

GUIA AMBIENTAL DE MANEJO Y TRANSPORTE DE CONCENTRADOS MINERALES

I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En función a la trascendencia desde el punto de vista de impacto ambiental de los concentrados minerales, el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Asuntos Ambientales, ha elaborado la "**Guía Ambiental de Manejo y Transporte de Concentrados Minerales**", con especial incidencia en los concentrados de plomo, cobre y zinc, la cual está orientada hacia los fines siguientes:

- Protección de seres humanos, instalaciones y maquinarias
- Prevención de la contaminación y utilización eficiente de recursos
- Recuperación de zonas afectadas
- Manejo tecnológico de residuos

La protección de seres humanos está relacionada con los trabajadores y poblaciones ubicadas en las áreas donde se transportan y manejan concentrados. En cuanto a la protección de instalaciones y maquinarias, está asociada al mantenimiento, monitoreo, inspecciones y auditorías.

La prevención de la contaminación constituye el conjunto de medidas orientadas al control de los impactos ambientales, desde su generación.

El manejo tecnológico de los residuos, ha contemplado los criterios de recuperación, reutilización y/o reciclaje dentro del marco de una operación ambientalmente sostenible.

En el establecimiento de las prácticas limpias se han incorporado los conceptos señalados anteriormente, así como el análisis desde el punto de vista ambiental y de seguridad de las diferentes fases del proceso productivo.

En el Anexo A, se presentan las principales definiciones conceptuales asociadas con las líneas de concentrados, los aspectos de seguridad en el trabajo y medio ambiente.

Es importante mencionar, que la Guía no constituye un conjunto de leyes o reglamentos que los hacen obligatorios, sino que contiene informaciones y pautas que proporcionan una visión general de los procedimientos, tecnologías y prácticas industriales de aplicación general para las operaciones de manejo y transporte de concentrados.

1.2 OBJETIVOS

- 1.2.1 Resaltar la importancia de la protección ambiental y brindar una herramienta práctica y eficaz para administrar bajo el concepto de prevención de la contaminación, la línea de concentrados minerales.
- 1.2.2 Describir prácticas limpias orientadas a operaciones ambientalmente sostenibles.
- 1.2.3 Proporcionar pautas para un cierre exitoso y efectivo en costo de las instalaciones.

1.3 ALCANCE

Abarca las siguientes fases:

- proyecto
- operación
- cierre de operaciones

Las líneas de concentrado cubren las operaciones realizadas en las etapas siguientes:

1. Almacenamiento en planta concentradora
2. Carguío y despacho de unidades de transporte

3. Transporte a depósitos de litoral
4. Recepción en fundición / refinería
5. Recepción y descarga en depósito del litoral
6. Manejo y preparación del lote de embarque
7. Transporte y descarga en instalaciones portuarias
8. Embarque
9. Desembarque

1.4 LA INDUSTRIA MINERA Y LOS CONCENTRADOS DE PLOMO EN EL PERÚ

De acuerdo a la Memoria de 1998, elaborada por la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía; el valor de la producción minera neta fue estimada en US \$ 3300 millones (el 47% del total de exportaciones del Perú), lo cual demandó intensas actividades minero metalúrgicas.

La producción nacional de **plomo** se redujo ligeramente (1.8%) en 1998 con respecto a 1997. Esta situación fue resultado de la disminución productiva de la Unidad Minera Pasco de Centromín Perú, la paralización de Huarón, menores producciones de Milpo, El Brocal e Iscaycruz; y el aumento en la producción de Atacocha, Santa Luisa y Volcan, entre otros.

El volumen exportable en **plomo** es mayor que el absorbido por la actividades de fundición / refinería local, siendo el principal puerto de exportación el del Callao (160,000 TMS Pb/ año). Aproximadamente, el 85% de esta producción, se centra en los departamentos de Junín, Pasco, Huánuco y Lima y para el efecto utilizan la carretera Central y el sistema de ferrocarril.

La producción de **cobre** en 1998 fue 4.6% inferior a la observada en 1997, lo cual se explica por la importante reducción en la producción de Cuajone y la influencia negativa del descenso de los precios internacionales. También se observó menor producción en la hoy privatizada unidad de Cobriza y una caída en la producción de la mediana minería; aún cuando se registraron aumentos importantes en la producción de BHP Tintaya y Cerro Verde.

El volumen de producción de **zinc** acumulado durante 1998 superó apenas en 0.12% al registro de 1997, lo que se explica por un cierto balance entre el aumento en la producción de empresas como Iscaycruz, Volcan, Atacocha, Yauriyacu, Sta. Rita, Santa Luisa, El Brocal y la reducción de los volúmenes obtenidos por SIMSA, Milpo, Perubar y Chungar, fundamentalmente.

En el Cuadro N°1, se aprecia la producción de plomo, cobre, zinc y sus concentrados para el periodo 1991 – 1999, expresada en toneladas de contenido fino recuperable.

Cuadro N°1
Producción de Concentrados de Plomo, Cobre y Zinc
1991 - 1999

Año	Plomo Total	Concentrado	Cobre Total	Concentrado	Zinc Total	Concentrado
	Toneladas de Contenido Fino Recuperable		Toneladas de Contenido Fino Recuperable		Toneladas de Contenido Fino Recuperable	
1991	204792	130281	355518	10491	542354	384519
1992	201167	117216	363488	10365	532252	403148
1993	211213	124016	373176	12142	567880	405616
1994	221149	131543	395900	19004	588447	425328
1995	216443	126866	444206	61940	585327	422504
1996	229346	135022	492829	77206	668301	491869
1997	238307	152292	493992	67883	735477	566025
1998	257713	123858	483338	62040	868757	558651
1999	270549	130383	536320	76869	899458	563069

Fuente 1991 - 1997: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (Memoria 1998)

Fuente 1998 – 1999: Página Internet www.mem.gob.pe/wmem/estadis/dgm

II. REQUISITOS LEGALES Y REGULACIONES ASOCIADAS

El Perú, en materia ambiental, cuenta tanto con una legislación de carácter general como normas referidas al Sector Minero Metalúrgico. Desde 1992, en nuestro país se inicia un proceso de desarrollo y perfeccionamiento de leyes, reglamentos y demás dispositivos legales vigentes, con el propósito que sean coherentes, consistentes y aplicables.

El presente capítulo, señala la normativa asociada al manejo de concentrados minerales, incluyendo una breve descripción sobre las normas de carácter nacional y sectorial.

2.1 LEGISLACIÓN A NIVEL NACIONAL

2.1.1 Constitución Política del Perú. Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales. Diciembre 1993.

Otorga expresamente la categoría de derecho fundamental de la persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (Art.2 inc.22).

La actual Carta Magna señala asimismo, que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas y el desarrollo sostenible de la amazonía.

2.1.2 Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. D.L. N° 613, Setiembre 1990.

Los principios básicos de Derecho Ambiental son los siguientes :

- a) Principio de Calidad de Vida (D.Leg.613 Art.I T.P., Art. 1 inc. 4)
- b) Principio de la búsqueda del Desarrollo Sostenible (D.Leg. 613 Art.XI T.P., Art.1 inc.1)
- c) Principio del Interés Difuso (D.Leg. 613 Art. III T.P.)
- d) Principio de Orden Público (D.Leg. 613 Art. IX T.P.)
- e) Principio de Prevención (D.Leg.613 Art. 1 inc.5)
- f) Principio Contaminador-Pagador (D.Leg.613 Art.1 inc.6)
- g) Principio de Integralidad (D.Leg.613 Art.1 inc.8)
- h) Principio de Participación Ciudadana (D.Leg.613 Art. VI T.P.)
- i) Principio de Tecnologías Limpias (D.Leg. 613 art.28)

2.1.3 *Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada. D. L. N° 757. Noviembre 1991.*

Esta norma deroga la relativa al Sistema Nacional del Ambiente y, reformulando el esquema, establece un modelo de autoridad ambiental que se mantiene vigente a la fecha.

El art. 50 y la 9^{na} Disposición Complementaria del D.Leg. 757 determinan que la "autoridad ambiental" competente para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del Código del Medio Ambiente, son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales.

Igualmente, dispone que toda prohibición de contaminar el medio ambiente contenida en el Código, debería entenderse referida a la que exceda los niveles tolerables de contaminación establecidos para cada efluente por la autoridad sectorial competente, tomando en cuenta la degradación acumulativa.

2.1.4 *Código Penal. Título XIII, Delitos Contra la Ecología. D.L. N° 635. Abril 1991.*

El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado constituye también un bien jurídico tutelado, cuya infracción reviste carácter penal. El Código Penal (D.Leg. 635) dedica un capítulo a los "delitos ecológicos" y establece una serie de figuras delictuales.

Así, el art. 304 establece responsabilidad criminal para aquél que violando las normas de protección ambiental, contamina el ambiente introduciendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna o en los recursos hidrobiológicos.

2.1.5 *Ley del Consejo Nacional del Ambiente. Ley N°26410.*

La máxima autoridad ambiental en el Perú, el *Consejo Nacional del Ambiente – CONAM*, fue creado en 1994 mediante Ley N° 26410, (publicada el 22 de Diciembre de 1994), como la entidad responsable de la planificación y aplicación de la política ambiental. El CONAM es dirigido por un Consejo Directivo de siete miembros .

