí misma y las medidas **ex situ** consideran la movilización de los constituyentes de la fuente a otros sectores que permitan realizar su gestión ambiental.

Las medidas que se evalúan y explican para el Sitio 1 son:

- i. In situ:
 - a. Coberturas permeables.
 - b. Sistema de Impermeabilización.
- ii. Ex situ:
 - a. Movilización y confinamiento.
 - b. Movilización y reprocesamiento.

A continuación se describe cada una de las medidas de mitigación y remediación.

3.4.1 Medidas de Mitigación

En caso de no ser posible iniciar en un corto plazo trabajos de remediación del Sitio 1, se recomienda implementar las siguientes medidas de mitigación.

a. Cierre de Acceso

Con el objetivo de desincentivar el acceso de personas al depósito de relaves y minimizar de esta manera el riesgo de accidentes para las personas y la exposición directa a los relaves, se propone cercar el depósito en su totalidad mediante una reja.

b. Instalación de cortavientos:

Como medida de implementación a corto plazo se propone la instalación de cortavientos con el objetivo de reducir el efecto de la erosión eólica y la emisión de material particulado y de relaves a la atmósfera.

3.4.2 Medidas In-Situ

a. Coberturas Permeables.

i. Descripción de la cobertura.

Esta medida corresponde a cubrir la superficie y los taludes del Sitio 1 con una cobertura permeable, con el objetivo de reducir o eliminar la erosión eólica y la emisión de material particulado desde el depósito hacia el ambiente. Se propone cubrir la cubeta del depósito con una cubierta de un grosor de aproximadamente 40cm y los taludes con una cubierta de aproximadamente 25cm. Para ello se utilizarán materiales como arenas gruesas y gravas.

ii. Rediseño del talud y costos asociados.

Previo a la instalación de la cobertura, es necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes y posteriormente diseñar y modificar los taludes para que resistan los nuevos esfuerzos de carga que se aplicarían con la cobertura.

El costo para el Estudio y Diseño de Estabilidad de Taludes asciende a aproximadamente \$ 5,8 Millones, y el costo por el reperfilamiento de los taludes ascienda a aproximadamente \$14 Millones, considerando los siguientes supuestos:

- Angulo homogéneo de 60° en los taludes norte, este y sur
- Espesor total del depósito: 20 m
- Perímetro superior de los taludes a reperfilar: 125 m
- Volumen a remover para el reperfilamiento: 9.465 m³
- Precio unitario para movimiento de materiales: 3,5 US\$/m³

Si se realizan las obras vinculadas al reperfilamiento, se modificará el área de los taludes la superficie del Sitio 1, lo que tiene una implicancia relevante en los costos relacionados a la instalación de cobertura.

Suponiendo que el volumen removido será dispuesto en el margen oeste del depósito y se considera depositar el material (9465 m³) con 3 metros de espesor, este material cubriría un área de 3155 m². El material removido generaría una disminución aproximada del área actual del depósito (4500 m²) de 1.320 m². El área del depósito de relave posterior a la modificación de los taludes y re-depositación en el margen este, sería aproximadamente de 5.820 m².

iii. Ventajas y desventajas.

La implementación de coberturas permeables y obras de ingeniería en el talud eliminan la exposición de las personas con los materiales superficiales del depósito, evitan la erosión y el transporte eólico y minimizan la posibilidad de ocurrencia de fallas en el talud del depósito.

Sin embargo se debe señalar que este sistema no evita la infiltración, dado que no impermeabiliza el depósito. Ello probablemente permite la generación potencial de lixiviados y su posterior migración dentro del depósito, hacia la zona vadosa y las aguas subterráneas.

La Figura 22 muestra un esquema del depósito de relavos con la implementación de cobertura permeable y reperfilamiento de talud.

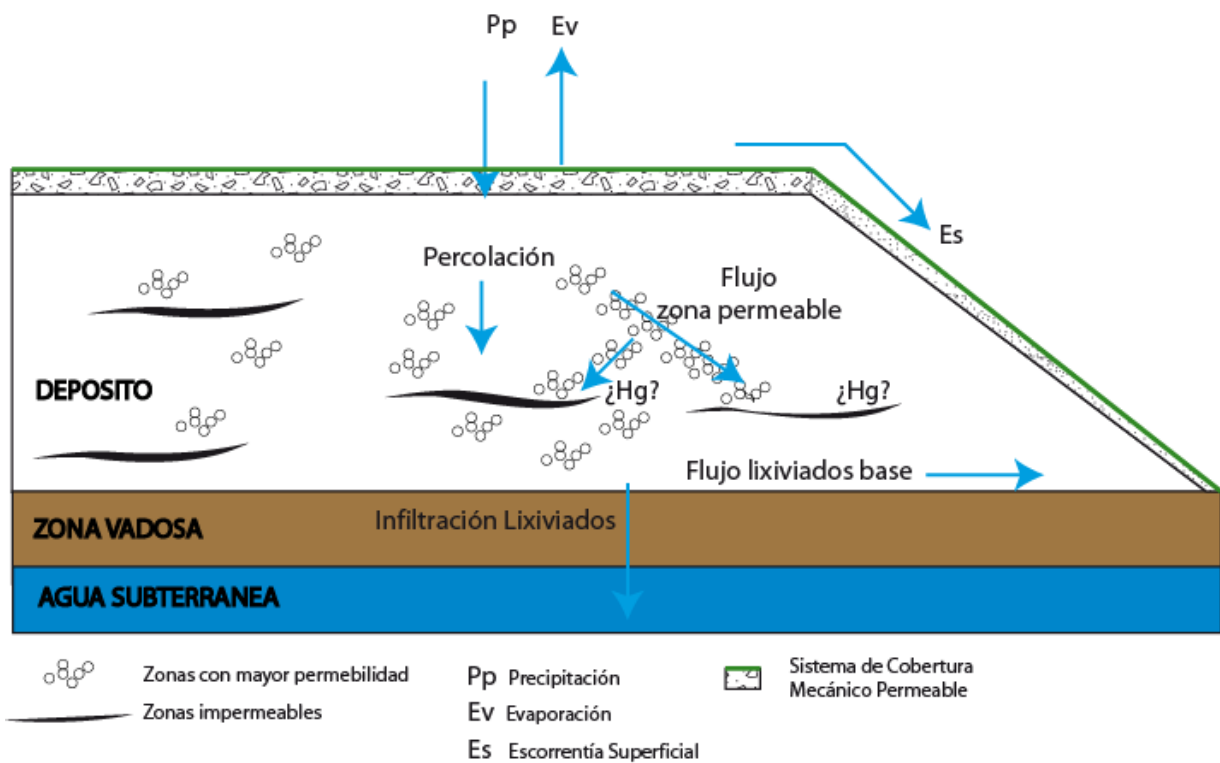


Figura 22. Esquema del depósito de relavos con la implementación de Cobertura Permeable y nuevo diseño de talud.

iv. Costos Estimativos

Los costos estimativos asociados a la construcción del la Cobertura Permeable y el reperfilaje de los taludes se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 14. Costos cobertura permeable y reperfilamiento de taludes

Coberturas Permeables	Tipo Gasto	Unidades	Costo por unidad	Espesor (m)	Volumen	Costo Total (\$)
Superficie depósito	Arena Gruesa	m ³	\$ 5,000.00	0.4	814.8	\$ 4,074,000
	Grava	m ³	\$ 5,000.00	0.4	814.8	\$ 4,074,000
Talud depósito	Arena Gruesa	m ³	\$ 5,000.00	0.25	218.25	\$ 1,091,250
	Grava	m ³	\$ 5,000.00	0.25	218.25	\$ 1,091,250
	Obras instalación	m ³	\$ 1,479.00		2066.1	\$ 3,055,761
	Estudio de Estabilidad y Diseño	1				\$ 5,852,072
	Obras de reperfilaje de taludes	m ³	\$ 1,479.00		9465	\$ 13,998,735
	Trasporte de materiales desde Serena	m ³	\$ 12,000.00		2066.1	\$ 24,793,200
					Total Neto (\$)	\$ 58,030,269

b. Sistema de Impermeabilización.

▪ *Descripción general de sistemas impermeables*

En forma genérica, los sistemas de estabilización están constituidos por una secuencia estratigráfica de capas, las cuales se pueden describir de base a techo como: capa inferior de nivelación, capa impermeable, capa de drenaje y capa superior de recultivo.

La **Capa de Nivelación** corresponde a un estrato menor a 50 centímetros de espesor de arena, cuyo objetivo principal es emparejar la superficie del terreno para la correcta construcción de las capas superiores.

La **Capa de Impermeabilización** sobreyace a la Capa de Nivelación y presenta un espesor variable en función del material utilizado para impermeabilizar. Para impermeabilizar se pueden utilizar minerales, capas de polietileno de alta densidad, geotextil, arcillas, barreras capilares o trisoplast.

La figura a continuación muestra diferentes cubiertas impermeables en función de la capa de impermeabilización.

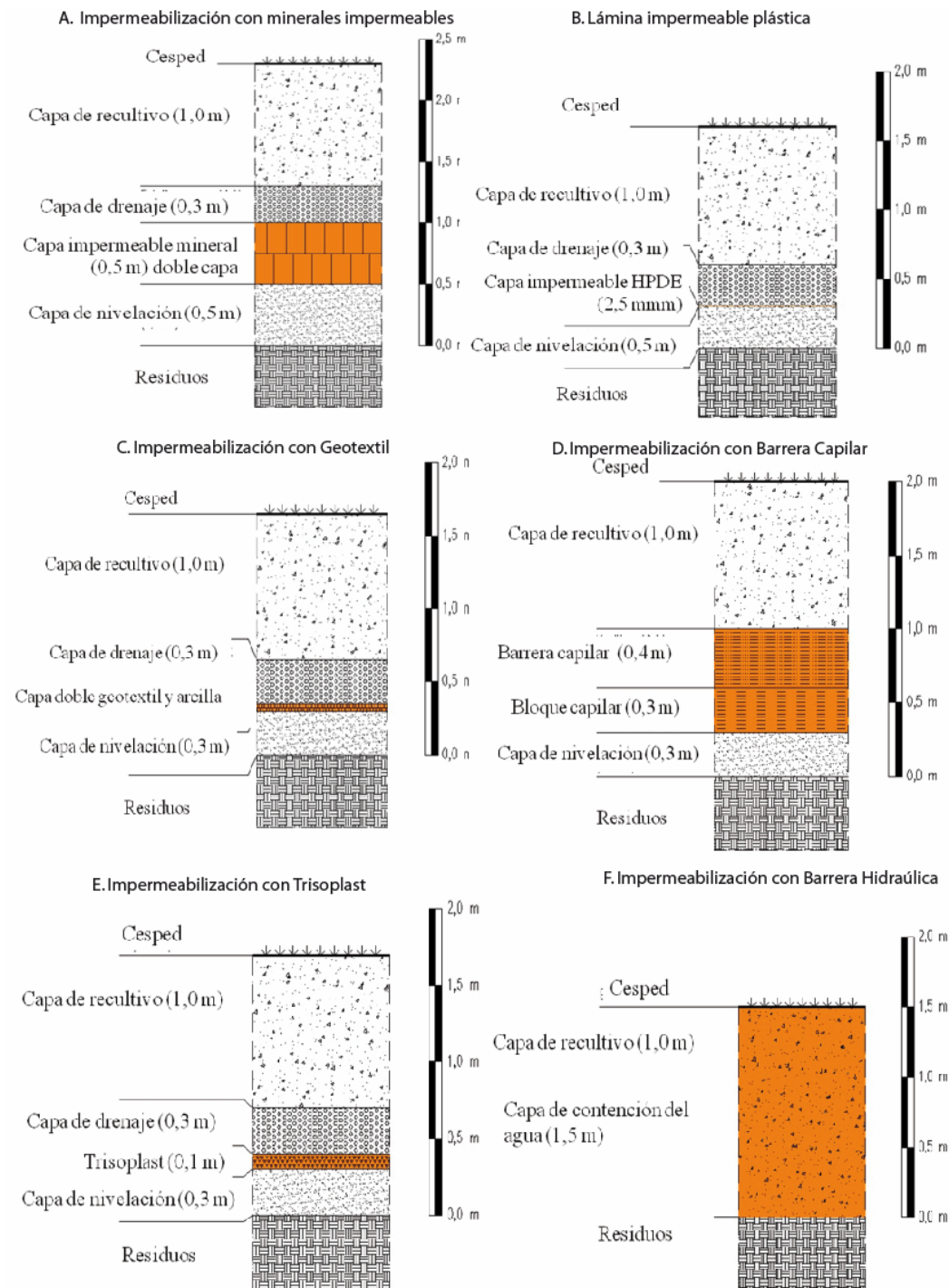


Figura 23. Estratigrafía de diferentes Sistemas de Impermeabilización.

La **Capa de Drenaje** esta constituida por sedimentos de tamaños gravas y arenas los cuales presentan una alta permeabilidad que permite el drenaje lateral por medio de un flujo capilar del agua.

La **Capa de Recultivo** sirve como sustrato para cultivar especies vegetales, además de almacenar el agua de precipitaciones y riego.

- *Rediseño de Talud.*

Al igual que para el sistema de cobertura permeable, es necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes y posteriormente diseñar y modificar éstos para que resistan los nuevos esfuerzos de carga que se aplicarán con el sistema de cubierta impermeable.

- *Elección de sistema de Impermeabilización.*

El conjunto de sistemas de impermeabilización previamente descrito es posible de evaluar por medio de una metodología cualitativa (desarrollada por la empresa alemana Eco-reg), sustentada en un conjunto de criterios de evaluación, para los cuales se establece un puntaje de importancia específico para el sitio en estudio.

- **Criterios:** La metodología se sustenta en la evaluación de 9 criterios fundamentales, que incluyen factores técnicos, operacionales y económicos prioritarios de considerar en la implementación de un sistema de cobertura impermeable. Una explicación breve de cada criterio se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 15. Criterios selección sistema de impermeabilización

Criterio	Definición
Permeabilidad a corto plazo	Se refiere a la capacidad del sistema de lograr impermeabilizar el depósito en el corto plazo, evitando de este modo la infiltración de aguas que produzcan lixiviados (que puedan impactar las aguas subterráneas).
Permeabilidad a largo plazo	Se refiere a la capacidad del sistema de lograr impermeabilizar el depósito en el largo plazo, evitando de este modo que se infiltren aguas que produzcan lixiviados y que ellos puedan impactar las aguas subterráneas.
Sensibilidad frente a las deformaciones	La sensibilidad frente a las deformaciones (estabilidad geomecánica) depende fundamentalmente de los materiales y su estado, así como del plazo planificado de uso del depósito.
Comportamiento frente al envejecimiento	Es un criterio de evaluación dependiente del tipo de material y depende fundamentalmente del grado de movilidad de contaminantes frente al fenómeno de lixiviación generado por la infiltración de agua.
Espesor del sistema de impermeabilización	El espesor del sistema y las resultantes condiciones colaterales para su ubicación en el medio, presentan una relación lineal entre el espesor del sistema de impermeabilización y la superficie necesaria para la formación de los taludes requeridos.

Estabilidad	La estabilidad depende del proyecto específico y principalmente esta enfocado a las condiciones en las cuales se encuentran los taludes y a las características del material.
Necesidad de materiales/ ahorro de recursos	Se entiende como un balance entre el ahorro de recursos y la necesidad de contar con materiales específicos. El ahorro depende principalmente de la disponibilidad de materiales en el entorno cercano del proyecto y la necesidad de la definición de materiales con los cuales preliminarmente se estiman necesarios para el proyecto de impermeabilización.
Gastos de construcción/ Detalles constructivos	Depende de las características específicas de cada proyecto, tales como: Complejidad técnica, dependencia de los factores meteorológicos, aseguramiento de la calidad y duración de obra y además de los recursos constructivos y obras adicionales necesarias.
Posibilidad de reparación / gastos de mantenimiento	Este criterio depende del sistema de impermeabilización escogido y es el resultado de los gastos vinculados a reparaciones y su mantenimiento.

- **Escala de Puntuación:** Corresponde a la escala de puntaje con la cual se evalúa la eficiencia de cada sistema de impermeabilización. En la siguiente tabla se señala también el puntaje de relevancia relativa asignado a cada criterio en el Sitio 1:

Tabla 16. Escala de puntuación

Nivel de eficiencia para Sistemas de Impermeabilización	Nivel de importancia relativas para Sitio en Estudio	Puntuación
Procedimiento notablemente superior	Muy alta	5
Procedimiento superior	Alta	4
Procedimiento medianamente bueno	Media	3
Procedimiento inferior a la media	Baja	2
Procedimiento notablemente inferior	Muy baja	1

- **Matriz de Coeficientes de Sistemas de Impermeabilización:** La Matriz de Coeficientes de Sistemas de Impermeabilización (MI) ha sido construida por expertos que conocen en detalle las características de los materiales y que poseen amplia experiencia en la implementación de los sistemas de impermeabilización. La matriz se representa a continuación (Tabla 17), en la cual las filas representan los criterios y las columnas los tipos de sistemas de impermeabilización:

Tabla 17. Matriz de coeficientes sistema de impermeabilización

Sistemas Criterios	Minerales Impermeables	HPDE	Geotextil	Barrera capilar	TRISOPLAST	Barrera hidráulica
Permeabilidad a corto plazo	5	5	5	5	5	2
Permeabilidad a largo plazo	3	4	3	4	4	3
Sensibilidad frente a las deformaciones	3	5	5	4	5	5
Comportamiento frente al envejecimiento	4	3	4	4	4	5
Espesor del sistema de impermeabilización	1	5	5	2	4	3
Estabilidad	4	3	3	4	3	5
Necesidad de materiales/ ahorro de recursos	1	5	5	2	3	2
Gastos de construcción/ Detalles constructivos	1	5	4	4	4	5
Gastos de mantenimiento	3	5	4	3	3	5

- **Puntuación de criterios para el Sitio 1:** Para el Sitio 1 se estableció un puntaje para el conjunto de criterios de evaluación, el cual se presenta a continuación:

Tabla 18. Puntuación de criterios

Criterios	Ponderador Sitio 1	Justificación de ponderación
Permeabilidad a corto plazo	3	El Sitio 1 se localiza en una zona con escasas precipitaciones pero existe un sistema de aguas subterráneas y los depósitos presentan concentraciones de elementos que pueden ser movilizados (Cu y Mo) y en el largo plazo, impactar las aguas subterráneas.
Permeabilidad a largo plazo	3	

Sensibilidad frente a las deformaciones	4	En el sitio 1 fueron almacenados fundamentalmente relaves y no se prevé un uso agrícola, residencial, agrícola o industrial posterior para este depósito. Considerando la sobrecarga de los taludes, al implementar el sistema de impermeabilización se asignó un nivel de importancia alta (4).
Comportamiento frente al envejecimiento	5	Se cree necesario mantener esta medida en el largo plazo y con ello evitar potenciales movilidades hacia el sistema de aguas subterráneas por lixiviación y también dispersión de contaminantes por transporte eólico. Se asignó una importancia muy alta (5).
Espesor del sistema de impermeabilidad	5	Es prioridad minimizar el riesgo de fallas de talud en el margen del depósito, por ello se asignó un nivel de importancia muy alta al criterio estos criterios.
Estabilidad	5	
Necesidad de materiales/ ahorro de recursos	4	Se considera la posibilidad de encontrar tierra, desechos de materia orgánica vegetal, además de otros materiales que existan en el sector y sean desconocidos (Por ejemplo: Ripios). Materiales como geotextiles, arcillas y arenas será necesario de traerlos desde otras localidades.
Gastos de construcción/ Detalles constructivos	5	En el sitio 1 será necesario realizar obras adicionales relativas a reperfilaje de los taludes y presenta una complejidad técnica alta de instalación en los taludes.
Gastos de mantenimiento	4	Dado que el sistema incluye una cobertura vegetal la cual debe ser mantenida en el tiempo.

- **Ponderación de Matriz de Coeficientes:** El método considera ponderar la matriz de coeficientes estándar (MI) para los Sistemas de Impermeabilización con el vector de puntajes asignados (S) que son variables para cada sitio de estudio (variables). De este modo se obtiene una matriz de evaluación (EV) específica para el sitio de estudio.

$$EV_{9 \times 5} = S_9 \times MI_{9 \times 5}$$

Tabla 19. Matriz de evaluación Sitio 1

Sistemas Criterios	Minerales Imperme ables	HPDE	Geotextil	Barrera capilar	TRISOPLAST	Barrera hidráulica
Permeabilidad a corto plazo	15	15	15	15	15	6
Permeabilidad a largo plazo	9	12	9	12	12	9
Sensibilidad frente a las deformaciones	12	20	20	16	20	20
Comportamiento frente al envejecimiento	20	15	20	20	20	25
Espesor del sistema de impermeabilidad	5	25	25	10	20	15
Estabilidad	20	15	15	20	15	25
Necesidad de materiales/ ahorro de recursos	4	20	20	8	12	8
Gastos de construcción/ Detalles constructivos	5	25	20	20	20	25
Gastos de mantenimiento	12	20	16	12	12	20
Suma	102	167	160	133	146	153

Una vez realizada la ponderación, se sumaron el conjuntos de puntajes ponderados por criterio para cada Sistema de Impermeabilización. El resultado de la evaluación cualitativa determino que los métodos más apropiados a aplicar son el **Sistema de Impermeabilización con HPDE**.

- *Adaptación del Sistema de Impermeabilización HDPE Seleccionado*

Las capas que componen el Sistema de Impermeabilización HDPE se describe en detalle a continuación:

- **Capa de Nivelación:** Dado que la superficie del Sitio 1 se encuentra relativamente plana, la capa de nivelación estaría compuesta de sedimentos tamaños arena media. El espesor para la superficie del depósito de relave es de 10cm y para el talud de 5cm.

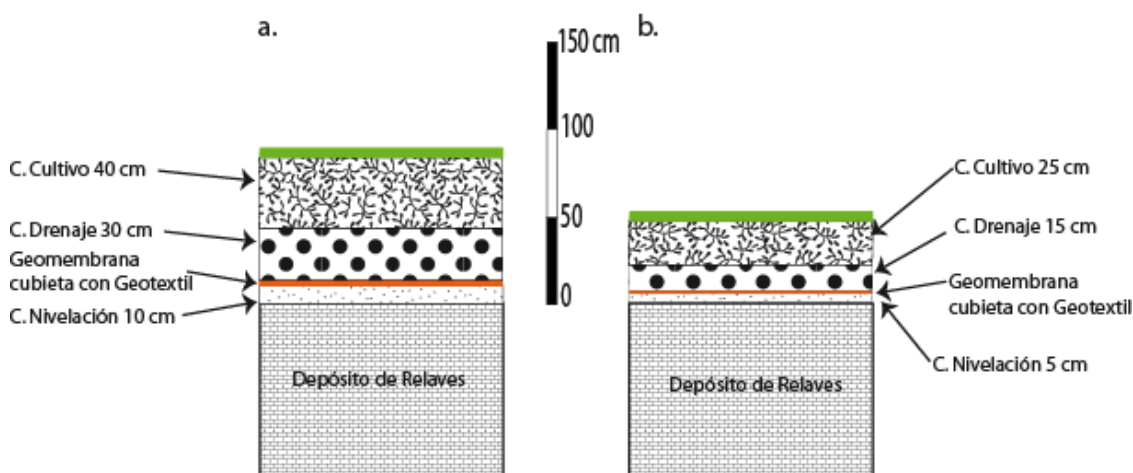


Figura 24. Estratigrafía del sistema de Impermeabilización seleccionado para: a. Superficie del depósito de relaves; b. Talud.

- **Capa de HDPE:** Dicha capa esta constituida por una geomembrada de 1,5 mm recubierta por un geotextil con un peso de 200 gr por m².
- **Capa de drenaje:** Esta compuesta por gravas y arenas gruesas. El espesor para la superficie del depósito de relave es de 30cm y para el talud de 15cm.
- **Capa de cultivo:** Esta compuesta por tierra no contaminada (aprox. 40%), ripios (aprox. 20%), arena (aprox. 10%), guano de cabra compostado, salitre o nitratos (aprox. 10%) y desechos orgánicos vegetales (Aprox. 20%). El espesor para la superficie del depósito de relave es de 40cm y para el talud de 25cm.

El método y especies que se considerarán para plantar sobre la capa de cultivo se describen a continuación.

- *Metodología de Incorporación Vegetal.*

La Capa de Cultivo corresponde a un sustrato enriquecido en nutrientes que permita el correcto desarrollo de especies vegetales. Las especies vegetales a escoger deben tener un conjunto de características adecuadas para el clima de la zona y una baja demanda hídrico.

- **Distribución de Individuos en Cuadrantes:** Las especies escogidas para cultivar en el Sitio 1 deben ser plantadas en cuadrantes de 5x5m los cuales deben estar constituidos por al menos 2 individuos de especies arbustivas y 3 individuos de especies herbáceas. Los taludes deberán ser plantados con especies de herbáceas rastreras y al menos deben existir 3 individuos por m².

Entre las posibles especies vegetales que se pueden emplear en el sitio 1 de Andacollo se destacan:

Forma de vida arbustiva	Forma de vida herbácea
<i>Baccharis Linearis</i>	<i>Erodium Moschatum</i>
<i>Baccharis Marginalis</i>	<i>Bromus berterianus</i>
<i>Haplopappus macreanus</i>	<i>Nolana Albescens</i>
<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	<i>Phyla reptans</i>
<i>Tessaria Absinthioides</i>	<i>Solanum chilense</i>
<i>Haplopappus parvifolius</i>	
<i>Atriplex deserticola</i>	
<i>Pleocarphus revolutus</i>	
<i>Pintoa chilensis</i>	
<i>Ephedra breana</i>	

- **Preparación del Suelo:** En cada cuadrante se escogerá la disposición de las especies y a continuación se prepara el terreno, en donde se realizará la hoyadura con una remoción ligera en los primeros 30 cm disminuyendo de esta manera la compactación del suelo y facilitando el establecimiento de las raíces.

Una vez llevados a terreno, cada individuo será pulverizado con un producto estimulante de regeneración de raíces, para surtir efecto este producto debe estar en contacto directo con el sistema radicular.

Luego de ser plantados, se recomienda evaluar eventuales riegos a los individuos, para evitar fortuitas pudriciones y ataques de hongos.

- **Riego:** Para asegurar que la comunidad vegetal plantada se establezca se estima que se realice un riego profundo 2 veces al mes.

Se recomienda regar al momento de la plantación, para disminuir el estrés provocado por la extracción. El riego debe ser aplicado solamente al sustrato, no debe mojarse la parte aérea del tallo. Se recomienda realizar una aplicación de agua breve y moderada, repetir 3 veces sin intentar saturar el sustrato.

- **Ventajas y desventajas:** El Sistema de Impermeabilización satisface los objetivos planteados. Se elimina la exposición directa e indirecta a contaminantes contenidos en los relaves, se elimina la erosión eólica y la emisión de material particulado y la generación de lixiviados, ya que, una vez transcurrido el tiempo requerido para agotar el agua previamente almacenada en el botadero, se minimizará la infiltración de fluidos al interior del depósito y la migración de lixiviados hacia la zona vadosa y aguas subterráneas. Por otro lado la medida de remediación produciría beneficios para la comunidad dado que permitiría el uso del sitio para actividades de recreación.

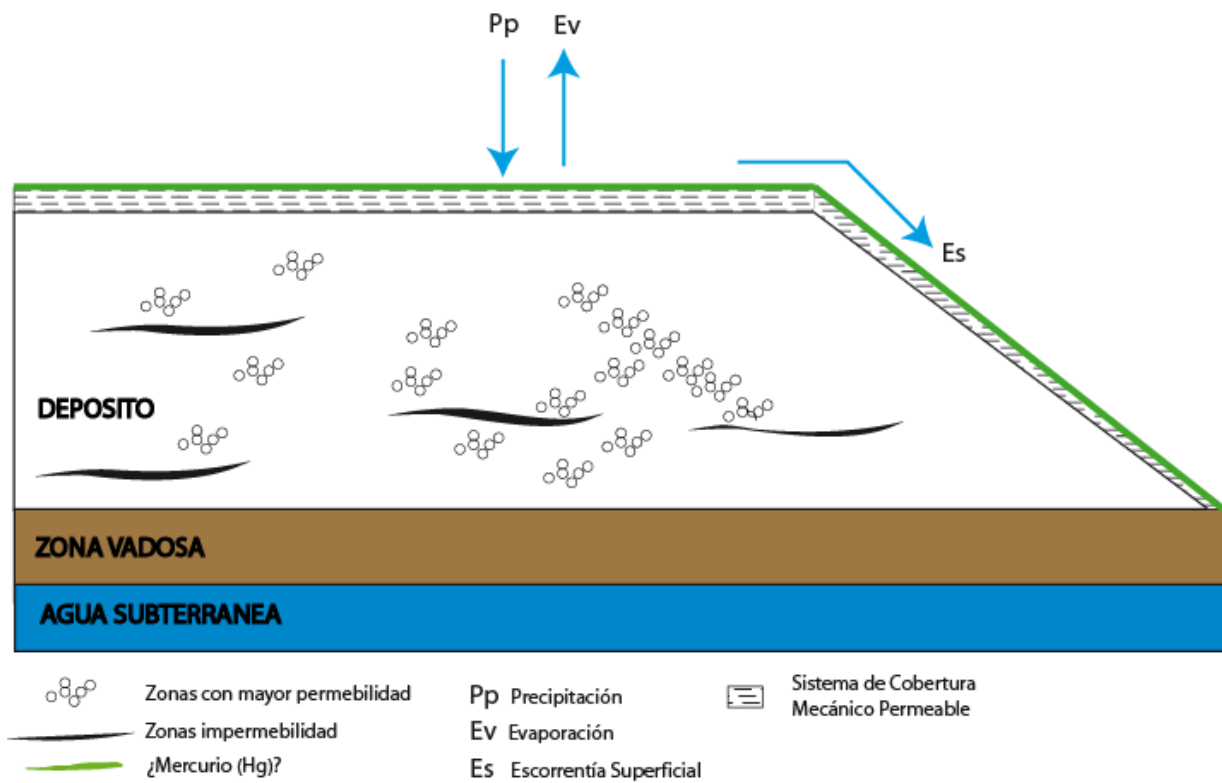


Figura 25. Esquema del depósito de relaves con la implementación de Sistema de Impermeabilización y nuevo diseño de talud.

- **Costos:** Los costos estimativos asociados a la construcción del la Sistema de Impermeabilización y el reperfilaje de los taludes se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Costos Sistema de Impermeabilización

Sistemas Impermeables	Capa	Tipo Gasto	Unidad	Costo unidad (\$)	Espesor (m)	Proporción	Área (m ²)	Volumen (m ³)	Costo Total (\$)		
Superficie depósito	Vegetal	Especies	m ²	\$ 1,000	0	0	4074		\$ 4,074,000		
	Cultivo	Grava	m ³	\$ 5,000	0.4	0.2		325.92	\$ 1,629,600		
		Arena Gruesa	m ³	\$ 5,000		0.2		325.92	\$ 1,629,600		
		Tierra	m ³	\$ 2,000		0.4		651.84	\$ 1,303,680		
		Materia Orgánica	m ³	\$ 1,000		0.1		162.96	\$ 162,960		
		Nitrato	m ³	\$ 37,500		0.1		162.96	\$ 6,111,000		
		Drenaje	Grava	m ³		\$ 5,000		0.3	0.5	611.10	\$ 3,055,500
	Arena Gruesa		m ³	\$ 5,000	0.5	611.10			\$ 3,055,500		
	Impermeable	Geotextil 200 gr	m ²	\$ 2,500					\$ 10,185,000		
		Geomembrana 1,5 mm	m ²	\$ 2,940					\$ 11,977,560		
	Nivelación	Arena fina	m ³	\$ 7,500	0.1	1		407.40	\$ 3,055,500		
									Total Superficie	\$ 46,239,900	
	Talud depósito	Vegetal	Especies	m ²	\$ 1,000	0		0	1746		\$ 1,746,000
		Cultivo	Grava	m ³	\$ 5,000	0.25		0.2		87.30	\$ 436,500
Arena Gruesa			m ³	\$ 5,000	0.2		87.30	\$ 436,500			
Tierra			m ³	\$ 2,000	0.4		174.60	\$ 349,200			
Materia Orgánica			m ³	\$ 1,000	0.1		43.65	\$ 43,650			
Nitrato			m ³	\$ 37,500	0.1		43.65	\$ 1,636,875			
Drenaje			Grava	m ³	\$ 5,000		0.15	0.5		130.95	\$ 654,750
		Arena Gruesa	m ³	\$ 5,000	0.5	130.95		\$ 654,750			
Impermeable		Geotextil 200 gr	m ²	\$ 2,500				\$ 4,365,000			
		Geomembrana 1,5 mm	m ²	\$ 2,940				\$ 5,133,240			
Nivelación		Arena fina	m ³	\$ 7,500	0.05	1	87.30	\$ 654,750			
								Total Talud		\$ 16,111,215	

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

Obras Civiles	Unidad	Area	Volumen	Tiempo	Costo
Estudio de Estabilidad y Diseño	1	5820			\$ 5,852,072
Obras de instalación de Capa Impermeable	m ²	5820			\$ 8,293,500
Obras de vegetación	m ²	5820			\$ 8,730,000
Obras de reperfilaje de taludes	m ³		9465		\$ 13,998,735
Obras Instalación Capas Cultivo, drenaje y Nivelación	m ³		4,045		\$ 5,982,407
Trasporte	m ³		2,718		\$ 32,615,280
Total Obras					\$ 75,471,995

Resumen de Costos

Actividades	Costo
Total Superficie	\$ 46,239,900
Total Talud	\$ 16,111,215
Total Obras	\$ 75,471,995
Total Neto	\$ 137,823,100
IVA	\$ 26,186,391
Costo Total	\$ 164,009,501

3.4.3 Medidas Ex situ

Las tecnologías de remediación *ex-situ* tienen por objetivo eliminar la fuente de contaminación del lugar mediante el traslado de los relaves para su tratamiento y/o disposición final a un lugar seguro y autorizado con gestión ambiental adecuada.

Para el caso del Sitio 1 se pueden diferenciar dos posibilidades de remediación ex-situ:

1. **Movilización y reprocesamiento:** Traslado de los relaves para su reprocesamiento en faenas mineras operativas cercanas.
2. **Movilización y disposición final:** Traslado y disposición de los relaves en un tranque de relave cercano con gestión ambiental adecuada, pero sin recuperación de metales.

a. Movilización y reprocesamiento

La movilización y el reprocesamiento de los relaves consisten en la movilización de estos hacia faenas mineras en operación y el reprocesamiento del material en las plantas con el objetivo de la recuperar metales y elementos de valor.

Para determinar si esta medida es viable, es necesario realizar un estudio de factibilidad técnica y económica del reprocesamiento del depósito de relaves Sitio 1. El estudio de factibilidad económica debe incluir análisis mineralógicos y la determinación de las leyes de cobre y oro para un número de muestras que entreguen representatividad de los relaves. Dada la antigüedad de los relaves y la baja tasa de recuperación de metales de los procesos utilizados por la pequeña minería y la minería artesanal, se puede suponer que las leyes existentes en el relave de cobre y/o oro son interesantes para que estos materiales sean reprocesados por medio de procesos más eficientes.