La política del CONAM ha sido hasta ahora la de asegurar que cada Ministerio encargado de un sector industrial que tenga actividades de producción, establezca su propia Dirección Ambiental. El propósito de esta Dirección es asegurar que las empresas que operan en el marco del sector cumplan con la reglamentación ambiental promulgada para este. El CONAM anticipa jugar un papel decisivo en promover la autorregulación ambiental en cada sector productivo, al asegurarse que las normas y reglamentos sean claramente definidos aplicados por sus respectivas autoridades sectoriales.

2.1.6 *Ley General de Salud. Ley N° 26842.*

En el artículo 104 establece que: “ Toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o contaminantes en el agua, el aire, o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente”.

2.1.7 *Ley General de Aguas. Ley N° 17752.*

La Ley General de Aguas y sus reglamentos establecen las reglas para el uso de este recurso natural, comprendiendo dentro de ellas a las actividades económicas que utilizan el agua dentro de su correspondiente proceso industrial.

La Legislación de Aguas establece la prohibición de verter o emitir desechos de cualquier naturaleza en cuerpos de agua debido a la posibilidad de causar daño o de efectivamente dañar el normal desarrollo de la flora y la fauna, o de comprometer su uso para otros fines. En todo caso, tales descargas pueden ser permitidas solamente si:

- Son sujetas a tratamiento previo.
- Puede acreditarse que las condiciones del cuerpo receptor permitan los procesos de depuración natural.
- Pueda probarse que su vertimiento no causará perjuicio a otros usos del agua.

Todo vertimiento debe ser aprobado por la autoridad sanitaria, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA-MINISTERIO DE SALUD).

2.2 LEGISLACIÓN A NIVEL SECTORIAL

2.2.1 Energía y Minas

- a) *Texto Unico Ordenado (TUO) de la Ley General de Minería sobre Medio Ambiente. Título Décimo Quinto. D.S. N° 014-92-EM. Junio 1992.***

La legislación básica aplicable a las actividades minero-metalúrgicas es el Decreto Supremo N° 014-92-EM, que fuera modificado por los Decretos Leyes N°s 25702, 25764, 25998 y 26121 y por los Decretos Supremos N°s 33-94-EM y 35-94-EM.

El Título Quince (Artículos 219 al 226) del TUO establece el marco para la reglamentación aplicable a todas las actividades mineras y metalúrgicas, e identifica al Ministerio de Energía y Minas del Perú (MEM) como la única autoridad a cargo de aplicar a la actividad minera las disposiciones del Decreto Legislativo N° 613.

- b) *Reglamento Ambiental para las Actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N° 016-93-EM (Mayo 1993) y D.S. N° 059 –93-EM (Diciembre 1993).***

Este reglamento señala los procedimientos generales que los actuales titulares de la actividad minera deben seguir para mejorar sus instalaciones industriales, de manera que cumplan con las nuevas normas ambientales establecidas por el MEM y las normas y pautas que las nuevas operaciones mineras deben seguir para controlar y monitorear sus efectos sobre el ambiente.

La finalidad de esta legislación ambiental es promover la introducción de las mejores tecnologías disponibles que asegurarían la reducción de efectos indeseables sobre el ambiente humano natural y social circundante. Algunas disposiciones contenidas en dichos Reglamentos fueron posteriormente modificadas a través del Decreto Supremo N° 059-93-EM.

- c) *Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero Metalúrgicas. R. M. N° 011–96-EM/VMM.***

Esta Resolución establece criterios de calidad de efluentes para descargas líquidas de la actividad minero – metalúrgica, así como las frecuencias de muestreo y de reporte. Se establecieron límites para el “Valor en Cualquier Momento” (instantáneo) y para el “Valor Promedio Anual” de pH, sólidos en suspensión, metales disueltos (plomo, cobre, zinc, hierro y arsénico) y cianuro total.

También en enero de 1996 el MEM publicó las Guías Ambientales a las que deben sujetarse los titulares de la actividad minera, las mismas que fueron aprobadas mediante Resolución Directoral N° 002-96-DGAA (MEM 1996).

d) *Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presentes en Emisiones Gaseosas provenientes de las Unidades Minero - Metalúrgicas. R.M. N° 315-96-EM/VMM. Julio 1996.*

Esta norma establece límites de emisión para la calidad de las descargas al aire de las actividades minero – metalúrgicas. Establece los límites de “emisiones “ (medidos en la fuente) para anhídrido sulfuroso, material particulado, plomo y arsénico. Los Niveles de Calidad de Aire (Normas Ambientales para el Aire) se establecieron para los mismos componentes en zonas habitadas. La resolución también prevé que se aplicarán las normas adoptadas para otros sectores industriales hasta que se promulguen normas nacionales para calidad de aire.

e) *Reglamento de Seguridad e Higiene Minera. D.S. N° 023-92-EM. Julio 1994.*

De aplicación a toda persona natural o jurídica que se dedique a actividades mineras. Sus objetivos principales son: promover el bienestar físico y mental de los trabajadores; protegerlos de riesgos por agentes nocivos; evitar el deterioramiento de la salud por condiciones de trabajo; proteger instalaciones y propiedades; eliminar posibilidades de actos destructivos contra las instalaciones.

2.2.2 *Salud*

- a) Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo. D.S. N° 003-98-SA. Abril 1998.
- b) Reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en el Trabajo. D.S. N° 009 – 97 – SA.
- c) Valores límites permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo. D.S. N°00258-75-SA

2.2.3 *Transporte y Comunicaciones*

- a) Código de Tránsito y Seguridad Vial. Decreto Legislativo N° 420.
- b) Reglamento de Peso y Dimensiones Vehiculares para la Circulación en la Red Vial Nacional. D.S. N°013-98-MTC y R.M. N°375.

2.2.4 *Otros Sectores*

- a) Norma Nacional ITINTEC 214.003. Requisitos de Agua Potable.
- b) Directiva sobre Medidas de Mitigación de Contaminación Ambiental que deben Observar Depósitos de Concentrados de Minerales y Terminal Marítimo de ENAPU. Decreto de Alcaldía N° 25. Municipalidad Provincial del Callao. 5 de Noviembre de 1999.

2.3 *DOCUMENTACIÓN ASOCIADA*

- a) Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones. Sub-Sector Minería. DGAA – MEM.
- b) Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua. Sub-Sector Minería. DGAA – MEM.
- c) Guía para Elaborar Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). DGAA – MEM.
- d) Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental. DGAA – MEM.
- e) Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías – MTC

2.4 *NORMAS DE ORGANISMOS INTERNACIONALES*

- a) Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA)
- b) Occupational Safety and Health Association (OSHA)
- c) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
- d) Organización Mundial de la Salud (OMS)
- e) National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH)
- f) Normas de la International Marine Organization (IMO)
- g) Estándares internacionales del Reino Unido – “The Environment Protection Act”
- h) Estándares de Environment Canadá
- i) Ministerio del Ambiente, Tierras y parques de British Columbia

III. MANEJO Y TRANSPORTE DE CONCENTRADOS

Los concentrados son comercializados al mercado exterior o fundiciones/refinerías nacionales, envolviendo operaciones de almacenamiento, transporte, manejo, embarque y descarga.

Cabe indicar que la descripción incluida en este capítulo corresponde a la práctica actual y tradicional en el Perú.

Sin embargo, es importante destacar que también en nuestro medio, se está utilizando como medio de transporte el mineroducto que consiste en conducir el concentrado en estado de fluido a través de un ducto, evitando así los riesgos de contaminación al medio y mermas. Este es el caso de la Empresa Mineras Izcaycruz que utiliza dos sistemas secuenciales de transporte, un mineroducto hasta un lugar intermedio, donde se realiza el filtrado y almacenado y posteriormente se transporta en camiones hacia depósito de litoral.

Otro ejemplo es el megaproyecto de Antamina, que transportará sus concentrados desde mina hasta puerto utilizando en todo su trayecto un extenso mineroducto de 302 Km. de longitud desde Antamina hasta el futuro puerto minero de Huarmey. Se utilizara tuberías de 8 y 10 pulgadas de diámetro y su instalación será soterrada (bajo superficie). Es sistema permitirá transportar diferentes tipos de concentrados, lo cual se efectuará en cargas separadas por un tapón de agua de 10 Km.

Existen tecnologías en otros países, como es el caso de la Cía. Minera Doña Inés de Collahuasi (Chile), con sistemas herméticos para el manejo de concentrados desde el almacenamiento en depósitos cerrados con ventilación y presión negativa; estaciones de transferencia mediante fajas transportadoras cerradas y conexión a muelle de embarque con estructuras que permiten el embarque del concentrado directamente a bodega, sin contaminación al ambiente. (ver anexo – Prácticas Limpias Complementarias)

En el Perú, contamos con reservas importantes de minerales muy comunes como son los casos del zinc, plomo y cobre, los cuales se encuentra en la naturaleza, generalmente en forma de sulfuros y óxidos.

Una vez que el mineral es extraído de la mina, es necesario darle un tratamiento para aumentar su pureza, es por eso se le somete a un tratamiento metalúrgico, llamado concentración, realizándose en una planta concentradora ubicada generalmente cerca a la unidad de producción de mina. Sirve para concentrar minerales, hasta que el contenido metálico alcance valores comerciales. Las etapas de este proceso son chancado y molienda (reducción progresiva de partículas hasta tamaños menores a un milímetro), seguida por el proceso de flotación utilizando reactivos químicos, donde se separa la parte valiosa del mineral (concentrado) de la ganga (parte no valiosa, denominado relave).

3.1 ETAPAS

3.1.1 Planta Concentradora

3.1.1.1 Almacenamiento

Después de su procesamiento en la planta concentradora, el concentrado se almacena en tolvas, “cochas” o almacenes cerrados. Su permanencia como inventario (“stock”), depende del programa de ventas, disponibilidad de unidades de transporte y el nivel de humedad, que debe situarse en el rango del 10 a 15%.

3.1.1.2 Carguío y despacho de unidades de transporte

Para el carguío, se utilizan cargadores frontales que depositan el concentrado en la tolva de la unidad de transporte (camiones o vagones); la cual es cubierta con lonas aseguradas con cadenas o sogas, para evitar pérdidas del producto durante el viaje.

Para efectos de control de calidad, se determinan la humedad, ley del producto y el peso de la unidad de transporte.

3.1.1.3 Transporte a depósitos del litoral

Las plantas concentradoras en general están ubicadas en la Cordillera de los Andes; los cambios climatológicos y topográficos durante el traslado de los concentrados hacia el litoral puede influenciar en las características físicas de la carga.

El reacomodo del material particulado durante el trayecto, dependerá de los niveles de humedad y características físicas del concentrado, originando presencia de agua libre y pérdida de finos en caso que la tolva no fuese hermética.

3.1.1.4 *Fundición / refinería*

En la comercialización directa, el concentrado que se almacena en la planta concentradora, se transporta por medio de camiones o vagones a depósitos de litoral y luego a fundiciones y refinерías para su procesamiento posterior.

3.1.2 *Depósitos del Litoral*

3.1.2.1 *Recepción y descarga*

En la recepción se realiza las operaciones de pesaje y muestreo.

La descarga de camiones volquete tipo pistón, o vagones de ferrocarril "Hopper", es autónoma. Para unidades de transporte, denominadas "metaleros" se utilizan rastras que retiran el concentrado de la tolva, o se efectúa manualmente a través de una cuadrilla de operarios; finalizando la operación, con el barrido de la plataforma.

Cuando la humedad del concentrado se encuentra por encima de la requerida para el embarque posterior, se procede a extenderlo para secarlo de manera natural, antes de apilarlo.

Los depósitos cuentan con cerco perimétrico de material noble, con diferentes alturas de muro; algunos de ellos con instalaciones de mallas cortavientos; algunos depósitos cubren las pilas con mantas y otras a la intemperie.

3.1.2.2 *Manejo y preparación del lote de embarque*

En esta etapa se realizan mezclas de concentrados de diferentes procedencias para cumplir con una calidad específica en función a compromisos de entrega ("blending"). Previo al despacho a las instalaciones portuarias, el concentrado se muestrea y se registra el peso de cada camión.

Asimismo, se determina el punto de fluidez y el límite de humedad transportable, que definen el comportamiento del concentrado dentro del buque durante la travesía marítima.

3.1.3 Puerto

3.1.3.1 Transporte y descarga en instalaciones portuarias

El concentrado se transporta a través de vehículos o de camiones volquetes tipo pistón o “metaleros”, debiendo estar la carga, cubierta por una toldera. Las condiciones de descarga, son similares a las que se efectúan en los depósitos de concentrados de cada empresa, según se señala en el ítem 3.1.2.1.

El concentrado es apilado mediante cargadores frontales, formando una pila en un área próxima a la bodega del buque que será estibada.

3.1.3.2 Embarque

Generalmente, se utiliza una faja transportadora móvil, la cual se alimenta desde una tolva, que se llena por medio de cargadores frontales. El remanente de la loza se barre con escobas y las porciones acumuladas son llevadas por las cucharas del cargador frontal hacia la faja transportadora; la humedad del concentrado durante este periodo es menor a 5%.

Las operaciones de recuperación del remanente (barrido) y embarque de concentrados, generan polvo fugitivo.

De manera específica, en Matarani, el concentrado se traslada desde el depósito hasta las bodegas del barco, por medio de una faja transportadora fija, siendo el último tramo móvil.

3.1.3.3 Desembarque

Debido a necesidades de importación, existen descargas de concentrados desde buque a muelle, lo cual se lleva a cabo de la manera siguiente:

- j) El concentrado se descarga de las bodegas mediante “clamp shell” o tinas de descarga; se apila mediante cargadores frontales junto a la nave y se aleja del extremo del muelle para evitar pérdidas; y se colocan mantas protectoras para evitar la caída de concentrado al mar.
- k) Por medio de cargadores frontales se alimentan las tolvas de los camiones, se cubren con toldos y se registra su peso de salida, dirigiéndose a los depósitos que la empresa compradora establezca para su almacenamiento. Posteriormente, se transporta a la fundición o refinería para su utilización como insumo de producción.

En los Diagramas N° 1 al 3, se observan las operaciones que se realizan en planta concentradora, depósito de litoral y puerto de embarque.

Diagrama N°1: Operaciones en Planta Concentradora

Concentrados de Plomo y Minerales Polimetálicos

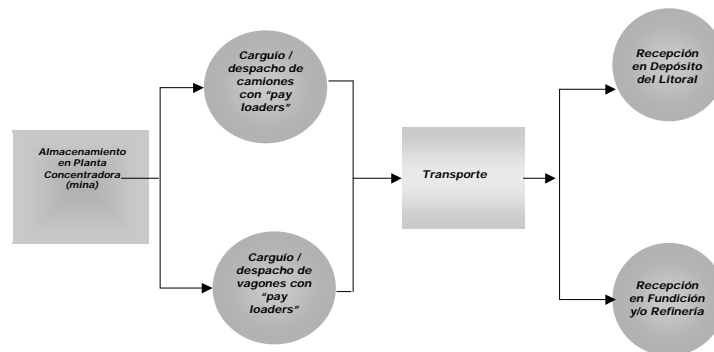


Diagrama N°2: Operaciones en Depósito de Litoral

Concentrados de Plomo y Minerales Polimetálicos

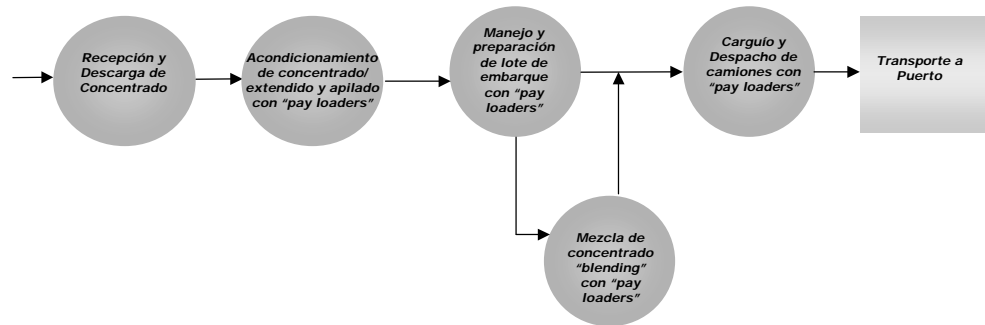
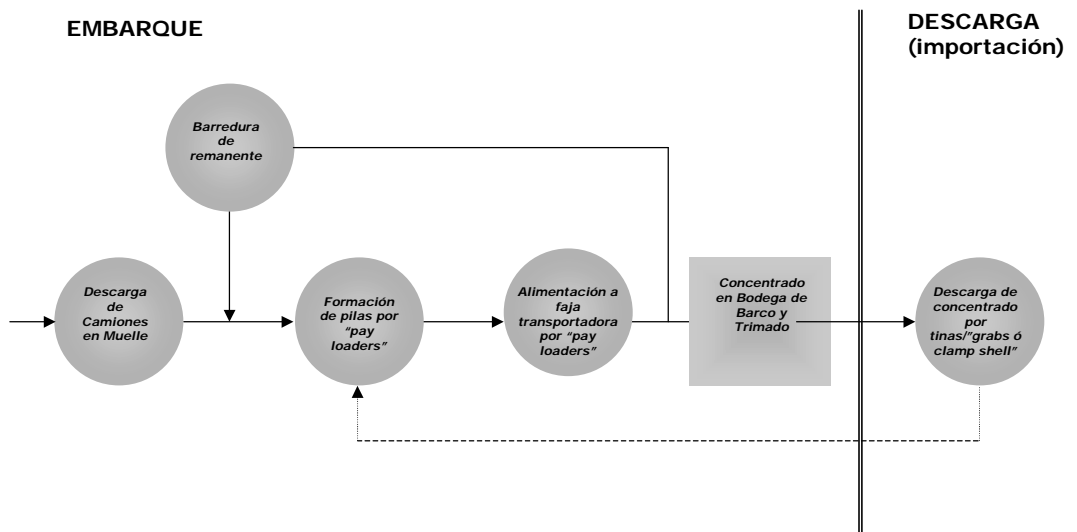


Diagrama N°3: Operaciones en Puerto
Embarque y Descarga
Concentrados de Plomo y Minerales Polimetálicos



IV. IMPACTOS AMBIENTALES

En este capítulo se describen los principales impactos ambientales asociados a las etapas de manejo, almacenamiento y transporte de concentrados; siendo importante señalar, que los impactos pueden ser mayores cuánto más inadecuadas sean las condiciones en estas etapas.