Se requiere además analizar la factibilidad técnica del reprocesamiento en función de la mineralogía y los procesos que se emplean hoy en las mineras cercanas (Minera Carmen de Andacollo y Minera Dayton). Dada la información existente, actualmente no se puede evaluar la factibilidad y el costo de reprocesamiento, considerándose en este estudio solo el costo relacionado al carguío y el transporte a estas faena.

Es de relevancia señalar, que esta medida de remediación no solo permite eliminar la fuente de una potencial contaminación y por lo tanto los riesgos asociados a esta, si no además permite recuperar el suelo para su uso alternativo y eliminar el impacto visual paisajístico que posee el Sitio 1. Es importante recordar que este sitio se encuentra ubicado en el centro de Andacollo frente a la a Basílica Menor que fue construida en 1893y que fue declarada monumento nacional en 1981.

b. Movilización y disposición final

La segunda opción de remediación ex situ consiste en el traslado de los relaves a un lugar seguro y autorizado para su disposición final sin previo reprocesamiento y/o tratamiento. Esta medida, al igual que la descrita anteriormente, permite eliminar la fuente de contaminación, recuperar el suelo para otros usos futuros y eliminar el impacto visual paisajístico del pasivo.

Dado los altos costos de transporte, se recomiendan elegir un lugar cercano al del Sitio 1 que reúna el conjunto de condiciones para realizar una gestión ambiental adecuada. Los potenciales lugares para la disposición final de los relaves y su manejo son las mismas faenas mineras mencionadas anteriormente. Sin embargo se debe señalar que actualmente, y dado sus procesos operativos utilizados, ninguna de ellas cuenta con un tranque de relave. Es por ello que se requeriría adaptar y ampliar los acopios de residuos mineros masivos existentes en estas faenas para la disposición de los relaves del Sitio 1. Estos cambios requieren de una evaluación técnica y legal interna por parte de las compañías mineras como también de una evaluación externa por parte de los servicios pertinentes en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

c. Costos

La tabla a continuación indica los costos relacionados al carguío y el transporte de los relaves hacia una faena minera cercana. No se consideran los costos asociados al reprocesamiento mismo, ya que para ello es necesario realizar estudios técnicos complementarios.

Tabla 21. Costos medidas ex-situ

Ítem	Precio Unitario	Cantidad	Total (US\$)	Total (Pesos Chilenos)
Carguío [US\$/ton]	0,1	177.500	17.750	8.715.250
Transporte [US\$ ton/km]	0,15	177.500	106.500	52.291.500
Distancia (km)		4		
Total			124.250	61.006.750


4 Bibliografía

- Amin-Zaki, L., S. Elhassani, M.A. Majeed, T. W. Clarkson, R.A, Doherty and M. Greenwood. 1974, Intra-uterine methylmercury poisoning, *Pediatrics* 54, 587-595 pp.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1989, Toxicological Profile for Mercury. ATSDR/U.S. Public Health Service.
- Bakir, F., S. F. Kamluji, L. Amin-Zaki, et al. 1973, Methylmercury poisoning in Iraq, *Science* 181, 230-241 pp.
- Camus Francisco. 2003, Geología de los Sistemas Porfíricos en los Andes de Chile, 267 pp.
- Cortes María José. 2009, Metodología para el análisis de riesgo ambiental en la comuna de Andacollo, Asociado a la presencia de Mercurio, Universidad Católica del Norte, 112 pp.
- Cuadra, W; Dunkerly, P. 1991, A history of the gold in Chile, in especial issue devoted to gold deposits in the children Andes, *Economic Geology* , vol 86, 1153-1173 pp.
- Derobert, L. and S. Tara. 1950, Mercury intoxication in pregnant women, *Ann. Med, Leg.* 30, 222-225 pp.
- Goldwater, L. J. 1972. Mercury: A history of quicksilver, York Press, Baltimore, MD.
- Goyer. R. 1991, Toxic effects of metals. In: Amdur, M.O., J.D. Doull and C.D. Klassen, Eds. Casarett and Doull's Toxicology, 4th ed, Pergamon Press, New York, 623-680 pp.
- Greenwood N and Earnshaw A, 2008, Chemistry of the Elements, Second Edition, University of Leeds. 1351 pp.
- Harada, M. 1978, Congenital Minamata disease: Intrauterine methylmercury poisoning, *Teratology* 18, 285-288 pp.
- Marsh, D. O., T. W. Clarkson, C. Cox, L. Amin-Zaki, and S. Al-Trkirti. 1987, Fetal methylmercury poisoning: Relationship between concentration in a single strand of maternal hair and child effects, *Arch. Neurol*, 1017-1022 pp.
- Mathesson, D. S., T. W. Clarkson, and E. Gelfand. 1980, Mercury toxicity (acrodynia) induced by long-term injection of gamma globulin, *J. Pediatr*, 97, 153-155 pp.
- Municipalidad de Andacollo. 2008, Plan de Desarrollo comunal de Andacollo (2008-2011), 58 pp.
- Laumett C. et al., 1975, el yacimiento de cobre porfídico Andacollo, provincia de Coquimbo, Chile, revista geológica de Chile, número 2, 56-66 pp.
- Organización de cooperación y desarrollo económicos (OECD). 2005, Evaluación del desempeño ambiental en Chile, Paris, 246 pp.
- Porcella D. B., Ramel C., and Jernelov A. (1997) Global mercury pollution and the role of gold mining: an overview. *Water Air Soil Pollut.* 97(3-4), 205-207.

- Renner Sven, 2006, Orígenes de los Pasivos Ambientales Mineros en Andacollo, En Collao Fredie, 2007, Caracterización y propuesta para la remoción de pasivos ambientales mineros de la zona urbana de la comuna de Andacollo, IV región de Coquimbo Chile, Universidad de Aconcagua, La Serena, 69 pp.
- Servicio Nacional De Geología y Minería. 1989; 2000, Registro de plantas y depósitos de relaves de la IV región, archivos en biblioteca de SERNAGEOMIN IV región de Coquimbo. En Collao Fredie, 2007, Caracterización y propuesta para la remoción de pasivos ambientales mineros de la zona urbana de la comuna de Andacollo, IV región de Coquimbo Chile, Universidad de Aconcagua, La Serena, 69 pp.
- SIGA Consultores 2006, Estudio de impacto ambiental, Proyecto Hipógeno, Antecedentes generales del área de influencia, Anexo 4, Santiago de Chile, 12 pp.
- Tarazona J. V. 2009, Evaluación de Riesgo Ambiental, Clases de Máster Universidad del País Vasco, 2009, 20 pp.
- Universidad de Chile. 2006, Informe País, Estado del medio ambiente en Chile 2005, Santiago de Chile, 2006, 371 pp.
- U.S. EPA. 1995, Health Effects Assessment Summary Tables, FY-1995 Annual, EPA 540/R-95-036, Office of Research and Development, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C.
- U.S. EPA. 1996, Integrated Risk Information System (IRIS), Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Cincinnati, Ohio.
- U.S. EPA. 1997, Ecological Risk Assessment, Guidance for superfund process for designing and conducting Ecological Risk Assessment, 230 pp.
- U.S. EPA. 1997. Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. Washington, D.C. EPA/600/P-95/002Fa, 1193 pp.
- Videla Gina. 2003, Andacollo mi tierra En: Collao Fredie, 2007, Caracterización y propuesta para la remoción de pasivos ambientales mineros de la zona urbana de la comuna de Andacollo, IV región de Coquimbo Chile, Universidad de Aconcagua, La Serena, 69 pp.
- CONAMA. 2009, Localidad de Andacollo fue declarada Zona Saturada por contaminación atmosférica, [Soporte en línea], <<http://www.conama.cl/portal/1301/fo-article-45440.pdf>>, (revisado Noviembre 2009).
- U.S. EPA, Integrated Risk Information System (IRIS), [Soporte en línea], <<http://www.epa.gov/iris/>>, (revisado Noviembre 2009).
- University of Tennessee, The Risk Assessment Information System, [Soporte en línea], <<http://rais.ornl.gov/>>, (revisado Noviembre 2009).

5 Anexos

5.1 Anexo 1: Ficha de Auditoría de Laboratorios

Ficha de Auditoría para laboratorios
Proyecto Andacollo

Ficha de Auditoría de Laboratorios

Proyecto

LICITACIÓN PÚBLICA N° 1588-155-LE09
MANEJO DE DESECHOS DE Y CON
CONTENIDO DE MERCURIO

PREPARADO POR:
PROGRAMA DE MEDIO AMBIENTE
FUNDACIÓN CHILE

-Página 1-



1. Identificación de la organización auditada


Razón social			
Nombre de fantasía			
Nacionalidad			
RUT			
Domicilio legal en Chile			
Dirección		Número	
Localidad		Comuna	
Teléfono		FAX	
E-MAIL		Región	
Persona de contacto o representante legal			
Nombre			
Teléfono		E-MAIL	

2. Periodo de funcionamiento del laboratorio

Días de trabajo a la semana	
Horario laboral	
Fechas de inactividad	

3. Certificaciones

Laboratorio se encuentra certificado	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No
Normas		
Definir procesos certificados		
Periodo de certificación		



Ficha de Auditoría para laboratorios
Proyecto Andacollo

4. Ensayos inter-laboratorios

Laboratorio genera mecanismo de ensayos interlaboratorios	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
Periodicidad de los ensayos	<input type="checkbox"/> Trimestral	<input type="checkbox"/> Semestral	<input type="checkbox"/> Anual
En que procesos ha participado			
Resultados			

5. Otros

Realizan tratamiento estadísticos de los análisis	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
Tiempo de entrega de informes	<input type="checkbox"/> Días	<input type="checkbox"/> Semanas	<input type="checkbox"/> Meses
Costos adicionales	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	

6. Análisis para mercurio (Hg)

Formas de Mercurio que se analizan

<input type="checkbox"/> Hg total	<input type="checkbox"/> Hg elem. Hg ⁰	<input type="checkbox"/> Hg inorg. Hg ²⁺
<input type="checkbox"/> Hg orgánico	<input type="checkbox"/> Hg orgánico	<input type="checkbox"/> Hg orgánico
<input type="checkbox"/> Ethylmercurio	<input type="checkbox"/> Methylmercurio	<input type="checkbox"/> Phenylmercurio

6.1 Matrices de muestreo

Matriz que se analizan

Medios medioambientales		
<input type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> Aguas	<input type="checkbox"/> Aire
Muestras de Alimentos		
<input type="checkbox"/> Matrices vegetales	<input type="checkbox"/> Peces	<input type="checkbox"/> Carnes
Muestras humanas		
<input type="checkbox"/> Pelos	<input type="checkbox"/> Sangre	<input type="checkbox"/> Orina

-Página 3-

6.2 Definición de realización de muestreos

Realizan de toma de muestras	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Costos adicionales	
<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Otros:	

6.3 Protocolos de muestreos

Procedimientos de Muestreo	
Muestra	Descripción de procedimiento de muestreo (especificar normas aplicadas):
Suelo	
Aguas	
Aire	
Plantas y vegetales	
Peces	
Carnes	
Pelos	
Sangre	
Orina	



6.4 Protocolos de muestreos

Procedimientos de envase, transporte y almacenamiento

Tipo de Muestra	Envase	Transporte refrigerado	Tiempo max. de mantención
Suelo			
Agua			
Aire			
Plantas			
Peces			
Pelos			
Sangre			
Orina			

Otros:

6.5 Protocolos de análisis

Procedimientos de análisis

Tipo de Muestra	Hg Total	Hg elemental	Hg inorgánico	Ethyl-mercurio	Methyl-mercurio	Phenyl-mercurio
Suelo						
Agua						
Aire						
Plantas						
Peces						
Pelos						
Sangre						
Orina						

6. Límites de detección

Tipo de Muestra	Hg Total	Hg elemental	Hg inorgánico	Ethyl-mercurio	Methyl-mercurio	Phenyl-mercurio
Suelo						
Agua						
Aire						
Plantas						
Peces						
Pelos						
Sangre						
Orina						

5.2 Anexo 2: Listado de Laboratorios Consultados a Nivel Nacional

Listado de laboratorios consultados a nivel nacional.

	Nombre	Dirección	Ciudad	Región	Teléfono
1	Laboratorio Clínico Del Norte Ltda.	Dieciocho de Septiembre 1154	Arica	XV	(58) - 233466
2	Laboratorio Clínico Y Centro Médico Diagnotest Ltda.	Arturo Gallo 455	Arica	XV	(58) - 251055
3	Laboratorio Clínico Y Centro Médico San Martín	Cristóbal Colón 330	Arica	XV	(58) - 232204
4	Universidad de Tarapacá de Arica	General Velásquez 1775	Arica	XV	(58) 205 100 - 205 422
5	Biogénesis Ltda.	Calle Orella 769, piso 3	Iquique	I	(57)- 418759
6	Laboratorio Clínico Iquilab	Calle Obispo Labbé 800	Iquique	I	(57) 391-242
7	Universidad Arturo Prat	Avenida Arturo Prat 2120, Iquique	Iquique	I	(57) 394 268-394360
8	Clinilab	General José Velásquez Bórquez 1285, Antofagasta	Antofagasta	II	(55) - 383063
9	Diagno Image	Calle Capitán Arturo Prat Chacón 214 Of. 202	Antofagasta	II	(55) - 455600 - 455614
10	Doctor's Lab Laboratorio Clínico	Calle Pedro Aguirre Cerda 8889	Antofagasta	II	(55) - 590692
11	Centro De Enfermedades Respiratorias Antofagasta Ltda.	Calle Manuel Antonio Matta 1839 Of. 1104	Antofagasta	II	(55) - 221020
12	Laboratorio Clínico Calama Limitada	Madame Curie 2312 Of. 12	Calama	II	(55) - 344799
13	Laboratorio Clínico Centrolab	Veintiuno De Mayo 1201	Tocopilla	II	(55) - 812101
14	Laboratorio Clínico Diagnos	Vicuña Mackenna 1974	Calama	II	55) - 311143
15	Laboratorio Clínico Salumed	Cobija 2244	Antofagasta	II	(55) - 833235
16	Laboratorio Clínico Tabancura Norte	Avenida General José Miguel Carrera 1899 Of. 201	Antofagasta	II	(55) - 838829
17	Laboratorio Luis Pasteur	Catorce De Febrero 2556	Antofagasta	II	(55) - 263604

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

18	Prevenirsalud Ltda.	Capitán Arturo Prat Chacón 230	Antofagasta	II	(55) - 797538- 449426
19	Laboratorio Radiolab Limitada	14 De Febrero 1985 Of. 201	Antofagasta	II	(55) - 226384
20	Análisis Químico De Minerales Limitada	La Hermandad 515 Dpto. 73	Antofagasta	II	(55) - 388178
21	Geoanalítica	Av. Ruta del Cobre, 300 Sector La Negra	Antofagasta	II	(55) 49 2007
22	SERQUIM LTDA.	Ongolmo 295	Antofagasta	II	(55) 29 9899
23	Universidad Católica del Norte	Avenida Angamos 0610	Antofagasta	II	(55) 355 000 - 355613
24	Clinimed Ltda.	Yerbas Buenas 456	Copiapó	III	(52) - 217543
25	Laboratorio Clínico Atacama	O'Higgins 771 Of. 5	Copiapó	III	52) - 212357
26	Laboratorio Clínico Diagnolab	Colipí 484 Dpto. 305, Piso 3	Copiapó	III	(52) - 217272
27	Laboratorio Clínico Integral	Calle San Ambrosio 513	Vallenar	III	(51) - 616780
28	Laboratorio Clínico Santiago	Calle Manuel Rodríguez 483 Of. 503	Copiapó	III	(52) - 211329
29	Laboratorio Clínico Vallenar	Calle Arturo Prat 1251	Vallenar	III	(51) - 610558
30	Laboratorio S I A C Ltda.	Vallejos 535 Of. 302	Copiapó	III	(52) - 535383
31	Aguas Suelos Y Ambiental, Analytica Chañar	Infante 445	Copiapó	III	(52) - 217753
32	Laboratorio Químico Metalúrgico Gubier Marambio Huanchicay	Panamericana Sur 161	Copiapó	III	(52) - 211726
33	GEOANALITICA	Av. Sitio , 45 Manzana E s/n Barrio Industrial	Copiapó	III	(52) 53 5524
34	LABORATORIO QUIMICO Y AMBIENTAL SERNAGEOMIN	Av. Alameda Manuel Antonio Matta 264	Copiapó	III	(52) 21 2123
35	MARAMBIO HUANCHICA Y GUBIER	Carretera Panamericana Norte 161 Sur	Copiapó	III	(52) 21 1726
36	Centro De Medicina Nuclear Y Endocrinología	Gabriel González Videla 1651	Copiapó	III	(51) - 210804
37	Universidad de Atacama	Avenida Copayapu 485	Copiapó	III	(52) 206 500
38	Clínica Huanhuali	Huanhualí 440	La Serena	IV	(51) - 211438