De otro lado, es importante destacar la relación que existe entre merma y contaminación, ya que todo lo que se pierde por un manejo inadecuado finalmente va al ambiente en alguna forma, contaminando aire, agua o suelo. La no adopción de prácticas limpias en la línea de concentrados, será también sinónimo de pérdidas económicas importantes, debido a su alto costo de producción y valor de comercialización.

Por citar un ejemplo, en nuestro medio se producen mermas por los propios sistemas de manejo y transporte entre planta concentradora y depósitos de litoral en el orden del 0.1% aproximadamente y de similar forma entre los depósitos de litoral y el puerto de embarque con 0.1%. La merma total es del orden del 0.2%.

Se puede estimar una merma monetaria si consideramos un lote de concentrado de cobre de 5000 TMS, con una ley de 25% de cobre, a precio internacional de US \$ 1842.20/TM de cobre metálico (precio del 22/07/2000).

Pago por contenido metálico = $(25-1.1) * 1/100 * 1842.20 = \text{US } \$ 440.29 / \text{TM}$

Merma estimada en términos monetarios = $5000 \text{ TM} * 0.2/100 * \$ 440.29 / \text{TM} = \text{US } \$ 4,402.90$

Nota: Considera la deducción de 1.1% por concepto de recuperación metalúrgica. El ejemplo solo muestra los ingresos por cobre metálico y no por otros conceptos pagables o deducibles presentes en el concentrado.

En el Cuadro N°2 se observan los impactos ambientales por etapa del proceso.

Cuadro N° 2
Impactos Ambientales en las Líneas de Concentrados

Almacenamiento	Carguío y despacho de unidades de transporte	Transporte	Recepción y descarga en depósito	Mezcla y manejo del concentrado	Estiba en bodega del buque	Desembarque
Contaminación del suelo por lixiviados, en caso de no contar con pavimento enlozado.	Emisiones fugitivas durante el carguío de la tolva del camión o vagón ferroviario que contaminan la atmósfera y, posteriormente por deposición, el suelo circundante.	En camiones, emisiones fugitivas por lonas en mal estado o por falta de tensión en el amarre. En vagones, eventualmente por ausencia de toldos.	Emisiones fugitivas en la descarga de camiones y vagones ferroviarios y durante la limpieza de los mismos.	Generación de material particulado durante la mezcla.	Emisiones fugitivas y contaminación del mar debido a: - faja transportadora sin cobertura y de diámetro y longitud inferior al estándar. - Deficiente mantenimiento de lonas protectoras de fajas transportadoras y excesiva vibración durante su funcionamiento.	Emisiones fugitivas de material particulado.

Continúa Cuadro N°2

Almacenamiento	Carguío y despacho de unidades de transporte	Transporte	Recepción y descarga en depósito	Mezcla y manejo del concentrado	Estiba en bodega del buque	Desembarque
<p>Como consecuencia de la condición anterior, contaminación de aguas subterráneas por infiltración de lixiviados.</p>		<p>Contaminación del suelo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lixiviados generados durante el transporte debido a tolvas no herméticas. - Sedimentación de emisiones fugitivas del concentrado. 	<p>Lixiviados por la excesiva hidratación de concentrados.</p>		<p>Generación de polvos finos durante la operación de limpieza.</p>	<p>Contaminación del mar por inadecuado procedimiento de descarga en el "clamp shell" o "grab"</p>
<p>En la descarga y por acción mecánica del viento, emisiones fugitivas durante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - las operaciones de secado y arrumaje. - la homogenización con la finalidad de obtener una calidad uniforme. 		<p>Impacto en aguas superficiales por sedimentación de material particulado y lixiviados.</p>	<p>Generación de efluentes de la piscina de lavado de neumáticos.</p>		<p>Generación de efluentes de la piscina de lavado o durante el proceso de hidratación del polvo esparcido.</p>	

Continúa Cuadro N°2

Almacenamiento	Carguío y despacho de unidades de transporte	Transporte	Recepción y descarga en depósito	Mezcla y manejo del concentrado	Estiba en bodega del buque	Desembarque
Degradación de suelos en áreas circundantes, dependiendo de la proyección de las partículas.		En caso de volcadura, contaminación de aguas subterráneas por infiltración de lixiviados .	Deterioro de infraestructura física del depósito y áreas próximas habitadas debido a ensuciamiento.			
En depósitos temporales o de litoral: - emisiones fugitivas debido al almacenamiento sin toldo, por el mal estado del mismo o por deficiencias en el sistema de irrigación.		Contaminación del suelo debido a concentrado adherido a neumáticos en el proceso de carguío.				

Continúa Cuadro N°2

Almacenamiento	Carguío y despacho de unidades de transporte	Transporte	Recepción y descarga en depósito	Mezcla y manejo del concentrado	Estiba en bodega del buque	Desembarque
Deterioro de infraestructura física debido a ensuciamiento.		Emisiones gaseosas del combustible empleado por el vehículo de transporte.				
Emisión de gases de combustión, ruido y partículas fugitivas, en el manipuleo del concentrado con intervención de tractores y camiones, con incidencia variable, dependiendo de la antigüedad de las unidades y grado de mantenimiento.						

IMPACTOS SOBRE LA FLORA

Las plantas terrestres y acuáticas tienen capacidad para bioacumular **plomo** del agua y suelo contaminado. En este caso, el plomo puede ser ingerido por animales de pastura, y así ingresar a la cadena alimenticia terrestre.

Los síntomas tóxicos del **plomo** en la flora afectada incluyen alteración en los procesos de fotosíntesis y respiración, impidiendo la penetración de luz a la célula y perturbando el proceso de intercambio de CO₂ con la atmósfera. Algunos factores que determinan la disponibilidad del plomo hacia las plantas son el pH, materia orgánica y tipo de suelo.

A pesar de la relativa tolerancia de **cobre** por especies de plantas, este metal es considerado también como altamente tóxico. El exceso de iones Cu⁺² y Cu⁺ puede originar daño a los tejidos y alteración de la permeabilidad de la membrana de las plantas.

Para la mayoría de las especies, altas cantidades de Cu en el medio nutritivo son tóxicas para el crecimiento. La inhibición del crecimiento de la raíz es una de las respuestas más rápidas a niveles tóxicos de Cu. El exceso de Cu daña la estructura de la membrana.

Uno de los síntomas de toxicidad del **zinc**, observado comúnmente en plantas, es la clorosis. Otro efecto es la necrosis marginal y reducción del crecimiento de la raíz. Niveles altos de Zn en el medio nutriente disminuyen la absorción de fósforo y hierro.

La contaminación ambiental de **zinc** influye enormemente en la concentración de este metal en las plantas. En los ecosistemas donde el Zn es un contaminante en el aire, es probable que las hojas superiores de las plantas concentren la mayoría de este elemento. Por otra parte, las plantas que crecen en suelos contaminados con Zn acumulan una gran proporción del metal en las raíces.

Los síntomas de toxicidad del **arsénico** se describen de variadas formas, como hojas marchitas, coloración violeta, y decoloración de las raíces. Sin embargo, el síntoma más común es la reducción del crecimiento.

El **cadmio** es un elemento fitotóxico, debido a su capacidad de perturbar ciertas actividades enzimáticas. Como síntomas generales de toxicidad, se tiene el retardo del crecimiento y daño

radicular, bronceamiento de las hojas en sus márgenes, con clorosis y enrojecimiento de venas y peciolas, enrollamiento de hojas y pardeamiento de raíces.

La mayor preocupación por la contaminación ambiental con **cadmio** está en que las plantas son un excelente reservorio, constituyéndose en una fase clave en su transporte hasta animales y hombres.

Los síntomas más comunes de toxicidad de **mercurio** son la atrofia del crecimiento de las semillas, del desarrollo de las raíces e inhibición de la fotosíntesis y, como una consecuencia, una reducción en la producción.

El mayor riesgo con el **mercurio** está en que las plantas no necesariamente actúan como excluyentes de Hg ni indican a través del rendimiento o vigor, el contenido en hojas, así, pueden que aparenten ser vigorosas pero contienen cantidades de Hg en niveles inaceptables para animales y el hombre.

4.1 IMPACTOS SOBRE LA FAUNA

En animales invertebrados, el **plomo** es menos tóxico que el cobre, cadmio, zinc y mercurio; pero más que el níquel, cobalto y manganeso. Generalmente, se observan efectos agudos a partir de una concentración de plomo en agua entre 0.1 – 10 mg/L (Moore, 1984).