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

39	Analyzer	Manuel Antonio Matta 309 Dpto. B	La Serena	IV	(51) - 544704
40	Laboratorio Clínico Dra. Gloria Canovas L	Eduardo De La Barra 260	La Serena	IV	(51) - 225236
41	Laboratorio Clínico Hnos. Muñoz Flores	Calle Henríquez 405 Of. 4, Piso 2	Coquimbo	IV	(51) - 322468
42	Laboratorio Clínico Santa María	Avenida José Manuel Balmaceda 1015 Loc. 10	La Serena	IV	(51) - 551051
43	Laboratorio Clínico Y Radiología Medilab Ltda.	Calle Miguel Aguirre 280 Of. 27	Ovalle	IV	(53) - 625876
44	ALS ENVIROMENTAL AFTA	Av. La Fragua 1100 Barrio Industrial	La Serena	IV	(51) 23 2697
45	GEOANALITICA	Av. Gerónimo Méndez 1740 Barrio Industrial	Coquimbo	IV	(51) 23 0058
46	Universidad de La Serena	Raúl Bitrán Nacharay S/N	La Serena	IV	(51) 204 000
47	Laboratorio Químico Alimentos Aguas y Riles Corthorn Quality	Palacio Riesco 4549 Huechuraba	Santiago	RM	(2)-580 8000
48	Laboratorio Stewart Blait	Av. Quilín 2910 Macul	Santiago	RM	(2)-410 0400
49	Centro Nacional del Medio Ambiente	Av. Larraín 9975 La reina	Santiago	RM	(2)-299 4100
50	SGS Chile Ltda.	Ignacio Valdivieso 2409. San Joaquín	Santiago	RM	(2)-898 9605
51	Metalquim LTDA.	José Besa 1507 Quinta Normal	Santiago	RM	(2)-773 4429
52	Andes Control S.A.	Madrid 974	Santiago	RM	(2)-222 5958
53	Condecal LTDA.	Maipú	Santiago	RM	(2)-625 2517
54	Servitox LTDA.	Ernesto Pinto Lagarrigue 281 Recoleta	Santiago	RM	(2)-735 5863
55	Laboratorios Rilab	Camino a Melipilla 7003 - F. Cerrillos	Santiago	RM	(2)-942 4747
56	ALS Chemex	Calle Los Ebanistas 8521. La Reina	Santiago	RM	(2)-654 6100
57	Laboratorio Reccius Limitada	Av. Pucará 5326 Ñuñoa	Santiago	RM	(2)-277 5464
58	Comercial Industrial Apex Limitada	Calle Leopoldo Urrutia 1830. Ñuñoa	Santiago	RM	(2)-274 9913
59	Laboratorio de Química Clínica Especializada	Av. Salvador 149 Providencia	Santiago	RM	(2)-274 6774

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

60	Laboratorio de Antioxidantes Cenmec - UC	Av. Portugal 49 Piso 2	Santiago	RM	(2)-222 2577
61	Gladys Cristina Tagle Parra y CIA LTDA.	Calle Cerro Los Cóndores 9951 Quilicura	Santiago	RM	(2)- 738 5127
62	Tolosa Bugueño Leonardo Roberto	Calle Lo Moreno 208 Paradero 38 El Bosque	Santiago	RM	(2)-529 8073
63	PHARMA GENEXX S.A	Cam A Melipilla 7073 Cerrillos	Santiago	RM	(2)-799 4400
64	Consultora Biotecnología S.A.	Calle Obispo Arturo Espinoza Campos 2406. Macul	Santiago	RM	(2)-315 4864
65	Quality	Av. Carrascal 3277 Quinta Normal	Santiago	RM	(2)-682 1643
66	ACTLABS Chile S.A.	Merced 366	Santiago	RM	(55) 55 6851
67	Laboratorios Aguas Hidrolab S.A.	Av. Central 681 Quilicura	Santiago	RM	(2)- 756 6350
68	Latorre Carlos S.A.	Av. Presidente Bulnes 139 Of.64-67	Santiago	RM	(2)-696 1481
69	ANAM	Av. Presidente Balmaceda 1398 P.5	Santiago	RM	(2)- 496 3271
70	Aqua Calidad del Agua	Almirante Latorre 548	Santiago	RM	(2)- 672 7001
71	Biotecnología Internacional S.A.	Calle Cuevas 1249	Santiago	RM	(2)-554 5699
72	INSPELAB LTDA.	Cueto 740.	Santiago	RM	(2)- 681 9581
73	AGROCAB LTDA.	José Domingo Cañas, 2914. Ñuñoa	Santiago	RM	(2)-225 8087
74	Ventura y Asociados Héctor	Biarritz 1953 Providencia	Santiago	RM	(2)-204 7543
75	Terra LTDA.	Av. Einstein 1224 Independencia	Santiago	RM	(2)- 736 9533
76	TECNOLAB LTDA.	Av. Ramón Subercaseaux 3041	Santiago	RM	(2)- 683 2179
77	ACME ANALYTICAL LABORATORIES	Av. Claudio Arrau 7152 Parque Industrial/ Pudahuel	Santiago	RM	(2)-747 9754
78	Díaz SIU Y Torres LTDA	Calle María Auxiliadora 799 San Miguel	Santiago	RM	(2)-553 9370
79	Asesoría y Control Químico LTDA.	Calle Juan Carrera 2883. Maipú	Santiago	RM	(2)-531 7627
80	Laboratorio Soiltes LTDA.	Calle Paulina 7880 La Cisterna	Santiago	RM	(2)-548 4123

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

81	Gestión de Calidad y Laboratorio	Av. Parque Antonio Rabat Sur 6165 Vitacura	Santiago	RM	(2)-2400323
82	LABSANDTESTING	Av. Los Leones 1871 Providencia	Santiago	RM	(2)-4819100
83	ANALAB Chile S.A	Exequiel Fernández 3592 Macul	Santiago	RM	(2)-713 15 26
84	Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Laboratorios de ciencias Ambientales	Santa Rosa N° 11.610	Santiago	RM	(2)-7575222
85	Corthorn Quality (Chile) S.A.	Palacio Riesco 4549	Santiago	RM	(2) 580 8000
86	Agriquem América S.A.	Calle Industriales 697, Piso 5	Santiago	RM	(2) - 2484910
87	Mecánica Lab Assistance	Huérfanos 2483	Santiago	RM	(2) - 6994914
88	Metalquim Ltda.	Calle José Besa 1507	Santiago	RM	(2) - 7726132
89	MR Laboratorio Ltda.	Calle Santa Elena 1209	Santiago	RM	(2) - 5543645
90	Laboratorio de Química de policía de Investigaciones	Avenida José Pedro Alessandri 1800	Santiago	RM	(2) - 58662430
91	Instituto de Salud Pública de Chile	Av. Marathon 1000- Ñuñoa	Santiago	RM	(2) 5755 100
92	Barnafi Krause Diagnóstica	Avenida Miguel Claro 070 Loc. 33 Torres De Tajamar	Santiago	RM	(2) - 2362777
93	Bioanálisis Chile Limitada	Avenida Providencia 2392 Of. 403	Santiago	RM	(2) - 3353334
94	Laboratorio Clínico Blanco Ltda.	Avenida Salvador 31	Santiago	RM	(2) - 4905500
95	Centro Laboratorio Plaza	San Martín 150- Peñaflores	Santiago	RM	(2) - 8122114
96	Soc. Medica Vival Limitada	Monjitas 843 Edificios B Y C, Piso 1° Y 4°	Santiago	RM	(2) - 6305500
97	Centro Médico Y Laboratorio Clínico Baquedano	Avenida Vicuña Mackenna 3 Of. 204	Santiago	RM	(2) - 6397842
98	Diagmed - Centros De Diagnostico Y Especialidades	Agustinas 972 Of. 617	Santiago	RM	(2) - 6981257
99	Green Medical	Avenida Grecia 1670	Santiago	RM	(2) - 2379830
100	Laboratorios Campvs	Calle Chacabuco 785 , Piso 2	Santiago	RM	(2) - 6816053

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

101	Pontificia Universidad Católica De Chile	Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340	Santiago	RM	(2) - 3542000
102	Laboratorio Clínico Alameda	Presidente Juan Antonio Ríos 26 Dpto. 2	Santiago	RM	(2) - 6392204
103	Laboratorio Clínico Antonio Concha Ltda.	Calle Merced 346 Of. E -2	Santiago	RM	(2) - 6642571
104	Laboratorio Clínico Bactotec S.A.	Dieciocho 87	Santiago	RM	(2) - 6955256
105	Laboratorio Clínico De Santiago	Avenida Pajaritos 215	Santiago	RM	(2) - 4914987
106	Laboratorio Clínico I.E.M. Ltda.	Calle Román Díaz 205 Of. 106	Santiago	RM	(2) - 2356063
107	Laboratorio Clínico Matías Cousiño Ltda.	Calle Diagonal Pasaje Matte 957 Of. 620	Santiago	RM	(2) - 6392218
108	Laboratorio Clínico Multimédica Ltda.	Calle El Llano Subercaseaux 4005 Dpto. 404-405	Santiago	RM	(2) - 5514611
109	Laboratorio Clínico Salud Integral Ltda.	Calle Antonio Bellet 77	Santiago	RM	(2) - 2640719
110	Laboratorio Pisano Y Onetto Ltda.	Pérez Valenzuela 1572 Of. 204	Santiago	RM	(2) - 2358066
111	Olivares Bokamy Y Cía. Ltda.	Avenida Matucana 727	Santiago	RM	(2) - 6818274
112	Laboratorio Y Banco De Sangre Rady Lab Limitada	Avenida Santa Rosa 1448	Santiago	RM	(2) - 5545142
113	Servicios Clínicos Nicoval Ltda.	Calle José Manuel Balmaceda 4329 , Local 3 Y 4	Santiago	RM	(2) - 6413236
114	Andoni Etcheverry	Edwards 66 Of. 304, Ed. Enrique Deformes	Valparaíso	V	(32) - 2226779
115	Electroencefalografía Dr. Iglesias	Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 510	Los Andes	V	(34) - 424330
116	Fleming's Análisis Clínicos Ltda.	Avenida Valparaíso 507 Of. 304, Piso 3	Viña del Mar	V	(32) - 2681009
117	Laboratorio Clínico Carrera	Vicuña Mackenna 874 305-306, Piso 3	Quilpué	V	(32) - 2914966
118	Laboratorio Clínico Diagnostika Alemana S.A.	Villanelo 180 Of. 302	Viña del Mar	V	(32) - 2680750
119	Laboratorio Clínico García Rosado	Calle Pudeto 238	Quillota	V	(33) - 310308
120	Laboratorio Clínico Oriana Fernández	Pudeto 282	Quillota	V	(33) - 313093
121	Laboratorio Clínico Sedelis.	Calle Condell 1443 Of. 206 Galería Hotel Prat	Valparaíso	V	(32) - 2223935

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

122	Laboratorio Clínico-Diagnóstico Clinilab Ltda.	Avenida Valparaíso 645 Loc. 1	Villa Alemana	V	(32) - 2951912
123	Laboratorio Diagnóstico Clínico	Avenida Valparaíso 694 Of. 109	Valparaíso	V	(32) - 2460163
124	Laboratorio Erna Moraga	Condell 1217 Dpto. 301 Edificio O'Higgins	Valparaíso	V	(32) - 2256546
125	Laboratorio Labocal	Carrera 1187	Calera	V	(33) - 222855
126	Lavatorio Clínico Pasteur Ltda.	José Joaquín Pérez 300 , Piso 2,	Calera	V	(33) - 222524
127	Insi Laboratorio Clínico	Avenida Vicuña Mackenna 864 Of. 210	Quilpué	V	(32) - 2918037
128	Aclin, Soc. Análisis Químico Clínicos Limitada	Calle Nueve Norte 795	Viña del Mar	V	(32) - 2699605
129	Endoclín	Catorce Norte 571 Of. 514, Piso 5	Viña del Mar	V	(32) - 2699202
130	Laboratorio De Control Técnico Llay-Llay Ltda.	Ruta Cinco Norte Km 86 ½	Llay Llay	V	(34) - 612480
131	Ingeniería Hao	Calle Diez Norte 942, Viña del Mar	Viña del Mar	V	(32) - 2973502-2870036
132	Laboquim Terra	Avenida Veintiuno De Mayo 1699 , Paradero 8	Quillota	V	(33) - 314026
133	Servicios de Laboratorios BA	Parcela 7B, Fundo Santa Herminia	Calera	V	(2) 8466180
134	SILOB CHILE	Javiera Carrera 839, Cerro Placeres	Valparaíso	V	(32) 249 8177
135	Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación (LDT)	Avenida Playa Ancha 850	Valparaíso	V	(32) 250 0270
136	Universidad de Valparaíso	Avenida Errázuriz 2190	Valparaíso	V	(32) 250 7000
137	Universidad Técnica Federico Santa María	Avenida España 1680	Valparaíso	V	(32) 265 4000
138	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía	San Francisco s/n La Palma	Quillota	V	(32) 274523
139	Universidad Viña del Mar-Centro de investigación agrícola y ambiental	Av. Agua Santa 7055	Viña del Mar	V	(32) - 2462415
140	Marrs Laboratorios	Los Ángeles #123 Santa Julia	Viña del Mar	V	(32) 286 5646
141	Laboratorio Clínico Torre Médica	Avenida Bombero Villalobos 1049	Rancagua	VI	(72) 219096
142	Centrolab	Avenida Claudio Cancino 80	Santa Cruz	VI	(72) 821676

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

143	Laboratorio Clínico Augusto Valdés	Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 595 Dpto. 101	Constitución	VI	(71) 671338
144	Laboratorio Clínico Fundación Betania	Avenida Camilo Henríquez 39	Talca	VII	(75) 312124
145	Laboratorio Clínico Labdiagnostic	Sargento José Bernardo Cáceres 636	Rancagua	VI	(72) 232915
146	Laboratorio Clínico San Vicente	Exequiel González 463	San Vicente	VI	(72) 571441
147	Laboratorio Clínico Virginia Saenz Fuenzalida	Avenida Manuel Rodríguez 620 Of. 12	San Fernando	VI	(72) 720772
148	Centro Médico San Lucas	Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 560	Rancagua	VI	(72) 239474
149	Laboratorios Clínicos Alabart-Balzer	San Martín 141	Rancagua	VI	(75) 326898
150	Medisalud Laboratorio Clínico	Avenida Carampangue 708	Rancagua	VI	(72) 712891
151	Laboratorio Clínico Lantadilla Ltda.	Avenida Capitán Ramón Freire 560	Rancagua	VI	(72) 241160
152	Laboratorio Quality Lab	Calle Membrillar 598-A	Rancagua	VI	(75) 313266
153	LABSER- Laboratorio de servicios avanzados	Camino Vecinal 950 - Ruta H 30 - Casilla 251	Rancagua	VI	(72)-339200
154	Laboratorio Clínico Alcántara	Manuel Montt 357 Of. 405	Curicó	VII	(75) 317359
155	Laboratorio Clínico Alemán Ltda.	Calle Montt 341	Curicó	VII	(75) 323749
156	Laboratorio Clínico Coloma	Quechereguas 760	Talca	VII	(72) 712234
157	Laboratorio Clínico Dra. Ximena González	Uno Oriente 801 Of. 201	Talca	VII	(71) 220185
158	Laboratorio Clínico Fischer	Libertador Bernardo O'Higgins 372	Talca	VII	(71) 672079
159	Laboratorio Clínico Mac Médica	Peña 590	Curicó	VII	(75) 317867
160	Laboratorio Clínico Medisalud	Cara pangue 708 Of. 6, Piso 1	Curicó	VII	(72) 716396
161	Laboratorio Clínico Santa Marta	Chaca buco 691	Curicó	VII	(75) 222641
162	Laboratorios Ambientales ESSBIO	Planta de Agua Potable San Luis, Sector Monte Baeza s/n	Talca	VII	(71) 204101
163	Universidad de Talca - facultad de Ciencias Agrarias	2 Norte N° 685	Talca	VII	(71) 200 200

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

164	Universidad Católica del Maule	Avda. San Miguel N° 3605	Talca	VII	(71) 201650
165	Centro De Diagnóstico Kenal	Calle Barros Arana 301	Concepción	VIII	(41) - 2290900
166	Laboratorio Diagnomed S A	Avenida O'Higgins Poniente 39	Concepción	VIII	(41) - 2888300
167	Laboratorio Clínico Tecnimed Limitada	Avenida O'Higgins Poniente 39	Concepción	VIII	(41) - 2628800
168	Laboratorio Clínico Dr. Gustavo Torrejón	Tucapel 286	Concepción	VIII	(41) - 2227896
169	Laboratorio De Especialidades Medicas Emsa S A	Calle San Martín 1350	Concepción	VIII	(41) - 2466633
170	Laboratorio Diagonal S A	Ongolmo 174 Dpto. 202	Concepción	VIII	(41) - 2747380
171	Soc. De Servicios Médicos Doctora Liliana Montoya Robles Y Cia Ltda.	Doctor Genaro Reyes 581 Of. 209, Piso 2	Concepción	VIII	(43) - 312710
172	Soc. Laboratorio Clínico Biomec Ltda.	Aníbal Pinto 397 , Piso 2	Concepción	VIII	(43) - 419041
173	Laboratorio Clínico Centro De Salud Lincoyán Ltda.	Lincoyán 252	Concepción	VIII	(41) - 2229789
174	Laboratorio Clínico Christian Gross Y Cia Ltda.	Calle Bulnes 655	Concepción	VIII	(42) - 239210
175	Laboratorio Clínico Folch	Calle Dieciocho De Septiembre 860	Concepción	VIII	(42) - 223377
176	Laboratorio Clínico Labotem	Manuel Rodríguez 429	Concepción	VIII	(41) - 2978302
177	Laboratorio Clínico Someruno	Calle Isabel Riquelme 446	Concepción	VIII	(42) - 227394
178	Laboratorio De Endocrinología Y Diabetes - Imedin	Lincoyan 174 , Piso 1	Concepción	VIII	(41) - 2228252
179	Laboratorio Químico Bio Bio	Angol 359	Concepción	VIII	(41) - 2227663
180	Instituto de Investigaciones Agropecuarias	Av. Vicente Mendez N° 515	Chilla	VIII	(42) - 209755
181	5M S. A.	Avenida España 670	Talcahuano	VIII	(41) - 2541033
182	Universidad de Concepción , Centro EULA	Barrio Universitario s/n	Concepción	VIII	(41)2204002
183	Universidad del Bio Bio	Avenida Collao 1202	Concepción	VIII	(41) 2731200
184	Universidad Católica de la Santísima Concepción	Universidad Católica de la Santísima Concepción	Concepción	VIII	(41) 273 50 00

INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

185	Bioanálisis	Avenida Arturo Prat 350 Of. 611 Edificio Nexus, Local 2 - B	Temuco	IX	(45) - 239146
186	Soc. De Análisis Clínicos Limitada	Calle Benavente 474	IX Región	IX	(65) - 340400
187	Laboratorio Clínico Angol	Vergara 413	Angol	IX	(45) - 463210
188	Laboratorio Clínico Austral	Calle Vicuña Mackenna 520	Temuco	IX	(45) - 218870
189	Laboratorio Clínico Centro Médico Valdivia	Calle Maipú 125	Valdivia	IX	(63) - 213453
190	Laboratorio Clínico De Valdivia	Calle Beauchef 742	Valdivia	IX	(63) - 213328
191	Laboratorio Clínico Del Lago	Camino Henríquez 280	Villarrica	IX	(45) - 419914
192	Laboratorio Clínico Neolab Ltda.	Avenida Caupolicán 110 Of. 406	Temuco	IX	(45) - 232577
193	Laboratorio Clínico Ñielol	Calle Vicuña Mackenna 305 Of. 102	Temuco	IX	(9) - 90356699
194	Laboratorio Clínico Pucón	Uruguay 326 - Pucón	Pucón	IX	(45) - 444113
195	Laboratorio Clínico Villarrica	Valentín Letelier 815	Villarrica	IX	(45) - 412736
196	Clínica Alemana Temuco	Calle Senador Estébanez 645	Temuco	IX	(45) - 201170
197	Centro De Diagnostico Y Tratamiento Ltda.	Manuel Montt 942	Temuco	IX	(45) - 960000
198	Universidad de la Frontera, Instituto de Agroindustria	Avenida Francisco Salazar 1145	Temuco	IX	(45) - 325050-325555
199	Soc. Laboratorio Clínico Ancud Limitada	Calle Aníbal Pinto 308	Ancud	X	(65) - 623017
200	Laboratorio Clínico Hematológico Biolab Limitada	Calle Ramón Freire 406	Osorno	X	(65) - 634210
201	Laboratorio Clínico Louis Pasteur	Manuel Bulnes 688	Osorno	X	(64) - 235748
202	Laboratorio Clínico Meditest	Calle Benavente 840 Of. 205	Puerto Montt	X	(65) - 310165
203	Laboratorio Clínico Tecno Medic	Urmeneta 790 Of. 201, Piso 2	Puerto Montt	X	(65) - 254400
204	Laboratorio Especialidades Médicas Labemed Ltda.	Calle Benavente 387	Puerto Montt	X	(65) - 257990
205	Cetecsal S.A.	Ruta 5 Sur S/N Sector Piruquina, Km. 1170	Castro	X	(65) - 534134


INFORME FINAL

Proyecto N° 15588 – 155 – LE09

Manejo de Desechos de y con Contenido de Mercurio

206	Universidad de los Lagos - Laboratorio de análisis Químico de Suelos Foliar	Avenida Fuchslocher 1305	Osorno	X	(64) 333096
207	Laboratorio Magallanes S. A.	Avenida Cristóbal Colón 1098 Edificio Cruz Roja	Punta Arenas	XII	(61) - 244454
208	Laboratorio Clínico Dra. Fuica	Capitán Ignacio Carrera Pinto 764-A, Piso2.	Punta Arenas	XII	(61) - 221137
209	Laboratorio Austral Lacen Ltda.	Presidente Jorge Montt 371	Punta Arenas	XII	61) - 244387
210	Universidad de Magallanes	Avenida Bulnes 01855	Punta Arenas	XII	(61) 207000
211	Criocelt S.A.	Arturo Junge 75 A Of. 71 Pedro De Valdivia	Valdivia	XIV	(41) - 2733100
212	Centro Médico Riñihue	Avenida Matta 295	Riñihue	XIV	(63) - 461295
213	Laboratorio Clínico Diagnostica	Calle Beauchef 26	Valdivia	XIV	(63) - 249268
214	Universidad Austral	Independencia 641	Valdivia	XIV	63-221277

5.3 Anexo 3: Ficha de Inspección de Sitios Contaminados



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS


I. INFORMACION GENERAL		
1.1	Región	IV Región, Coquimbo
1.2	Fecha de Inspección (día, mes, año)	29 octubre 2009
1.3	Evaluadores : Angela Oblasser, Iván Honorato	
Evaluador 1	Nombre	Karen La Ssalle
	Teléfono/Fax	(51) 219534
	e-mail	Klasalle@conama.cl
	Institución	Conama
	Cargo/Relación	Apoyo Profesional Unidad de contaminación
Evaluador 2	Nombre	
	Teléfono/Fax	
	e-mail	
	Institución	
	Cargo/Relación	
Evaluador 3	Nombre	
	Teléfono/Fax	
	e-mail	
	Institución	
	Cargo/Relación	


II. IDENTIFICACION DEL AREA		
2.1	Nombre del Sitio	Sitio 2
2.2	Localización	Entrada sector Chipiquilla
2.3	Cerca de	Minera de Cobre "Carmen de Andacollo"
2.4	Comuna	Andacollo
2.5	Coordenadas	Este
		DATUM
		Norte
		USO


III. CARACTERISTICAS GENERALES DEL SITIO		
3.1	Tipo de Propiedad	<input type="checkbox"/> Fiscal <input checked="" type="checkbox"/> Privada <input type="checkbox"/> Desconocida
3.2	Nombre(s) del Propietario (s)	Por definir
3.3	Área Aproximada del Sitio (Ha)	1,5 Ha
3.4	Estatus del Sitio	<input type="checkbox"/> Activo Desde el año □□□□
		<input checked="" type="checkbox"/> Inactivo Desde el año □□□□
3.5	¿Accesible a Público?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados

-Página 1-

 FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	
IV. FUENTE DE LA CONTAMINACIÓN PROBABLE	
4.1	Fuente Contaminante <input type="checkbox"/> Área Industrial/Comercial (Llenar Anexo 1) <input checked="" type="checkbox"/> Actividad Minera (Llenar Anexo 3) <input type="checkbox"/> Estación de Servicio (Llenar Anexo 4) <input type="checkbox"/> Relleno Sanitario (Llenar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Vertedero (Llenar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Botadero de residuos (Llenar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Planta de Tratamiento (Llenar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Incineración de residuos (Llenar Anexo 5) <input type="checkbox"/> Accidentes y derrames <input type="checkbox"/> Cementerios <input type="checkbox"/> Subestaciones de energía <input type="checkbox"/> Actividad Agrícola
4.2	Existencia anterior de otra Fuente de contaminación <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Si es SI indicar la (o las) fuente(s) de contaminación _____
4.3	Posibles formas de Contaminación <input type="checkbox"/> Efluentes <input type="checkbox"/> Derrames <input checked="" type="checkbox"/> Disposición de residuos sólidos <input checked="" type="checkbox"/> Infiltraciones <input checked="" type="checkbox"/> Emisiones <input type="checkbox"/> Otras <input type="checkbox"/> Ninguna
V. POTENCIAL DE TRANSPORTE	
Ruta de contaminación: Suelo	
5.1	Tipo predominante del suelo y/o superficie <input type="checkbox"/> Suelo de textura gruesa <input type="checkbox"/> Suelo de textura media <input checked="" type="checkbox"/> Suelo de textura fina <input type="checkbox"/> Escombros <input type="checkbox"/> Suelo pedregoso <input type="checkbox"/> Suelo con recubrimiento parcial <input type="checkbox"/> Suelo con recubrimiento total <input type="checkbox"/> Desconocido
5.2	Fuentes de la Información Obtenida <input type="checkbox"/> Cartografía <input type="checkbox"/> Análisis en Laboratorio <input type="checkbox"/> Estudios Previos <input checked="" type="checkbox"/> Inspección de Campo
5.3	Pendiente General del terreno <input checked="" type="checkbox"/> Fuerte > 30° (a) <input type="checkbox"/> Media entre 5° y 30° (b) <input type="checkbox"/> Baja < 5° (c)
Ruta de contaminación: Agua Subterránea	
5.4	¿Existe agua subterránea? <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	Profundidad (metros)
5.5	¿Cómo fue establecida la Profundidad? <input type="checkbox"/> Estimación visual <input type="checkbox"/> Medición <input checked="" type="checkbox"/> Mapas / Pozos cercanos <input checked="" type="checkbox"/> Consulta local
Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados -Página 2-	

 FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	
5.6	¿Existe algún pozo de extracción de agua subterránea dentro de un radio de 2.5 kilómetros ? <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.7	Uso del agua <input type="checkbox"/> Recreacional <input type="checkbox"/> No utilizable <input checked="" type="checkbox"/> Riego <input checked="" type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Agua Potable <input type="checkbox"/> No aplica
Ruta de contaminación: Agua Superficial	
5.8	¿Cuál es la distancia al curso de agua superficial más cercano (m)? 30 m Especificar tipo de fuente de agua (rio, lago, laguna, embalse, canal)
5.9	Uso del agua <input type="checkbox"/> Recreacional <input type="checkbox"/> No utilizable <input type="checkbox"/> Riego <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Agua Potable <input checked="" type="checkbox"/> No aplica
Ruta de contaminación: Aire	
Si existen sospechas de emisiones al aire provenientes de la fuente contaminante marque el (o los) receptor(es) que pueden verse afectado (radio máximo de 2,5 Km.):	
5.10	<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador (en el sitio) <input checked="" type="checkbox"/> Residente (fuera del sitio) <input checked="" type="checkbox"/> Otro (suelo, agua, cultivos, etc) <input type="checkbox"/> Ninguno
VI. RECEPTORES : ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CERCANIAS (R = 1000M)	
6.1	Características del Sector <input type="checkbox"/> Urbano <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> Semi Urbano <input type="checkbox"/> Recreativo <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Rural
6.2	Medios Ambientales Potencialmente Impactados <input checked="" type="checkbox"/> Suelo <input checked="" type="checkbox"/> Aire <input type="checkbox"/> Agua Superficial <input checked="" type="checkbox"/> Agua Subterránea <input checked="" type="checkbox"/> Alimentos (cultivos) <input type="checkbox"/> Ninguno
6.3	Recursos o Actividades presentes en el Área <input checked="" type="checkbox"/> Población humana <input checked="" type="checkbox"/> Acuífero explotable <input type="checkbox"/> Área protegida <input type="checkbox"/> Curso de agua superficial <input type="checkbox"/> Área agrícola <input type="checkbox"/> Área comercial <input checked="" type="checkbox"/> Área recreacional <input type="checkbox"/> Área Pecuaria <input checked="" type="checkbox"/> Área silvestre <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Área silvícola <input type="checkbox"/> Ninguno
<hr/> <i>Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados</i> -Página 3-	



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

6.4 Evidencias de Contaminación (marque con una X el tipo de evidencia encontrada)

Medio Ambiental	Análisis de Laboratorio	Apariencia Visual	Olor	Referencias Locales	Ninguna
Agua					
Suelo		x		x	
Aire		x		x	
Construcciones/Instalaciones		x			
Flora		x			
Fauna					

Notas sobre evidencias encontradas:
 Se presenta en el sitio, una torta de materiales de relaves, que se encuentran en forma continua a un sector poblado, distancia aproximada 10 m.

6.5 Evidencias de rutas completas de exposición (indicar los elementos que están presentes)


Fuente de contaminación	Medio ambiental contaminado	Punto de exposición	Via de Exposición	Receptores
<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Residencia	<input checked="" type="checkbox"/> Inhalación	<input checked="" type="checkbox"/> Residente
<input type="checkbox"/> Actividad Industrial	<input checked="" type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Áreas de juego	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto Dérmico	<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador
<input type="checkbox"/> Actividad Comercial	<input type="checkbox"/> Agua Superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Interior sitio	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Persona de Paso
<input checked="" type="checkbox"/> Actividad Minera	<input type="checkbox"/> Agua Subterránea	<input type="checkbox"/> Interior recinto industrial	<input type="checkbox"/> Ingesta de agua	<input type="checkbox"/> Organismos acuáticos
<input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Riachuelo	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de alimentos	<input checked="" type="checkbox"/> Animales del Sector
<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Flora del Sector
	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno

Notas sobre sintomatologías:

6.6 Población más expuesta

Residentes	Trabajadores
Nombre de la población: Andacollo	Número aproximado de trabajadores:
Distancia del sitio (m) 10 m	
Número aproximado de habitantes 10.000	

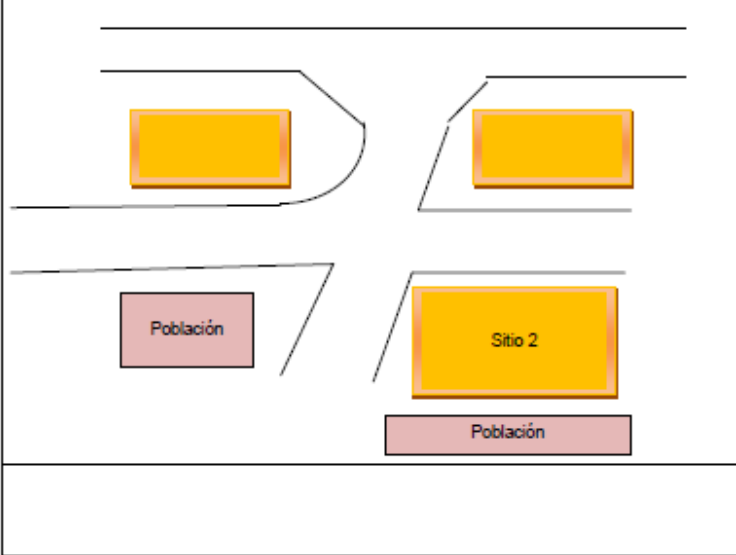
Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados -Página 4-



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

VII. ESQUEMAS

Croquis Esquemático de la Situación (Indicar fuente de contaminación, los bienes a proteger y vías de acceso)




VIII. INFORMACION DE ENTREVISTADOS

8.1	Nombre de la o las Personas Entrevistadas	
8.2	Cargo/función	
8.3	Dependencia	
8.4	Teléfono	
8.5	e-mail	
	Observaciones Generales	

Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados

-Página 5-



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

ANEXO 1

ACTIVIDAD INDUSTRIAL/COMERCIAL	
Tipo de Actividad (Ej: Petroquímica)	
Código CIU	
Tipo de Residuos	<input type="checkbox"/> Orgánicos <input type="checkbox"/> Metales <input type="checkbox"/> Plaguicidas <input type="checkbox"/> Mezclas complejas <input type="checkbox"/> Ninguno
Especificar el Tipo de Contaminante o Material Potencialmente Contaminado (volumen estimado)	
Descripción del proceso industrial en donde se genera el residuo	

ANEXO 2

DISPOSICION DE RESIDUOS			
Forma de Disposición	<input type="checkbox"/> Relleno Sanitario <input type="checkbox"/> Vertedero Autorizado <input checked="" type="checkbox"/> Botadero ilegal <input type="checkbox"/> Planta de tratamiento y disposición de residuos industriales <input type="checkbox"/> Otra		
Tipo de Residuos	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"> <input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ % <input type="checkbox"/> Industriales _____ % <input type="checkbox"/> Mineros 100 % <input type="checkbox"/> Hospitalario _____ % <input type="checkbox"/> Peligrosos _____ % </td> <td style="width: 50%; border: none;"> <input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ % <input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ % <input type="checkbox"/> De la Construcción _____ % <input type="checkbox"/> Desconocido _____ % <input type="checkbox"/> Otro 50 % procesado de oro y 50 % procesado de cobre </td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ % <input type="checkbox"/> Industriales _____ % <input type="checkbox"/> Mineros 100 % <input type="checkbox"/> Hospitalario _____ % <input type="checkbox"/> Peligrosos _____ %	<input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ % <input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ % <input type="checkbox"/> De la Construcción _____ % <input type="checkbox"/> Desconocido _____ % <input type="checkbox"/> Otro 50 % procesado de oro y 50 % procesado de cobre
<input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ % <input type="checkbox"/> Industriales _____ % <input type="checkbox"/> Mineros 100 % <input type="checkbox"/> Hospitalario _____ % <input type="checkbox"/> Peligrosos _____ %	<input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ % <input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ % <input type="checkbox"/> De la Construcción _____ % <input type="checkbox"/> Desconocido _____ % <input type="checkbox"/> Otro 50 % procesado de oro y 50 % procesado de cobre		
Medidas de Manejo	<input type="checkbox"/> Compactación <input type="checkbox"/> Impermeabilización Inferior <input type="checkbox"/> Drenajes Controlados <input type="checkbox"/> Recolección. y Trat. de Percolados <input type="checkbox"/> Recubrimiento Operacional <input type="checkbox"/> Impermeabilización Superior		

Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados

-Página 6-



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS
 POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

ANEXO 3

AREA MINERA			
Tipo de Mina	<input type="checkbox"/> Rajo Abierto <input type="checkbox"/> Subterránea	<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Ninguno	
Proceso de la Planta	<input type="checkbox"/> Lixiviación <input type="checkbox"/> Lavadero <input type="checkbox"/> Refinación <input type="checkbox"/> Tostación	<input type="checkbox"/> Chancado <input type="checkbox"/> Cianuración <input type="checkbox"/> Precipitación <input type="checkbox"/> S.X.E.W <input type="checkbox"/> Flotación	<input type="checkbox"/> Amalgamación <input type="checkbox"/> Molienda <input type="checkbox"/> Fusión/conversión <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Ninguno
Depósito Residuos	<input type="checkbox"/> Desmante/estéril <input type="checkbox"/> Escoria <input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Res. Industriales	<input type="checkbox"/> Rípijo de lixiviación <input type="checkbox"/> Piscina evaporación <input type="checkbox"/> Ninguno