Se produce una ligera acumulación de **plomo** en especies marinas y de agua dulce, con un efecto mayor en embriones que en peces adultos. Un efecto agudo notable en animales mayores, se observa en aves que tienden a ingerir pequeñas piedras para ayudar a moler sus alimentos, las cuales, dependiendo de su procedencia, pueden contener cantidades significativas de este elemento.

El **cobre** por sí solo es menos tóxico que sus sales, especialmente el acetato y el sulfato. Mediante la ingestión de ambas sales, especialmente del sulfato, su toxicidad se presenta en forma aguda en dosis incluso relativamente pequeñas, originando inflamación intensa del tracto gastrointestinal, con síntomas de dolor abdominal, vómitos y diarrea.

La intoxicación crónica por **cobre** es originada por la prolongada ingestión de niveles subtóxicos del metal en los alimentos o el agua de bebida. Durante la primera fase, el Cu se

acumula progresivamente en el organismo, especialmente en hígado, cerebro y riñón. Este período puede durar semanas o meses, según la magnitud de ingestión del metal. Esta fase termina cuando el Cu tisular se vuelca a la corriente circulatoria, lo que provoca uno o más episodios hemolíticos.

El **Zinc** es de baja toxicidad para aves y mamíferos. Las ingestas necesarias para producir efectos perjudiciales son tan grandes que existe un amplio margen de seguridad con este elemento.

Los principales signos agudos como consecuencia de la intoxicación por **arsénico** son la reducción drástica en la producción de leche, diarrea, deshidratación, disnea, cianosis, aborto y efectos nerviosos centrales. Entre los signos crónicos, los más frecuentemente observados son hiperqueratosis de la piel, rigidez e inflamación de las articulaciones, y ceguera con opacidad seria de la córnea.

Mediante inhalación, las lesiones agudas del **cadmio** se limitan a los pulmones, iniciándose con edema pulmonar. Por ingestión, ocasiona una acción inflamatoria sobre las mucosas del estómago y el intestino. Como efectos crónicos, se tienen: daño en el riñón, anemia, hipertensión, daño en el hígado y efectos en los huesos.

Los efectos del **mercurio** se manifiestan como neurotoxicidad y nefrotoxicidad (daño renal), embriotoxicidad, teratogenicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad.

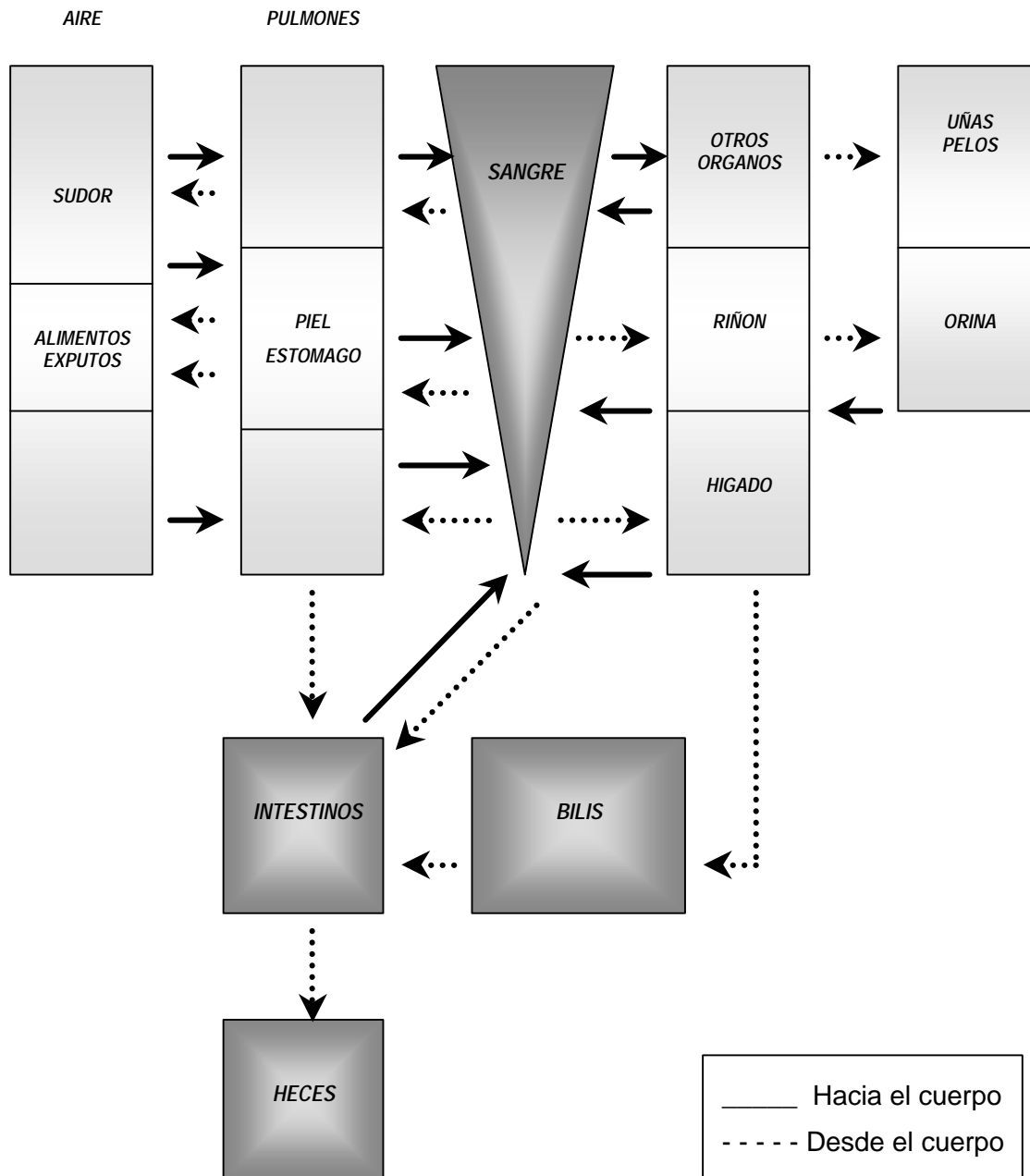
4.2 IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA

4.3.1 Vías de Ingreso de los Contaminantes

- **Respiratoria:** Es la más común para partículas finas y vapores. El material que es eliminado por las mucosidades bronquiales puede ser deglutido.
- **Digestiva:** Ingestión de partículas más grandes debido a manos sucias, consumo de cigarrillos y alimentos y bebidas contaminadas en el lugar de trabajo.
- **Cutánea:** Se considera sólo en caso parenteral (a través de heridas).

4.3.2 Distribución de Compuestos Tóxicos en el Organismo

Figura N° 1: Distribución de Compuestos Tóxicos en el Cuerpo



4.3.3 Descripción de Impactos por cada Contaminante

4.3.1.1 Plomo

Absorción

El plomo inhalado es retenido en los pulmones y entre un 40 a 60%, puede pasar a la circulación. El plomo ingerido es absorbido por el tracto intestinal sólo en un 10%.

Distribución y Acumulación

El plomo sanguíneo, unido a las proteínas y fosfatos, se localiza en el hígado, riñones, cerebro y especialmente en los huesos en forma de trifosfato insoluble.

Excreción

Además de la eliminación natural por vía respiratoria, digestiva (bilis y heces) y urinaria, puede haber descargas generalizadas (cólico). El metabolismo de los compuestos orgánicos es menos conocido, el producto se detoxica en el hígado y se elimina por la orina.

Efectos Tóxicos

Se presentan cuadros clínicos agudos, subagudos y crónicos dependientes de la dosis, del tiempo de exposición y del compuesto. Ellos son:

- *General:* anemia, baja hemoglobina, palidez, cefaleas, línea gingival de Burton.
- *Digestivo:* constipación, náuseas y dolor abdominal que puede llegar a simular un abdomen agudo quirúrgico (fibra muscular lisa).
- *Neuromuscular:* temblor, calambres musculares. Neuritis motora con parálisis de los extensores, especialmente manos.
- *Encefálico:* convulsiones, inconsistencia y coma. Poco frecuente en adultos y más en niños. Los compuestos orgánicos los producen en los trabajadores expuestos.
- *Vascular:* hipertensión en los cuadros agudos, efectos cardiacos posibles.
- *Renal:* nefroesclerosis con hipertensión e insuficiencia renal, disfunción tubular con excreción aumentada de aminoácidos, glucosa, fosfatos, ácido úrico y calcio (Síndrome de Fanconi), inclusión de cuerpos intracelulares, llamada secuestro de plomo.

- *Psicológica*: se describe alteración del rendimiento psicológico especialmente de la inteligencia y funciones motoras visuales.
- *Sexo*: mayor frecuencia de abortos y alteraciones endocrinológicas en la mujer. En el hombre, alteraciones de espermatogénesis.

A manera de información, en el Anexo F, se presentan los límites biológicos de plomo en sangre tanto a nivel nacional como internacional.

4.3.1.2 Cobre

Absorción

Inhalación : No existe referencia sobre la tasa de absorción de los compuestos de cobre después de la inhalación.

Ingestión : La absorción gastrointestinal está regulada normalmente por el estado del Cobre en el cuerpo.

Distribución

El Cu absorbido es almacenado principalmente en el hígado, corazón, cerebro, riñón y músculos.