ANEXO 4

ESTACIONES DE SERVICIO			
Año de Construcción	<input type="checkbox"/> Anterior a 1996		<input type="checkbox"/> Posterior a 1996
Tipo de actividades desarrolladas en el sitio	<input type="checkbox"/> Expendio de combustibles <input type="checkbox"/> Cambio de Aceite, lubricantes, etc.	<input type="checkbox"/> Lavado de vehículos <input type="checkbox"/> Servicios higiénicos	<input type="checkbox"/> Minimarket <input type="checkbox"/> Otros
Estanques recubiertos con material inoxidable	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de sistemas de contención de derrames	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de mecanismos de recuperación de gases	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de generadores de electricidad, subestaciones eléctricas, otras.	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	

ANEXO 5

INCINERACION DE RESIDUOS			
Temperatura mínima de los gases en la zona de combustión	<input type="checkbox"/> > 850 ° C	<input type="checkbox"/> < 850 ° C	
Tiempo de retención de los gases en la zona de combustión	<input type="checkbox"/> > a 8 seg.	<input type="checkbox"/> < a 8 seg.	
Temperatura de entrada del equipo del control de emisiones después de la cámara de enfriamiento	<input type="checkbox"/> < a 200 ° C	<input type="checkbox"/> > a 200 ° C	<input type="checkbox"/> No existe


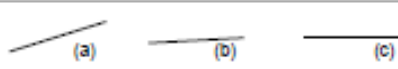



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS
 POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

I. INFORMACIÓN GENERAL		
1.1	Región	IV Región, Coquimbo
1.2	Fecha de Inspección (día, mes, año)	29 octubre 2009
1.3	Evaluadores : Ángela Oblasser, Iván Honorato	
Evaluador 1	Nombre	Karen La Ssalle
	Teléfono/Fax	(51) 219534
	e-mail	klasalle@conama.cl
	Institución	Conama
	Cargo/Relación	Apoyo Profesional Unidad de contaminación
Evaluador 2	Nombre	
	Teléfono/Fax	
	e-mail	
	Institución	
	Cargo/Relación	
Evaluador 3	Nombre	
	Teléfono/Fax	
	e-mail	
	Institución	
	Cargo/Relación	

II. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA		
2.1	Nombre del Sitio	Sitio 1
2.2	Localización	Calle principal de Andacollo, a un costado de Catedral de Andacollo
2.3	Cerca de	Catedral de Andacollo
2.4	Comuna	Andacollo
2.5	Coordenadas	Este Norte
	DATUM	USO

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO		
3.1	Tipo de Propiedad	<input type="checkbox"/> Fiscal <input checked="" type="checkbox"/> Privada <input type="checkbox"/> Desconocida
3.2	Nombre(s) del Propietario (s)	Por definir
3.3	Area Aproximada del Sitio (Ha)	0,25 Ha
3.4	Estatus del Sitio	<input type="checkbox"/> Activo Desde el año <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
		<input checked="" type="checkbox"/> Inactivo Desde el año <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
3.5	¿Accesible a Público?	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

 FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	
IV. FUENTE DE LA CONTAMINACIÓN PROBABLE	
4.1	Fuente Contaminante <input type="checkbox"/> Área Industrial/Comercial (Lienar Anexo 1) <input checked="" type="checkbox"/> Actividad Minera (Lienar Anexo 3) <input type="checkbox"/> Estación de Servicio (Lienar Anexo 4) <input type="checkbox"/> Relleno Sanitario (Lienar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Vertedero (Lienar Anexo 2) <input checked="" type="checkbox"/> Botadero de residuos (Lienar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Planta de Tratamiento (Lienar Anexo 2) <input type="checkbox"/> Incineración de residuos (Lienar Anexo 5) <input type="checkbox"/> Accidentes y derrames <input type="checkbox"/> Cementerios <input type="checkbox"/> Subestaciones de energía <input type="checkbox"/> Actividad Agrícola
4.2	Existencia anterior de otra Fuente de contaminación <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Si es SI Indicar la (o las) fuente(s) de contaminación _____
4.3	Posibles formas de Contaminación <input type="checkbox"/> Efuentes <input type="checkbox"/> Derrames <input checked="" type="checkbox"/> Disposición de residuos sólidos <input type="checkbox"/> Infiltraciones <input checked="" type="checkbox"/> Emisiones <input checked="" type="checkbox"/> Otras <input type="checkbox"/> Ninguna
V. POTENCIAL DE TRANSPORTE	
Ruta de contaminación: Suelo	
5.1	Tipo predominante del suelo y/o superficie <input type="checkbox"/> Suelo de textura gruesa <input type="checkbox"/> Suelo de textura media <input checked="" type="checkbox"/> Suelo de textura fina <input type="checkbox"/> Escombros <input type="checkbox"/> Suelo pedregoso <input type="checkbox"/> Suelo con recubrimiento parcial <input type="checkbox"/> Suelo con recubrimiento total <input type="checkbox"/> Desconocido
5.2	Fuentes de la Información Obtenida <input type="checkbox"/> Cartografía <input type="checkbox"/> Análisis en Laboratorio <input type="checkbox"/> Estudios Previos <input checked="" type="checkbox"/> Inspección de Campo
5.3	Pendiente General del terreno <input checked="" type="checkbox"/> Fuerte > 30° (a) <input type="checkbox"/> Media entre 5° y 30° (b) <input type="checkbox"/> Baja < 5° (c) 
Ruta de contaminación: Agua Subterránea	
5.4	¿Existe agua subterránea? <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
5.5	¿Cómo fue establecida la Profundidad? <input type="checkbox"/> Estimación visual <input type="checkbox"/> Medición <input type="checkbox"/> Mapas / Pozos cercanos <input checked="" type="checkbox"/> Consulta local
Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados -Página 2-	

		FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	
5.6	¿Existe algún pozo de extracción de agua subterránea dentro de un radio de 2.5 kilómetros ?	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
5.7	Uso del agua	<input type="checkbox"/> Recreacional <input type="checkbox"/> Riego <input type="checkbox"/> Agua Potable	
		<input type="checkbox"/> No utilizable <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> No aplica	
Ruta de contaminación: Agua Superficial			
5.8	¿Cuál es la distancia al curso de agua superficial más cercano (m)?	10 m	
Especificar tipo de fuente de agua (río, lago, laguna, embalse, canal)			
5.9	Uso del agua	<input type="checkbox"/> Recreacional <input type="checkbox"/> Riego <input type="checkbox"/> Agua Potable	
		<input type="checkbox"/> No utilizable <input type="checkbox"/> Industrial <input checked="" type="checkbox"/> No aplica	
Ruta de contaminación: Aire			
Si existen sospechas de emisiones al aire provenientes de la fuente contaminante marque el (o los) receptor(es) que pueden verse afectados (radio máximo de 2,5 Km.):			
5.10		<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador (en el sitio) <input checked="" type="checkbox"/> Residente (fuera del sitio) <input checked="" type="checkbox"/> Otro (suelo, agua, cultivos, etc) <input type="checkbox"/> Ninguno	
VI. RECEPTORES : ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CERCANÍAS (R = 1000M)			
6.1	Características del Sector	<input checked="" type="checkbox"/> Urbano <input type="checkbox"/> Semi Urbano <input type="checkbox"/> Otros	
		<input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Recreativo <input type="checkbox"/> Rural	
6.2	Medios Ambientales Potencialmente Impactados	<input checked="" type="checkbox"/> Suelo <input type="checkbox"/> Agua Superficial <input checked="" type="checkbox"/> Alimentos (cultivos)	
		<input checked="" type="checkbox"/> Aire <input checked="" type="checkbox"/> Agua Subterránea <input type="checkbox"/> Ninguno	
6.3	Recursos o Actividades presentes en el Area	<input checked="" type="checkbox"/> Población humana <input type="checkbox"/> Área protegida <input type="checkbox"/> Área agrícola <input checked="" type="checkbox"/> Área recreacional <input checked="" type="checkbox"/> Área silvestre <input type="checkbox"/> Área silvícola	
		<input checked="" type="checkbox"/> Acuífero explotable <input type="checkbox"/> Curso de agua superficial <input type="checkbox"/> Área comercial <input type="checkbox"/> Área Pecuaria <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Ninguno	
Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados		-Página 3-	



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

6.4 Evidencias de Contaminación (marque con una X el tipo de evidencia encontrada)					
Medio Ambiental	Análisis de Laboratorio	Apariencia Visual	Olor	Referencias Locales	Ninguna
Agua					
Suelo		X			
Aire		X			
Construcciones/Instalaciones					
Flora		X			
Fauna					

Notas sobre evidencias encontradas:


Se presenta en el sitio, una torta de materiales de relaves, que se encuentran en forma continua a un sector poblado, distancia aproximada 10 m.

6.5 Evidencias de rutas completas de exposición (indicar los elementos que están presentes)

Fuente de contaminación	Medio ambiental contaminado	Punto de exposición	Vía de Exposición	Receptores
<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Residencia	<input checked="" type="checkbox"/> Inhalación	<input checked="" type="checkbox"/> Residente
<input type="checkbox"/> Actividad Industrial	<input checked="" type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Áreas de juego	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto Dérmico	<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador
<input type="checkbox"/> Actividad Comercial	<input type="checkbox"/> Agua Superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Interior sitio	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Persona de Paso
<input checked="" type="checkbox"/> Actividad Minera	<input type="checkbox"/> Agua Subterránea	<input type="checkbox"/> Interior recinto Industrial	<input type="checkbox"/> Ingesta de agua	<input type="checkbox"/> Organismos acuáticos
<input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Riachuelo	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de alimentos	<input checked="" type="checkbox"/> Animales del Sector
<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Flora del Sector
	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Ninguno

Notas sobre sintomatologías:

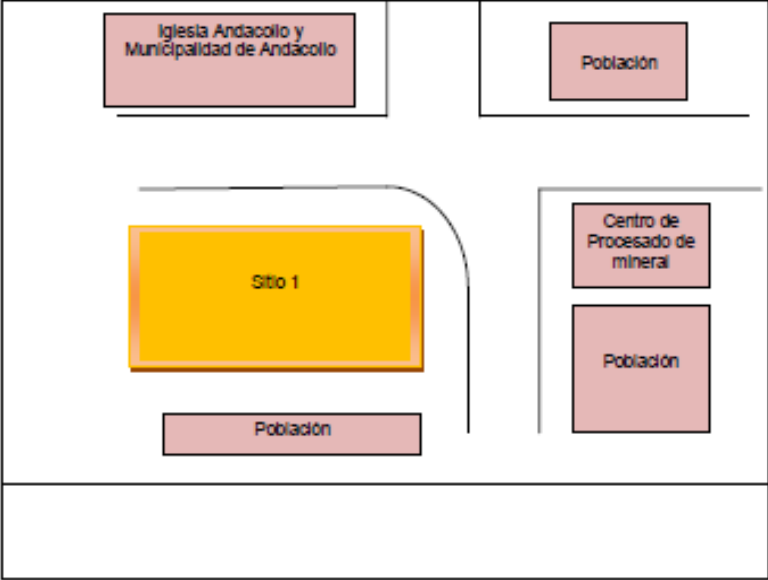
6.6 Población más expuesta	
Residentes	Trabajadores
Nombre de la población: Andacollo	Número aproximado de trabajadores:
Distancia del sitio (m) 10 m	
Número aproximado de habitantes 10.000	



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

VII. ESQUEMAS

Croquis Esquemático de la Situación (Indicar fuente de contaminación, los bienes a proteger y vías de acceso)



VIII. INFORMACION DE ENTREVISTADOS

8.1	Nombre de la o las Personas Entrevistadas	
8.2	Cargo/función	
8.3	Dependencia	
8.4	Teléfono	
8.5	e-mail	
	Observaciones Generales	

Ficha de Inspección a Sitios Potencialmente Contaminados
-Página 5-



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS
 POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

ANEXO 1

ACTIVIDAD INDUSTRIAL/COMERCIAL	
Tipo de Actividad (E: Petroquímica)	
Código CIU	
Tipo de Residuos	<input type="checkbox"/> Orgánicos <input type="checkbox"/> Metales <input type="checkbox"/> Plaguicidas <input type="checkbox"/> Mezclas complejas <input type="checkbox"/> Ninguno
Especificar el Tipo de Contaminante o Material Potencialmente Contaminado (volumen estimado)	
Descripción del proceso Industrial en donde se genera el residuo	

ANEXO 2

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS											
Forma de Disposición	<input type="checkbox"/> Relleno Sanitario <input type="checkbox"/> Vertedero Autorizado <input checked="" type="checkbox"/> Botadero ilegal <input type="checkbox"/> Planta de tratamiento y disposición de residuos industriales <input type="checkbox"/> Otra										
Tipo de Residuos	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ %</td> <td><input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ %</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Industriales _____ %</td> <td><input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ %</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Mineros TDD _____ %</td> <td><input type="checkbox"/> De la Construcción _____ %</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hospitalario _____ %</td> <td><input type="checkbox"/> Desconocido _____ %</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Peligrosos _____ %</td> <td><input type="checkbox"/> Otro _____ %</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ %	<input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ %	<input type="checkbox"/> Industriales _____ %	<input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ %	<input type="checkbox"/> Mineros TDD _____ %	<input type="checkbox"/> De la Construcción _____ %	<input type="checkbox"/> Hospitalario _____ %	<input type="checkbox"/> Desconocido _____ %	<input type="checkbox"/> Peligrosos _____ %	<input type="checkbox"/> Otro _____ %
<input type="checkbox"/> Domiciliarios _____ %	<input type="checkbox"/> Lodos Planta de Tratamiento _____ %										
<input type="checkbox"/> Industriales _____ %	<input type="checkbox"/> Industriales no peligrosos _____ %										
<input type="checkbox"/> Mineros TDD _____ %	<input type="checkbox"/> De la Construcción _____ %										
<input type="checkbox"/> Hospitalario _____ %	<input type="checkbox"/> Desconocido _____ %										
<input type="checkbox"/> Peligrosos _____ %	<input type="checkbox"/> Otro _____ %										
Medidas de Manejo	<input type="checkbox"/> Compactación <input type="checkbox"/> Drenajes Controlados <input type="checkbox"/> Recubrimiento Operacional <input type="checkbox"/> Impermeabilización Inferior <input type="checkbox"/> Recolección, y Trat. de Percolados <input type="checkbox"/> Impermeabilización Superior										



FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN A SITIOS
 POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

ANEXO 3

AREA MINERA			
Tipo de Mina	<input type="checkbox"/> Rajo Abierto <input type="checkbox"/> Subterránea	<input type="checkbox"/> Superficial <input type="checkbox"/> Ninguno	
Proceso de la Planta	<input type="checkbox"/> Lixiviación <input type="checkbox"/> Lavadero <input type="checkbox"/> Refinación <input type="checkbox"/> Tostación	<input type="checkbox"/> Chancado <input type="checkbox"/> Cianuración <input type="checkbox"/> Precipitación <input type="checkbox"/> S.X.E.W <input type="checkbox"/> Flotación	<input type="checkbox"/> Amalgamación <input type="checkbox"/> Molienda <input type="checkbox"/> Fusión/conversión <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Ninguno
Depósito Residuos	<input type="checkbox"/> Desmonte/estéril <input type="checkbox"/> Escoria <input type="checkbox"/> Otros	<input checked="" type="checkbox"/> Relaves <input type="checkbox"/> Res. Industriales	<input type="checkbox"/> Ripio de lixiviación <input type="checkbox"/> Piscina evaporación <input type="checkbox"/> Ninguno


ANEXO 4

ESTACIONES DE SERVICIO			
Año de Construcción	<input type="checkbox"/> Anterior a 1996		<input type="checkbox"/> Posterior a 1996
Tipo de actividades desarrolladas en el sitio	<input type="checkbox"/> Expendio de combustibles Cambio de Aceite, lubricantes, etc.	<input type="checkbox"/> Lavado de vehículos <input type="checkbox"/> Servicios higiénicos	<input type="checkbox"/> Minimarket <input type="checkbox"/> Otros
Estanques recubiertos con material inoxidable	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de sistemas de contención de derrames	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de mecanismos de recuperación de gases	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	
Existencia de generadores de electricidad, subestaciones eléctricas, otras.	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> No	

ANEXO 5

INCINERACIÓN DE RESIDUOS			
Temperatura mínima de los gases en la zona de combustión	<input type="checkbox"/> > 850 ° C	<input type="checkbox"/> < 850 ° C	
Tiempo de retención de los gases en la zona de combustión	<input type="checkbox"/> > a 8 seg.	<input type="checkbox"/> < a 8 seg.	
Temperatura de entrada del equipo del control de emisiones después de la cámara de enfriamiento	<input type="checkbox"/> < a 200 ° C	<input type="checkbox"/> > a 200 ° C	<input type="checkbox"/> No existe

5.4 Anexo 4: Resultados de Laboratorio



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago-CHILE
 705-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax: (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (IHM)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec - Canadá)

Fecha: 15.12.2009

INFORME DE ANÁLISIS N° 312 – 2009

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nombre	CONAMA CENTRAL Área de Gestión de Sustancias Químicas y Sitios Contaminados Departamento de Prevención y Control de la Contaminación
Dirección	Teatinos 254/258, Santiago, Chile
Teléfono	(56-2) 240 56 00
Fax	(56-2) 240 57 58
Contacto	Alejandra Salas
Número Cliente	1
Número Proyecto	13
Número Solicitud	4468

2. ANTECEDENTES Y CONSULTAS EN LQRMA

Nombre	Jorge Muñoz M.
Cargo	Supervisor (s) de Laboratorio de Química y Microbiología
Teléfono	(56-2) – 299 41 70
Fax	(56-2) – 299 41 72
E-Mail	jmunoz@cenma.cl

ALCANCES DE LA ACREDITACION. EL LQRMA, TIENE ACREDITACIÓN NCH/ISO 17025 OTORGADA POR EL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN) Y ACREDITACIÓN INTERNACIONAL ISO/IEC 17025 OTORGADA POR EL MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE, MEDIO AMBIENTE Y PARQUES DE QUÉBEC (MDQBP), CANADÁ. LOS ALCANCES DE LAS ACREDITACIONES SE INDICAN A CONTINUACION:


IHM. Determinación de características de toxicidad por irritación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, metales y metaloides por ICP-OES, mercurio (Hg) por AAS, inflamabilidad por método de Penck-Martens, características de toxicidad por lixiviación (SPLP), turbiedad, color verdadero, demanda química de oxígeno (DQO), carbono orgánico total (COT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos secados a 103-105°C, sólidos totales secados a 103-105°C, sólidos disueltos secados a 180°C, residuos sólidos filtrables secados a 104°C, sólidos sedimentables, fósforo total y reactivo, cianuro total, Cr (VI), índice fenol, Nitrógeno Kjeldahl, cloro libre por método DPD, aniones y cationes por cromatografía iónica, detergentes aniónicos, poder espumígeno, aceites y grasas, hidrocarburos fijos, pH y conductividad eléctrica, coliformes totales y fecales, coliformes totales y E. Coli, cromo y ácidos de nitrógeno por técnica de difusión pastas.

INDIEP. Determinación de toxicidad por lixiviación TCLP, inflamabilidad, corrosividad hacia el acero, pH, turbiedad, color verdadero, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos secados a 103-105°C, sólidos totales secados a 103-105°C, sólidos suspendidos volátiles, ácidos disueltos, fósforo total y reactivo, cianuro total, Cr (VI), índice fenol, nitrato y nitrilo, nitrógeno amoniacal, mercurio (Hg), arsénico (As), aluminio (Al), cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Niquel (Ni), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Bario (Ba), Boro (B), Cadmio (Cd), Selenio (Se), Vanadio (Va), Manganeso (Mg), Plata (Ag), conductividad eléctrica, aniones y cationes (Cl, Br, F, NO₂, NO₃, PO₄, SO₄), carbonos (Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NH₄⁺, Li⁺), determinación de aniones, cationes y metales en material particulado, cromo y colílo de nitrógeno por técnicas de difusión pasiva y gravimetría.

TERMINOS Y CONDICIONES. La responsabilidad del laboratorio de química y referencia medio ambiental (lqrma) del centro nacional del medio ambiente (cenma) se restringe a la prestación de los servicios analíticos, generación de planes de muestreo y/o muestreo medio ambiental convenidos con el cliente - los servicios analíticos y el muestreo son realizados teniendo en cuenta criterios de calidad internacionalmente reconocidos - el lqrma no es responsable por las condiciones de preservación de las muestras tomadas por el cliente - una vez realizados los análisis de las muestras, estas serán conservadas durante un mes luego del cual serán desechadas, y por ende no podrán ser reclamadas al local o los contenedores - las muestras que sean clasificadas como peligrosas deberán ser retiradas ineludiblemente por el cliente o en su defecto el cliente deberá cubrir los costos para su disposición final - los resultados informados por el lqrma son válidos solo para las muestras analizadas - los resultados enviados de manera electrónica por el lqrma tendrán el carácter de provisional y podrán estar sujetos a cambios basados en el procedimiento normal de aseguramiento y control de la calidad del laboratorio - se entenderá como certificado o informe de análisis válidamente emitido el documento en original, debidamente timbrado y firmado por el encargado de servicios y proyectos del laboratorio y/o el jefe del laboratorio, de profesión química.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL SIN AUTORIZACION DE CENMA.
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

Página 1 de 1



FUNDACION CHILE

Página 123 de 132



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec – Canada)

3. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
Código Muestra Cliente	Código Muestra CENMA	Descripción de la Muestra	Muestreado Por	Fecha de Muestreo	Fecha Recepción CENMA
MPA 01 Lado A	33264	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 02 Lado A	33265	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 03 Lado A	33266	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 04 Lado A	33267	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 01 Lado B	33268	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 02 Lado B	33269	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 03 Lado B	33270	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 04 Lado B	33271	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 05 Lado B	33272	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 01 Lado C	33273	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 02 Lado C	33274	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 03 Lado C	33275	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 04 Lado C	33276	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 05 Lado C	33277	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 01 Lado D	33278	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 02 Lado D	33279	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 03 Lado D	33280	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 04 Lado D	33281	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 05 Lado D	33282	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MPA 01 Lado E	33283	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009
MPA 02 Lado E	33284	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009
MPA 03 Lado E	33285	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009
MPA 04 Lado E	33286	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009
MSA 01	33287	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 02	33288	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 03	33289	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 04	33290	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 05	33291	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 06	33292	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 07	33293	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
MSA 08	33294	Suelos	Cliente	11.11.2009	16.11.2009
Control 1	33295	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009
Control 2	33296	Suelos	Cliente	12.11.2009	16.11.2009

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUÍMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec - Canadá)

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de Procedimiento de Lixiviación por Precipitación (Lluvia) Sintética, SPLP. (Código interno ILMAS-017). NCh 2746 Of 2003. Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAS-011). Método USEPA-6010C, SW-846. Determinación de mercurio por espectroscopia de absorción atómica con vapor frío. (Código interno ILMAS-010). Método USEPA- 7470 A, SW-846.

Muestra	Concentración (mg/L)							
	Arsénico	Bario	Cadmio	Cromo	Plomo	Selenio	Plata	Mercurio
MPA 01 Lado A	< 2,80·10 ⁻³	8,40·10 ⁻³	1,50·10 ⁻³	6,63·10 ⁻³	2,83·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	< 5,60·10 ⁻⁴	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 02 Lado A	< 2,80·10 ⁻³	3,93·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	9,70·10 ⁻³	< 3,20·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,03·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 03 Lado A	< 2,80·10 ⁻³	7,13·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	1,11·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,68·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 04 Lado A	< 2,80·10 ⁻³	3,71·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,61·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,33·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 01 Lado B	< 2,80·10 ⁻³	5,38·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	2,90·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,07·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 02 Lado B	< 2,80·10 ⁻³	4,95·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	1,13·10 ⁻³	9,60·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	4,90·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 03 Lado B	< 2,80·10 ⁻³	3,67·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,27·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,38·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 04 Lado B	< 2,80·10 ⁻³	1,44·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	1,11·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,30·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 05 Lado B	< 2,80·10 ⁻³	3,50·10 ⁻³	2,70·10 ⁻³	< 5,40·10 ⁻³	8,49·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,79·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 01 Lado C	< 2,80·10 ⁻³	2,50·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	5,53·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,47·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 02 Lado C	< 2,80·10 ⁻³	2,28·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	9,75·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,13·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 03 Lado C	< 2,80·10 ⁻³	4,95·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	4,40·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,80·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 04 Lado C	< 2,80·10 ⁻³	3,49·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,67·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,10·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 05 Lado C	< 2,80·10 ⁻³	6,93·10 ⁻³	3,90·10 ⁻³	< 5,40·10 ⁻³	2,59·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,80·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 01 Lado D	< 2,80·10 ⁻³	5,78·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	3,22·10 ⁻³	7,45·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	< 5,60·10 ⁻⁴	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 02 Lado D	< 2,80·10 ⁻³	2,23·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	5,13·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,80·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 03 Lado D	< 2,80·10 ⁻³	5,20·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,09·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	3,07·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 04 Lado D	< 2,80·10 ⁻³	5,94·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,43·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	3,23·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 05 Lado D	< 2,80·10 ⁻³	4,08·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	4,90·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	3,62·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 01 Lado E	< 2,80·10 ⁻³	3,73·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,94·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,63·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 02 Lado E	< 2,80·10 ⁻³	4,16·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	3,68·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	8,10E-03	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 03 Lado E	< 2,80·10 ⁻³	6,71·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	2,82·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	8,80E-03	< 3,10·10 ⁻⁴
MPA 04 Lado E	< 2,80·10 ⁻³	7,13·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	1,11·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	2,68·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 01	< 2,80·10 ⁻³	4,56·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	1,26·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,94·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 02	< 2,80·10 ⁻³	8,65·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	4,36·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	4,18·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 03	< 2,80·10 ⁻³	4,12·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	6,80·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,52·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 04	< 2,80·10 ⁻³	6,86·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	5,50·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,62·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 05	< 2,80·10 ⁻³	6,94·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	6,96·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,17·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 06	< 2,80·10 ⁻³	4,21·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	4,20·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	3,82·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 07	< 2,80·10 ⁻³	3,03·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	1,63·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	1,68·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
MSA 08	< 2,80·10 ⁻³	4,32·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	1,41·10 ⁻³	5,97·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	8,70·10 ⁻³	< 3,10·10 ⁻⁴
Control 1	< 2,80·10 ⁻³	1,48·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	< 5,40·10 ⁻³	< 3,20·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	< 5,60·10 ⁻⁴	< 3,10·10 ⁻⁴
Control 2	< 2,80·10 ⁻³	8,97·10 ⁻³	< 7,70·10 ⁻⁴	8,60·10 ⁻³	< 3,20·10 ⁻³	< 2,12·10 ⁻³	< 5,60·10 ⁻⁴	< 3,10·10 ⁻⁴
Límite de Detección	2,80·10 ⁻³	1,20·10 ⁻⁴	7,70·10 ⁻⁴	5,40·10 ⁻³	3,20·10 ⁻³	2,12·10 ⁻³	5,60·10 ⁻⁴	3,10·10 ⁻⁴
Límite de Cuantificación	9,33·10 ⁻³	4,00·10 ⁻⁴	2,57·10 ⁻³	1,81·10 ⁻³	1,07·10 ⁻³	7,07·10 ⁻³	1,87·10 ⁻³	1,03·10 ⁻³
Nivel Regulatorio para TCLP *	5,0	100	1,0	5,0	5,0	1,0	5,0	0,2
Fecha de Análisis:	28.11.2009							09.12.2009

* : Nivel regulatorio establecido por Decreto Supremo 148/2003, Artículo 23.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec - Canada)

4.2 Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAL-019). USEPA, SW 846. Method 6010 B. (1)

Muestra	Concentración (mg/Kg)									
	Cd	Zn	Cr	As	Cu	Ni	Pb	Al	Se	Mn
MPA 01 Lado A	< 6,40·10 ⁻²	2,66	< 4,53·10 ⁻¹	< 2,33	4,18·10 ⁻²	< 0,382	3,62	3,34·10 ⁻²	< 1,77	16,4
MPA 02 Lado A	< 6,40·10 ⁻²	12,6	1,32	< 2,33	1,05·10 ⁻²	< 0,382	5,03	3,42·10 ⁻²	< 1,77	1,32·10 ⁻²
MPA 03 Lado A	< 6,40·10 ⁻²	32,3	1,51	< 2,33	1,94·10 ⁻²	< 0,382	6,60	1,66·10 ⁻²	< 1,77	3,40·10 ⁻²
MPA 04 Lado A	< 6,40·10 ⁻²	24,8	1,62	< 2,33	1,29·10 ⁻²	< 0,382	3,43	1,42·10 ⁻²	< 1,77	2,84·10 ⁻²
MPA 01 Lado B	< 6,40·10 ⁻²	25,5	5,15	< 2,33	1,52·10 ⁻²	< 0,382	5,00	1,17·10 ⁻²	< 1,77	1,82·10 ⁻²
MPA 02 Lado B	< 6,40·10 ⁻²	2,50	< 4,53·10 ⁻¹	< 2,33	1,57·10 ⁻²	< 0,382	2,53	2,43·10 ⁻²	< 1,77	12,3
MPA 03 Lado B	< 6,40·10 ⁻²	15,9	9,96·10 ⁻¹	< 2,33	9,76·10 ⁻²	< 0,382	3,06	1,00·10 ⁻²	< 1,77	1,66·10 ⁻²
MPA 04 Lado B	< 6,40·10 ⁻²	21,6	< 4,53·10 ⁻¹	< 2,33	1,63·10 ⁻²	< 0,382	11,8	6,31·10 ⁻²	< 1,77	2,29·10 ⁻²
MPA 05 Lado B	< 6,40·10 ⁻²	19,7	< 4,53·10 ⁻¹	< 2,33	1,78·10 ⁻²	< 0,382	6,78	4,05·10 ⁻²	< 1,77	2,52·10 ⁻²
MPA 01 Lado C	< 6,40·10 ⁻²	23,7	1,84	< 2,33	1,17·10 ⁻²	9,83·10 ⁻¹	5,31	1,03·10 ⁻²	< 1,77	2,32·10 ⁻²
MPA 02 Lado C	3,50·10 ⁻¹	28,4	1,63	< 2,33	1,67·10 ⁻²	4,91	5,77	8,06·10 ⁻²	< 1,77	2,04·10 ⁻²
MPA 03 Lado C	5,02·10 ⁻¹	29,5	2,68	< 2,33	9,46·10 ⁻²	6,47	6,79	7,50·10 ⁻²	< 1,77	5,22·10 ⁻²
MPA 04 Lado C	4,23·10 ⁻¹	26,5	2,93	< 2,33	1,17·10 ⁻²	6,03	3,93	1,06·10 ⁻²	< 1,77	2,74·10 ⁻²
MPA 05 Lado C	4,56·10 ⁻¹	66,7	3,79	< 2,33	3,92·10 ⁻²	9,23	24,4	9,36·10 ⁻²	< 1,77	8,52·10 ⁻²
MPA 01 Lado D	4,47·10 ⁻¹	13,1	< 4,53·10 ⁻¹	< 2,33	1,87·10 ⁻²	3,34	7,43	2,31·10 ⁻²	< 1,77	30,2
MPA 02 Lado D	3,37·10 ⁻¹	18,8	2,14	< 2,33	1,25·10 ⁻²	5,72	3,12	1,08·10 ⁻²	< 1,77	1,70·10 ⁻²
MPA 03 Lado D	4,35·10 ⁻¹	34,3	2,36	< 2,33	3,61·10 ⁻²	7,98	8,63	9,10·10 ⁻²	< 1,77	2,62·10 ⁻²
MPA 04 Lado D	1,78·10 ⁻¹	30,8	2,61	< 2,33	4,42·10 ⁻²	7,44	9,38	8,50·10 ⁻²	< 1,77	2,30·10 ⁻²
MPA 05 Lado D	1,60·10 ⁻¹	35,9	3,75	< 2,33	5,75·10 ⁻²	7,41	12,9	7,21·10 ⁻²	< 1,77	3,96·10 ⁻²
MPA 01 Lado E	4,09·10 ⁻¹	27,8	11,2	< 2,33	8,28·10 ⁻²	46,7	4,52	6,46·10 ⁻²	< 1,77	1,75·10 ⁻²
MPA 02 Lado E	3,79·10 ⁻¹	16,4	4,64	< 2,33	8,46·10 ⁻²	2,64	4,24	4,96·10 ⁻²	< 1,77	48,4
MPA 03 Lado E	3,58·10 ⁻¹	13,7	5,36	< 2,33	9,84·10 ⁻²	3,24	3,44	7,24·10 ⁻²	< 1,77	67,0
MPA 04 Lado E	4,10·10 ⁻¹	27,8	2,64	< 2,33	2,83·10 ⁻²	4,24	6,06	1,57·10 ⁻²	< 1,77	2,53·10 ⁻²
MSA 01	3,07·10 ⁻¹	30,0	3,12	< 2,33	1,76·10 ⁻²	5,85	5,46	1,43·10 ⁻²	< 1,77	4,21·10 ⁻²
MSA 02	1,58·10 ⁻¹	36,9	4,26	< 2,33	4,67·10 ⁻²	8,34	9,00	1,77·10 ⁻²	< 1,77	6,19·10 ⁻²
MSA 03	3,43·10 ⁻¹	26,6	5,42	< 2,33	1,64·10 ⁻²	5,53	4,16	1,21·10 ⁻²	< 1,77	3,44·10 ⁻²
MSA 04	3,37·10 ⁻¹	22,1	4,53	< 2,33	1,23·10 ⁻²	4,54	4,46	1,02·10 ⁻²	< 1,77	2,21·10 ⁻²
MSA 05	2,66·10 ⁻¹	21,9	4,63	< 2,33	1,38·10 ⁻²	4,41	4,78	9,40·10 ⁻²	< 1,77	2,62·10 ⁻²
MSA 06	3,83·10 ⁻¹	54,7	5,36	< 2,33	5,41·10 ⁻²	10,4	14,5	1,71·10 ⁻²	< 1,77	5,70·10 ⁻²
MSA 07	2,65·10 ⁻¹	17,9	1,90	< 2,33	2,19·10 ⁻²	3,15	6,91	5,60·10 ⁻²	< 1,77	1,55·10 ⁻²
MSA 08	2,73·10 ⁻¹	8,24	2,90·10 ⁻¹	< 2,33	8,93·10 ⁻²	1,61	5,51	4,66·10 ⁻²	< 1,77	34,1
Control 1	7,65·10 ⁻¹	32,1	19,3	< 2,33	7,50	18,4	2,27·10 ⁻¹	2,37·10 ⁻¹	< 1,77	6,39·10 ⁻²
Control 2	4,03·10 ⁻¹	25,4	14,2	< 2,33	7,76	9,54	4,53·10 ⁻¹	1,14·10 ⁻¹	< 1,77	6,84·10 ⁻²
Límite de Detección	6,40·10 ⁻²	0,130	4,53·10 ⁻¹	2,33	0,275	0,382	0,265	0,173	1,77	1,30·10 ⁻¹
Límite de Cuantificación	0,213	0,433	1,51	7,76	0,917	1,27	0,883	0,580	5,89	4,33·10 ⁻¹
Fecha de análisis	09.12.2009 – 11.12.2009									