Excreción

La excreción se produce principalmente por la orina, aunque también existe la teoría que podría ser a través de la bilis.

Efectos Tóxicos

Intoxicación Aguda : dolor en el pecho, disnea y gusto metálico en la boca, náusea, vómitos, irritaciones agudas en el sistema respiratorio superior, ictericia y daño renal, daño hepático.

Intoxicación Crónica : trastornos gastrointestinales, hemólisis, daño hepático y renal, alteraciones del sistema nervioso.

Se debe indicar que el cuerpo humano tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de cobre, para luego ser eliminadas a través del hígado.

4.3.1.3 Zinc

El zinc es esencial para los seres humanos y está presente en todas las células del cuerpo.

Absorción

Por ingestión : El Zn es escasamente absorbido desde el tracto intestinal.

Distribución

El Zn es transportado en el torrente sanguíneo y acumulado al esqueleto con lentitud, manteniéndose firmemente unidos por períodos largos. El Zn que entra al cabello, se pierde al caerse este.

Excreción

El Zn, cualquiera sea la vía de ingreso, sale del cuerpo en su mayor parte por medio de las heces. Para casos de personas con nefrosis y cirrosis hepática, la excreción urinaria supera los niveles normales.

Efectos Tóxicos

El Zn es relativamente no tóxico para mamíferos; la ingesta necesaria para producir efectos perjudiciales es tan grande que existe un amplio margen de seguridad con este elemento.

Síntomas : escalofrío y fiebre, náuseas y a veces vómitos, sequedad de la garganta, tos, fatiga, bostezos, debilidad, dolores de cabeza y cuerpo. Después de varias horas, la persona afectada transpira profusamente y la temperatura empieza a descender. El estado dura un día y nunca es fatal.

4.3.1.4 Cadmio

Absorción

Por inhalación : El tamaño y solubilidad de las partículas inhaladas, determinan la concentración y difusión del Cd de los pulmones hacia la sangre.

Por ingestión : En personas normales, sólo del 5 al 7% del Cd ingerido es absorbido por vía gastrointestinal.

Distribución

El Cd absorbido es transportado por la sangre a diversos órganos y tejidos, principalmente a riñones e hígado.

Excreción

La eliminación del Cd acumulado se hace principalmente a través de la orina y por las heces. La vida media de este elemento en el organismo es muy larga (10 a 30 años).

Efectos Tóxicos

Intoxicación Aguda :

Por inhalación : fiebre, alteraciones digestivas, dolor torácico, disnea y edema agudo de pulmón, el que puede determinar la muerte por insuficiencia respiratoria.

Por ingestión : náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay una diarrea intensa con colapso.

Intoxicación Crónica :

Por inhalación : Los pulmones son considerados órganos críticos en la exposición al polvo de Cadmio, produciéndose neumonitis química con disnea, tos, expectoración, molestias torácicas y disfunción pulmonar, enfisema, bronquitis obstructiva crónica y fibrosis pulmonar.

Por ingestión : Uno de los efectos más típicos y precoces de la larga exposición al Cd es el daño a la función renal. Asimismo, daño de los huesos.

4.3.1.5 Arsénico

Absorción

Los compuestos de As pueden ser absorbidos industrialmente por inhalación, ingestión (tracto intestinal) y a través de la piel (absorción escasa).

Distribución

Es transportado a través de la sangre a otras partes del cuerpo. Se pueden encontrar concentraciones en el cerebro, corazón y útero, así como en los huesos y músculos.

Excreción

La mayor parte del As inorgánico absorbido es eliminado en un par de días principalmente a través de los riñones; sólo un pequeño porcentaje es excretado en las heces.

Efectos Tóxicos

Intoxicación aguda : la lesión principal es daño gastrointestinal profundo, lo que provoca vómitos graves y diarrea, a menudo con deposiciones sanguinolentas. Puede desarrollarse shock rápidamente como resultado de la deshidratación.

Intoxicación Crónica : debilidad, languidez, anoxia y ocasionalmente náuseas, vómitos, diarrea o constipación, asociado a melanosis de los párpados inferiores, salivación excesiva, coriza, dolor de garganta, adormecimiento y hormigueo o ardor de las extremidades. Se puede observar vitiligo.

Por inhalación, se producen lesiones a la piel y membranas mucosas, así como síntomas en los sistemas respiratorio y nervioso, incluyendo mayor evidencia de cáncer al pulmón.

4.3.1.6 Mercurio

Absorción

Principalmente por la piel (mercurio metálico) y por inhalación.

Distribución y Acumulación

Se reportan niveles de mercurio en el cerebro, varias veces mayores que los del hígado y otros órganos. También en las glándulas tiroideas y pituitaria, sangre y cabello. Cabe señalar que la distribución del mercurio en los órganos después de su inhalación, puede ser afectada por ingestas moderadas de alcohol.

Excreción

Principalmente a través de la orina y heces, y en menor proporción a través de sudor.

Efectos Tóxicos

Intoxicación Aguda :

Por inhalación : náuseas, dolor abdominal, vómitos, diarrea y dolor de cabeza. Después de unos días, se inflaman las glándulas salivales, se desarrollan estomatitis y gingivitis, y se forma una línea oscura en las encías inflamadas.

Por ingesta : faringitis, disfagia, dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea sanguinolenta y shock. Después se produce inflamación de las glándulas salivales, estomatitis, pérdida de dientes, nefritis, anuria y hepatitis.

Intoxicación Crónica :

- Perturbaciones psiquiátricas y neurológicas, tales como insomnio, nerviosismo, mareos, somnolencia y depresión.
- Efectos visuales : aparición de una nube café grisácea o amarilla en la superficie anterior al cristalino del ojo.
- Daño renal
- Cambios en la piel y membrana mucosa

V. PRÁCTICAS LIMPIAS

Las prácticas limpias están orientadas a la aplicación de una estrategia ambiental integrada y preventiva a las actividades, procesos, productos y servicios que permitan incrementar la eficiencia y reducir los riesgos asociados a las personas, el ambiente laboral y el medio ambiente en general. De manera específica, se ha incluido las consideraciones siguientes:

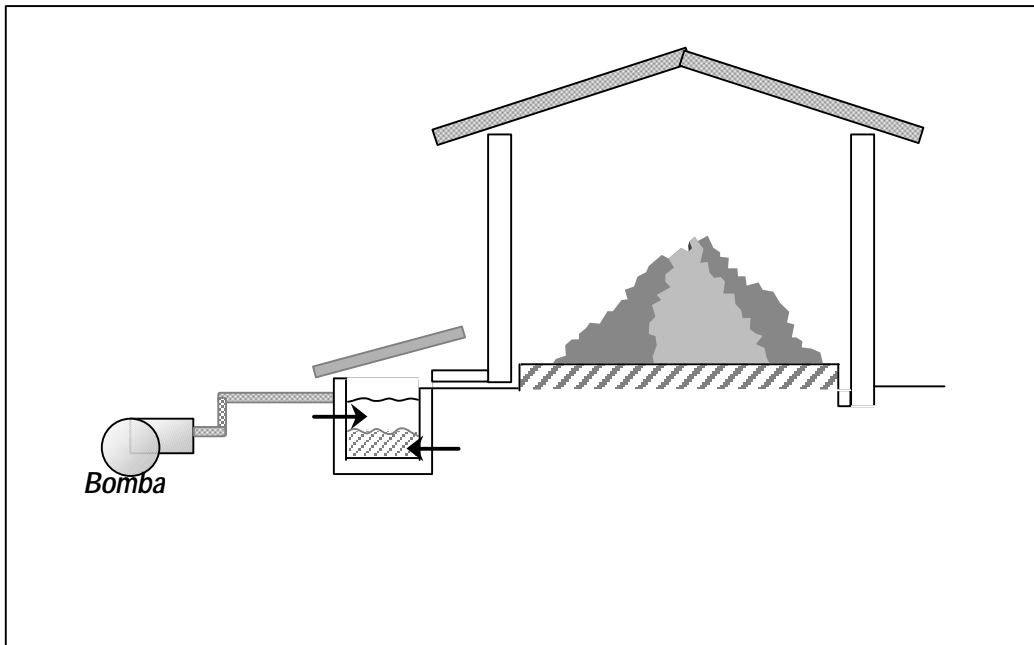
- Manejo en planta concentradora
- Transporte terrestre
- Almacenamiento en depósitos del litoral
- Operaciones en Puerto
- Estudios Ambientales

5.1 MANEJO EN PLANTA CONCENTRADORA

5.1.1 Los ambientes o cochas destinados al almacenamiento de concentrados deberán contar con loza de concreto con sistemas de canalización de agua para evitar pérdidas de material e infiltraciones de lixiviados en el suelo; así como contar con techos para evitar el ingreso de lluvia (Ver Figura N°2). Este sistema permite la recuperación de:

- *Agua*: cuando se almacena un solo tipo de concentrado, recircularla al proceso de flotación. Para tal efecto construir una poza de concreto para su acumulación, cuyas dimensiones estarán acorde con el volumen que se maneje en cada uno de los depósitos. En el caso de que almacenen varios tipos, enviarla a un sistema de tratamiento secundario.
- *Lodos*: se tienen dos consideraciones:
 - (a) Siempre que se maneje un solo tipo de concentrado, recircularlo al depósito.

- (b) Si se almacenan varios tipos de concentrados, disponerlos en un relleno de seguridad acondicionado para ese fin, cuyas características se muestran en el Anexo B.



- 5.1.2 Los depósitos destinados al almacenamiento de concentrados deberían ser cerrados y no ser canchas abiertas y expuestas al ambiente, para evitar pérdidas por emisiones fugitivas.
- 5.1.3 Disponer de un sistema de lavado de neumáticos y poza de decantación para la recuperación de los finos (lodos y agua), al egreso de la unidad de transporte (Ver Figura N°3). Disponer los finos según se indica en el ítem 5.1.1.
- 5.1.4 Es recomendable que las aguas de lavado de vehículos y de tormentas captadas en la planta, no sean descargadas directamente a cursos de agua, sino ser tratadas, evaporadas o recicladas al circuito de agua de Planta.
- 5.1.5 Fijar la humedad del concentrado en un rango entre 10 a 15% al egreso del vehículo de transporte de la planta concentradora (camiones y/o vagones), para evitar pérdidas por filtraciones.

- 5.1.6 Las condiciones de higiénico sanitarias, así como los aspectos de prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales se desarrollan en el Capítulo VII, denominado "Condiciones de Higiene y Seguridad".

5.2 *TRANSPORTE TERRESTRE*

5.3 *De las Unidades (Planta Concentradora a Depósitos de Litoral)*

- 5.3.1.1 Mantener la altura libre del concentrado, como mínimo de 40 cm, con respecto a la altura de la tolva del camión.
- 5.3.1.2 Las tolvas y compuertas de las unidades de transporte (camiones y vagones) deberán ser herméticas y deberán cumplir con las condiciones de seguridad establecidas.
- 5.3.1.3 Cubrir las tolvas con toldos impermeables, en buen estado de conservación y asegurarlas con cable metálico flexible y precintarlas.
- 5.3.1.4 Exigir a las empresas de transporte un Programa de Mantenimiento Preventivo y Predictivo que permita asegurar la continuidad operativa de sus unidades, en Planta concentradora, depósitos de litoral y puertos de embarque.

5.3.2 *De las Vías de Circulación*

- 5.3.2.1 Señalizar los accesos en las plantas concentradoras, depósitos del litoral y puertos, de manera clara e inequívoca, según las normas nacionales vigentes.
- 5.3.2.2 Pavimentar las rutas de circulación de las unidades de transporte en el interior de las plantas concentradoras y depósitos del litoral.
- 5.3.2.3 Evitar la remoción de partículas de polvo asentado en las vías de acceso a las plantas concentradoras, depósitos del litoral y puertos; mediante el empleo de unidades mecanizadas con doble función de barrido y aspirado.

- 5.3.2.4 Aplicar los criterios operacionales para el transporte de concentrados de plomo y otros minerales polimetálicos en camiones para vías de carácter regional interurbano o vías urbanas principales. En el Anexo C, se establecen los criterios en mención.

5.4 ALMACENAMIENTO EN DEPÓSITO DEL LITORAL

La reducción en las pérdidas de concentrados en forma de polvo fugitivo contribuye a disminuir los efectos ambientales y en la salud, así como reduce las mermas y evita la contaminación de unos concentrados con otros metales, por ejemplo, la contaminación con plomo de un concentrado de cobre.

Existen otras alternativas ambientalmente más eficientes que el almacenamiento en cancha y manipulación con cargador frontal, como son los depósitos cerrados y la descarga de vagones mediante retroexcavadora montada en puente.

5.4.1 Descarga

- 5.4.1.1 Proveer a los depósitos de sistemas de lavado con agua a presión para toldos, tolva, vagones y neumáticos de los camiones antes de su salida. Asimismo construir pozas de decantación, para recuperación de finos, de manera similar a lo indicado en el ítem 5.1.2. (Ver Figura N°3).

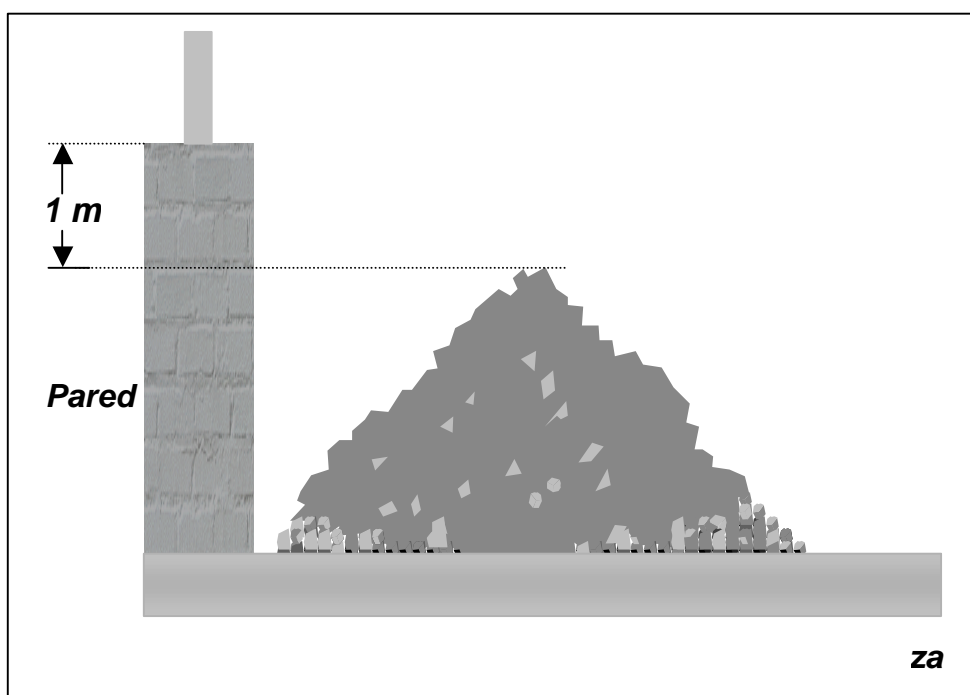
5.4.2 Acondicionamiento

- 5.4.2.1 Realizar el proceso acelerado de pérdida de humedad por evaporación, a través del extendido del concentrado sobre una loza de concreto y contar con sistemas de recuperación de líquido y finos, los cuales serán dispuestos de manera similar al ítem N° 5.1.1 (Ver Figura N°2)

5.4.3 Manejo

- 5.4.3.1 Concientizar a los responsables del manejo de concentrado, a fin de que conozcan las características físicas del mismo, referentes al factor de estiba y ángulo de reposo, a efectos de formar pilas estables.
- 5.4.3.2 Apilar el concentrado hasta una altura que sea menor a 1m de la altura máxima de las paredes que lo limitan (Ver Figura N°4).

5.4.3.3 Utilizar las paredes perimetrales que delimitan la propiedad del depósito como muros de separación y no de contención, evitando presiones laterales que impidan el manejo del producto con riesgo de derrumbe, a menos que el muro sea de concreto armado lo suficientemente fuerte para soportar un eventual golpe o presión del cargador frontal o del propio concentrado (Ver Figura N°4).



5.4.3.4 Humedecer con sistemas de aspersión de agua, las pilas de concentrados que hayan perdido su humedad hasta niveles que propicien emisiones fugitivas durante operaciones de manejo, evaluando y controlando periódicamente su comportamiento y cubriéndolas totalmente con mantas protectoras.

5.4.3.5 Instalar una estación meteorológica que permita la medición continua de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad predominante del viento, con el propósito de efectuar acciones preventivas, en el caso de dispersión de material particulado o cambios en la humedad del concentrado debido a variaciones climatológicas significativas.

5.4.3.6 Debido a la altura que alcanzan las cucharas extendidas de los cargadores frontales durante las operaciones de carguío a unidades vehiculares o prácticas de mezcla y apilamientos, se

recomienda que los muros perimetrales de los depósitos de almacenamiento, tengan muros perimetrales de material noble con altura de 5 metros como mínimo.

5.4.3.7 A efecto de minimizar los efectos de la acción mecánica del viento sobre los concentrados apilados en los depósitos, se recomienda colocar sobre las paredes, mallas cortavientos de 2 metros de altura como mínimo, con un ángulo de 45° en el extremo, hacia el lado interior del depósito (Ver Figura N°5).