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec - Canada)

4.3 Determinación de metales pesados por ICP-OES. (Código interno ILMAL-019). USEPA, SW 846. Method 6010 B. (1)

Muestra	Concentración (mg/Kg)								
	Ag	V	Ba	Co	Mo	Be	B	Fe	Hg
MPA 01 Lado A	< 4,70·10 ⁻³	11,7	10,5	7,75	17,5	2,65·10 ⁻²	24,3	2,71·10 ⁻⁴	1,42·10 ⁻¹
MPA 02 Lado A	< 4,70·10 ⁻³	71,3	9,81	6,45	1,48·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	53,8	5,46·10 ⁻⁴	2,98·10 ⁻¹
MPA 03 Lado A	< 4,70·10 ⁻³	79,8	19,5	12,8	1,96·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	45,2	3,64·10 ⁻⁴	3,48·10 ⁻¹
MPA 04 Lado A	< 4,70·10 ⁻³	91,2	21,4	8,11	1,95·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	49,5	5,78·10 ⁻⁴	2,03·10 ⁻¹
MPA 01 Lado B	< 4,70·10 ⁻³	1,22·10 ⁻²	25,5	8,23	75,6	< 1,80·10 ⁻³	65,6	6,52·10 ⁻⁴	2,11·10 ⁻¹
MPA 02 Lado B	< 4,70·10 ⁻³	10,2	6,83	2,10	36,6	5,39·10 ⁻²	12,0	1,22·10 ⁻⁴	9,00·10 ⁻²
MPA 03 Lado B	< 4,70·10 ⁻³	45,8	20,3	7,12	1,69·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	40,3	4,28·10 ⁻⁴	3,30·10 ⁻¹
MPA 04 Lado B	< 4,70·10 ⁻³	40,9	53,0	8,91	1,34·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	28,9	3,34·10 ⁻⁴	2,22·10 ⁻¹
MPA 05 Lado B	< 4,70·10 ⁻³	31,5	32,7	9,29	1,72·10 ⁻²	< 1,80·10 ⁻³	35,6	3,61·10 ⁻⁴	4,27·10 ⁻¹
MPA 01 Lado C	< 4,70·10 ⁻³	76,4	32,8	7,51	20,1	< 1,80·10 ⁻³	44,9	4,54·10 ⁻⁴	1,94·10 ⁻¹
MPA 02 Lado C	< 4,70·10 ⁻³	46,8	22,4	7,25	55,0	< 1,80·10 ⁻³	82,9	3,58·10 ⁻⁴	1,98·10 ⁻¹
MPA 03 Lado C	< 4,70·10 ⁻³	63,2	35,7	11,8	47,4	< 1,80·10 ⁻³	1,06·10 ⁻²	3,54·10 ⁻⁴	6,34·10 ⁻¹
MPA 04 Lado C	< 4,70·10 ⁻³	64,5	28,3	8,35	33,1	< 1,80·10 ⁻³	88,5	4,30·10 ⁻⁴	2,31·10 ⁻¹
MPA 05 Lado C	< 4,70·10 ⁻³	63,7	4,65·10 ⁻²	66,6	38,5	< 1,80·10 ⁻³	76,0	3,66·10 ⁻⁴	7,94·10 ⁻¹
MPA 01 Lado D	< 4,70·10 ⁻³	5,66	39,3	15,4	88,9	< 1,80·10 ⁻³	95,5	6,62·10 ⁻⁴	3,39·10 ⁻¹
MPA 02 Lado D	< 4,70·10 ⁻³	57,2	21,6	7,55	18,4	< 1,80·10 ⁻³	57,4	4,11·10 ⁻⁴	2,84·10 ⁻¹
MPA 03 Lado D	< 4,70·10 ⁻³	69,1	22,6	15,1	21,9	< 1,80·10 ⁻³	66,2	4,48·10 ⁻⁴	2,36·10 ⁻¹
MPA 04 Lado D	< 4,70·10 ⁻³	33,7	49,9	16,0	7,20·10 ⁻¹	< 1,80·10 ⁻³	49,2	2,31·10 ⁻⁴	2,02·10 ⁻¹
MPA 05 Lado D	< 4,70·10 ⁻³	37,0	1,41·10 ⁻²	20,5	5,69	< 1,80·10 ⁻³	48,9	2,17·10 ⁻⁴	2,47·10 ⁻¹
MPA 01 Lado E	< 4,70·10 ⁻³	48,8	24,9	4,77	34,7	< 1,80·10 ⁻³	58,1	3,87·10 ⁻⁴	1,54·10 ⁻¹
MPA 02 Lado E	< 4,70·10 ⁻³	44,9	1,25·10 ⁻²	14,5	27,2	< 1,80·10 ⁻³	84,9	4,06·10 ⁻⁴	2,22·10 ⁻¹
MPA 03 Lado E	< 4,70·10 ⁻³	59,9	1,48·10 ⁻²	8,26	15,9	< 1,80·10 ⁻³	80,0	3,61·10 ⁻⁴	2,18·10 ⁻¹
MPA 04 Lado E	< 4,70·10 ⁻³	70,8	1,07·10 ⁻²	15,9	29,0	< 1,80·10 ⁻³	1,37·10 ⁻²	4,19·10 ⁻⁴	2,65·10 ⁻¹
MSA 01	< 4,70·10 ⁻³	63,9	42,9	8,12	37,0	< 1,80·10 ⁻³	69,7	3,62·10 ⁻⁴	2,84·10 ⁻¹
MSA 02	< 4,70·10 ⁻³	76,1	34,4	14,2	26,7	< 1,80·10 ⁻³	75,4	4,04·10 ⁻⁴	7,91·10 ⁻¹
MSA 03	< 4,70·10 ⁻³	76,9	28,2	8,88	45,9	< 1,80·10 ⁻³	74,4	4,22·10 ⁻⁴	2,89·10 ⁻¹
MSA 04	< 4,70·10 ⁻³	74,6	33,3	8,78	38,0	< 1,80·10 ⁻³	84,2	4,29·10 ⁻⁴	2,31·10 ⁻¹
MSA 05	< 4,70·10 ⁻³	72,6	25,1	9,43	57,1	< 1,80·10 ⁻³	64,1	4,07·10 ⁻⁴	3,44·10 ⁻¹
MSA 06	< 4,70·10 ⁻³	80,4	37,9	22,6	46,4	< 1,80·10 ⁻³	71,2	4,25·10 ⁻⁴	1,11
MSA 07	< 4,70·10 ⁻³	26,9	17,0	16,1	56,1	< 1,80·10 ⁻³	84,1	4,20·10 ⁻⁴	3,28·10 ⁻¹
MSA 08	< 4,70·10 ⁻³	13,5	10,5	8,22	58,1	6,16·10 ⁻²	41,4	1,95·10 ⁻⁴	3,79·10 ⁻¹
Control 1	< 4,70·10 ⁻³	1,81·10 ⁻²	73,3	22,4	< 0,310	< 1,80·10 ⁻³	1,00·10 ⁻²	4,90·10 ⁻⁴	4,40·10 ⁻²
Control 2	< 4,70·10 ⁻³	95,2	65,7	13,4	< 0,310	6,59·10 ⁻²	69,9	3,33·10 ⁻⁴	9,10·10 ⁻²
Límite de Detección	4,70·10 ⁻³	3,10·10 ⁻²	1,00·10 ⁻²	1,06·10 ⁻¹	0,310	1,80·10 ⁻²	0,455	8,8·10 ⁻²	3,00·10 ⁻²
Límite de Cuantificación	0,157	0,103	3,33·10 ⁻²	0,353	1,03	6,60·10 ⁻²	1,52	0,29	1,00·10 ⁻²
Fecha de análisis	09.12.2009 – 11.12.2009								
	10.12.2009								

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larrain 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/IEC 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec – Canada)

4.4 Determinación de Materia Orgánica por Espectroscopía UV-Visible. ⁽¹⁾

Muestra	Concentración (mg/kg)
MPA 01 Lado A	0,636
MPA 02 Lado A	0,163
MPA 03 Lado A	0,228
MPA 04 Lado A	ND
MPA 01 Lado B	ND
MPA 02 Lado B	0,139
MPA 03 Lado B	0,056
MPA 04 Lado B	0,259
MPA 05 Lado B	0,118
MPA 01 Lado C	0,054
MPA 02 Lado C	0,560
MPA 03 Lado C	0,133
MPA 04 Lado C	0,335
MPA 05 Lado C	1,012
MPA 01 Lado D	0,719
MPA 02 Lado D	0,417
MPA 03 Lado D	0,153
MPA 04 Lado D	0,422
MPA 05 Lado D	0,157
MPA 01 Lado E	0,021
MPA 02 Lado E	0,129
MPA 03 Lado E	0,690
MPA 04 Lado E	0,147
MSA 01	0,385
MSA 02	0,731
MSA 03	0,080
MSA 04	0,517
MSA 05	0,270
MSA 06	0,332
MSA 07	0,254
MSA 08	0,350
Control 1	0,499
Control 2	1,740
Fecha de análisis	04.12.2009 – 10.12.2009

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraine 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec – Canada)

4.5 Determinación de Porcentaje de Humedad. Método gravimétrico	
Muestra	Humedad %
MPA 01 Lado A	6,47
MPA 02 Lado A	8,11
MPA 03 Lado A	11,3
MPA 04 Lado A	12,9
MPA 01 Lado B	7,99
MPA 02 Lado B	8,61
MPA 03 Lado B	10,8
MPA 04 Lado B	9,34
MPA 05 Lado B	11,1
MPA 01 Lado C	6,04
MPA 02 Lado C	9,77
MPA 03 Lado C	7,95
MPA 04 Lado C	8,41
MPA 05 Lado C	6,07
MPA 01 Lado D	7,15
MPA 02 Lado D	3,64
MPA 03 Lado D	4,94
MPA 04 Lado D	11,1
MPA 05 Lado D	7,25
MPA 01 Lado E	4,92
MPA 02 Lado E	7,90
MPA 03 Lado E	4,79
MPA 04 Lado E	5,70
MSA 01	6,74
MSA 02	7,65
MSA 03	4,77
MSA 04	6,41
MSA 05	4,74
MSA 06	10,3
MSA 07	4,11
MSA 08	7,75
Control 1	1,01
Control 2	0,61
Fecha de análisis	23.11.2009 – 28.11.2009

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.



LABORATORIO DE QUIMICA Y REFERENCIA MEDIO AMBIENTAL (LQRMA)
CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CENMA)
 Avenida Larraín 9975, La Reina, Santiago- CHILE
 788-0096 LA REINA
 Teléfono: (56-2) 299-4170 Fax : (56-2) 299-4172
 Web: <http://www.cenma.cl/lqrma> e-mail: lqrma@cenma.cl
 Acreditación ISO/NCh 17025 (INN)
 Acreditación ISO/IEC 17025 (Ministerio del Medio Ambiente de Québec – Canada)

5. OBSERVACIONES

Se remite informe preliminar a solicitud del cliente. Resultados de arcilla queda pendiente.

De acuerdo a los análisis realizados y en consideración del Decreto Supremo N° 148 del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, se concluye lo siguiente:

- El residuo denominado MPA 01 Lado A NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 02 Lado A NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 03 Lado A NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 04 Lado A NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 01 Lado B NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 02 Lado B NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 03 Lado B NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 04 Lado B NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 05 Lado B NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 01 Lado C NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 02 Lado C NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 03 Lado C NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 04 Lado C NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 05 Lado C NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 01 Lado D NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 02 Lado D NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 03 Lado D NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 04 Lado D NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.
- El residuo denominado MPA 05 Lado D NO PRESENTA CARACTERÍSTICA DE PELIGROSIDAD por TOXICIDAD EXTRÍNSECA asociada a elementos inorgánicos.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL Y/O TOTAL
 ESTE INFORME ES VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL.

5.5 Anexo 5: Perfil toxicológico del mercurio (Completo)

Mercurio (Hg), Número CAS 7439976

El mercurio es un elemento natural, que existe en múltiples formas y en varios estados de oxidación. Es usado en una amplia variedad de productos y procesos industriales. En el medio ambiente, el mercurio puede sufrir transformaciones entre sus distintas formas y entre sus estados de oxidación. La exposición al mercurio puede generarse en distintos escenarios tanto ocupacionales como ambientales, aunque principalmente se genera por la exposición dietética (ATSDR, 1989).

La absorción, la distribución, el metabolismo, y la excreción de mercurio son dependientes de su forma y su estado de oxidación (ATSDR, 1989; Goyer, 1991). Los compuestos orgánicos de mercurio son más fácilmente absorbidos que las formas inorgánicas. Un ciclo de oxido-reducción está implicado en el metabolismo de los compuestos de mercurio tanto para animales como en humanos (ATSDR 1989). La orina y el excremento son las principales rutas de excreción primarias, teniendo una vida media de eliminación para el mercurio elemental y vapores de mercurio, entre 35 a 90 días, y una vida media para las sales de mercurio de 40 días (Goyer 1991).

La ingestión de mercurio metálico por lo general no tiene efectos (Goldwater, 1972). La ingestión de sales inorgánicas puede causar graves problemas de irritación gastrointestinal, insuficiencia renal, y la muerte con dosis agudas mortales en humanos entre los rangos de 1 a 4 g (ATSDR 1989). Las sales de mercurio (divalente) son por lo general más tóxicas que las sales de mercurio (monovalente) (Goyer 1991). También se ha reconocido que el mercurio, induce reacciones de hipersensibilidad como dermatitis y Acrocinia (La enfermedad rosada) (Mathesson et al. 1980). La inhalación de vapor de mercurio puede causar la irritación de las vías respiratorias, desórdenes o trastornos renales, efectos en el sistema nervioso central caracterizados por cambios de la conducta, toxicidad en el sistema nervioso periférico, toxicidad renal y la muerte (ATSDR 1989).

La toxicidad resultante de la exposición subcrónica y crónica al mercurio y los compuestos de mercurio generalmente involucra a los riñones y/o a los componentes del sistema nervioso, los órganos blanco y el efecto depende de la forma de mercurio (ATSDR, 1989). El mercurio orgánico, específicamente el metil mercurio, ingresa rápidamente al sistema nervioso central, dando lugar a alteraciones de comportamiento y del sistema neuromotor (ATSDR 1989; Goyer, 1991). El desarrollo del sistema nervioso central es especialmente sensible a este efecto, tal como lo documentan los estudios epidemiológicos en Japón y en Irak, donde la ingestión de metil mercurio por alimentos contaminados, provocó toxicidad grave y muerte en los adultos y graves efectos sobre el sistema nervioso central de los recién nacidos (Bakir et al. 1973; Amin al-Zaki et al., 1974; Harada, 1978; Marsh et al., 1987). Los niveles de mercurio en la sangre $<10 \mu\text{g} / \text{dL}$ y $300 \mu\text{g}/\text{dL}$ genera efectos leves y la muerte, respectivamente (Bakir et al. 1973). Los efectos teratogénicos, debido a la exposición al mercurio orgánico o inorgánico no parecen estar bien documentados para los seres humanos o animales, aunque existe alguna evidencia de perturbaciones inducidas por el mercurio en el ciclo menstrual y abortos espontáneos (Derobert y Tara 1950, Amin al-Zaki et al. 1974, ATSDR 1989).

Una dosis de referencia oral subcrónica y crónica de $0,0001 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$ de metil-mercurio se basa en una dosis de referencia de $1,1 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$, relativas al desarrollo de anomalías en niños humanos (EPA, 1995, 1996). Una dosis de referencia oral subcrónica y crónica es de $0,0003 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$ para el cloruro de mercurio se basa en la glomerulonefritis inmunológica (EPA, 1996). Un LOAEL¹⁰ (Lowest Observed Adverse Effect Level) de $0,63 \text{ mg Hg}/\text{kg}/\text{día}$ para el cloruro de mercurio fue identificado (EPA, 1987).

¹⁰ **LOAEL** (Lowest Observed Adverse Effect Level): El nivel experimental más bajo, en el estudio crítico, en el que se observa que se produce el efecto adverso.

Un NOAEL (Non Observed Adverse Effects Level)¹¹ no se encuentra disponible para la exposición oral a mercurio inorgánico o mercurio de metilo. Para una inhalación crónica y subcrónica existe una dosis de 0,0003 mg/hg/m³ para mercurio inorgánico (EPA, 1995, 1996). El LOAEL para exposiciones de mercurio inorgánico de inhalación subcrónicas y crónica son 0,32 y 0,03 mg/ hg/m³ respectivamente. Los NOAEL no están disponibles, también no se ha determinado las dosis de referencia para el metil mercurio.

No existen datos disponibles sobre la carcinogenicidad del mercurio en los seres humanos o animales. La EPA ha considerado al mercurio inorgánico según las evidencias de peso y lo ha clasificado como D, por lo que no ha sido considerado como carcinogénico en humanos (EPA 1996). El cloruro de mercurio y el metil mercurio han sido clasificados por la EPA como C, que son posiblemente carcinogénicos, basándose en evidencias limitadas de carcinogenicidad en ratas.

¹¹ **NOAEL** (Non Observed Adverse Effects Level): El nivel de exposición experimental que representa el máximo nivel probado al cual no se observan efectos tóxicos.