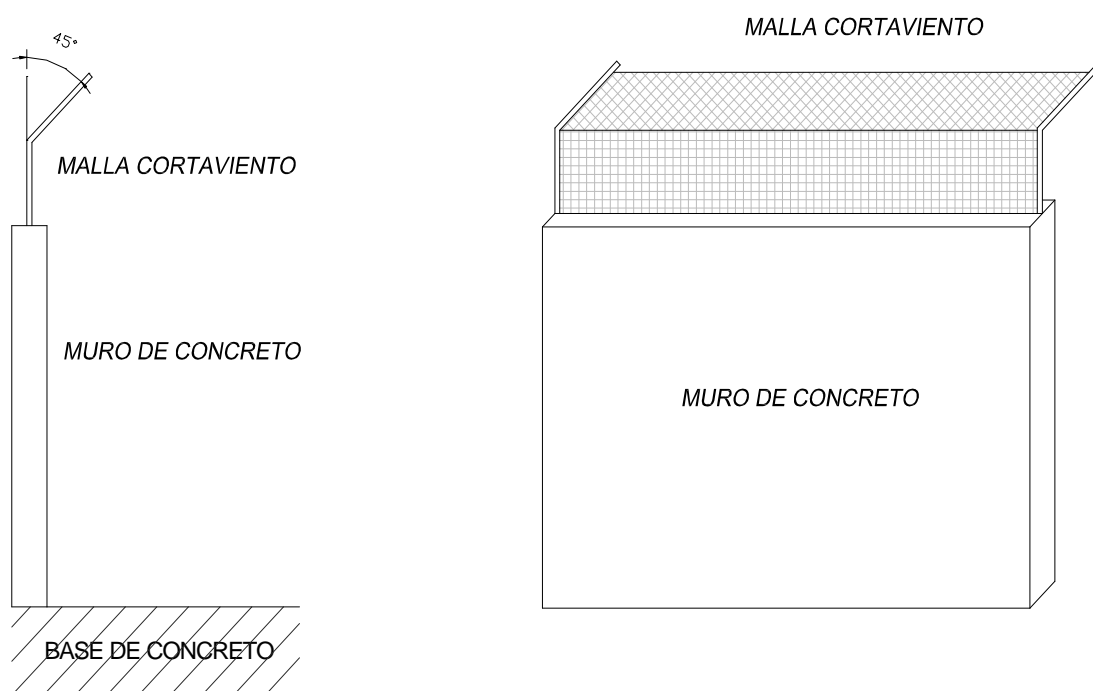


FIGURA N° 5 : Pared y Malla Cortaviento

5.4.4 Disponer que los concentrados que requieran mezclarse, contengan una humedad controlada, que permita su manipuleo y evite la emisión de polvos fugitivos.

5.4.4.1 Considerar un Programa de Monitoreo de Calidad de Aire en los linderos del perímetro de las instalaciones, según se establece en el Capítulo VI, denominado Monitoreo Ambiental y Biológico.

5.5 OPERACIONES EN PUERTO

5.5.1 Embarque

5.5.1.1 Por la variedad de calidades de concentrados minerales peruanos, se recomienda en general que la humedad de los concentrados estén en el rango del 75 al 90% de su punto de fluidez. Es importante destacar que cada productor o propietario de la carga, deba conocer sus características físicoquímicas, a fin de determinar los niveles de humedad aparentes para su manipulación minimizando los riesgos de contaminación por emisiones fugitivas.

5.5.1.2 Disponer que la pala mecánica de cargador frontal esté provista de una cuchara sin uñas. Además el ancho de esta última deberá ser menor al de la tolva, para evitar el derrame del producto (Ver Figura N°6).

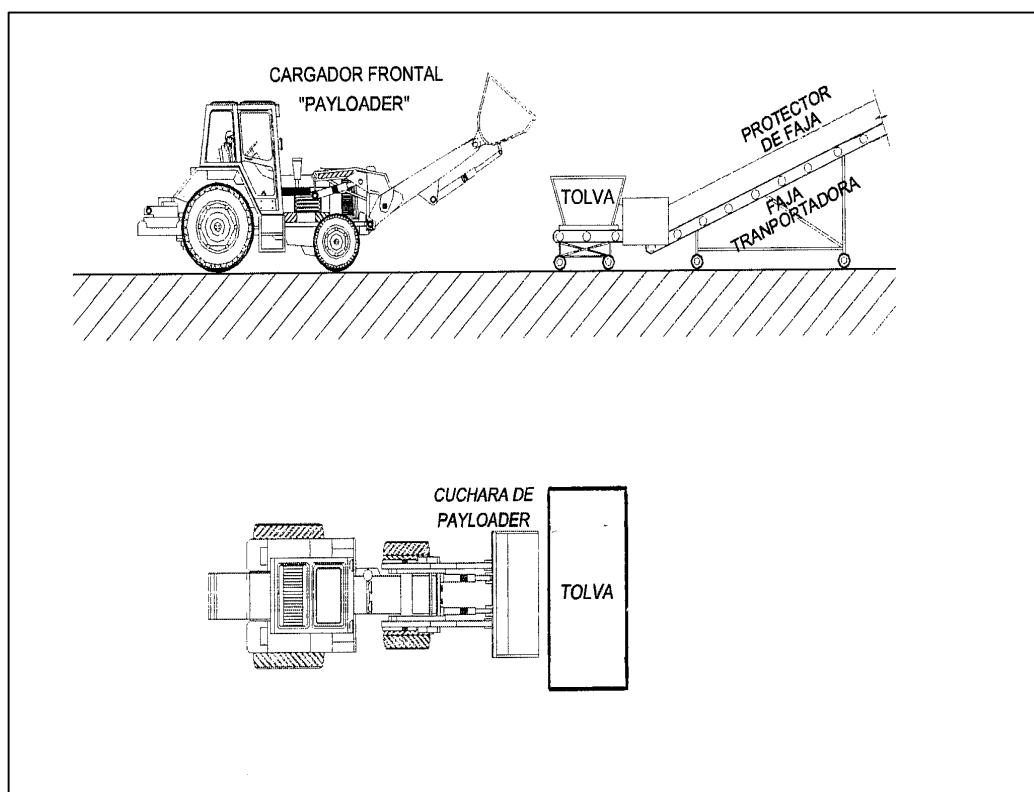
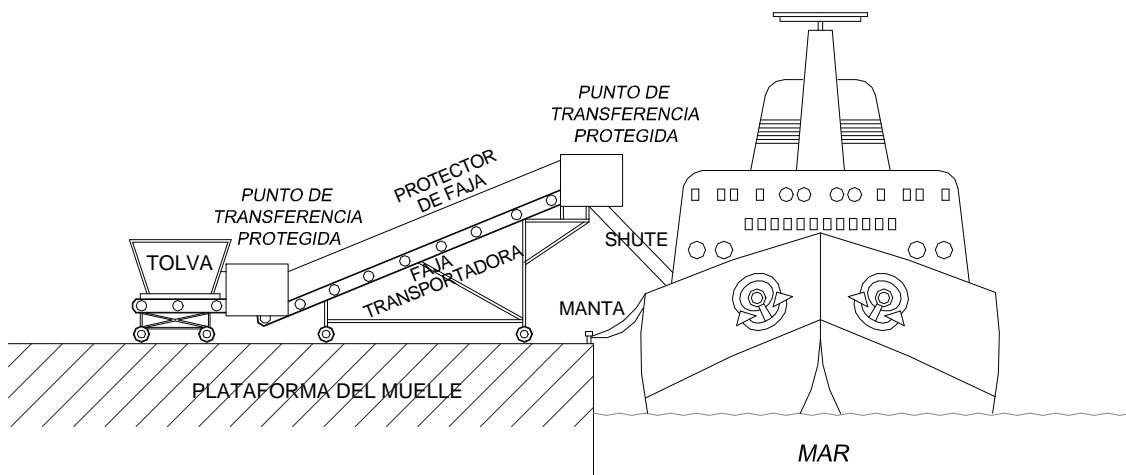


FIGURA N° 6 : Relación Cuchara del Cargador y Ancho de Tolva

5.5.1.3 Recuperar los concentrados remanentes mediante un sistema de barrido y aspirado mecanizado, que permita dejar limpia la plataforma del muelle y vías de acceso.

- 5.5.1.4 Instalar a la salida del puerto, un sistema de lavado de unidades vehiculares, similar al recomendado en los depósitos, con agua a presión, que evite la dispersión del concentrado adherido a los neumáticos, tolvas y toldos. (Ver Figura N°3).
- 5.5.1.5 Almacenar y enviar el agua recuperada del sistema de lavado de unidades vehiculares a un sistema de tratamiento secundario.
- 5.5.1.6 Recuperar los lodos y disponerlos según lo establezcan las políticas de medio ambiente del puerto bajo la responsabilidad del administrador del mismo.
- 5.5.1.7 Colocar mantas entre la cubierta de buque y muelle, para evitar la caída de concentrado al mar, en caso de maniobras y/o condiciones inseguras (Ver Figura N°7).



Se recomienda que el shute (“cachimba”) de descarga en el extremo de la faja transportadora, ingrese por lo menos un metro bajo el nivel de la escotilla de la bodega, pudiendo ser del tipo telescópico o retráctil, metálico y flexible. El punto de transferencia o unión con la faja deberá tener una cubierta que evite el escape de concentrados fuera de shute.

5.5.1.8 No es recomendable la permanencia prolongada de pilas de concentrados en el muelle por estar sujetas a pérdidas de humedad y emisiones fugitivas por la acción del viento durante el manipuleo del cargador frontal.

5.5.1.9 Si por razones ajenas al embarcador, el concentrado queda sin embarcar sobre muelle, se recomienda humedecer y cubrir las pilas, para minimizar las emisiones fugitivas.

5.5.2 Desembarque

5.5.2.1 Evitar las emisiones de polvos fugitivos manteniendo la humedad de los concentrados sobre el 75% del punto de fluidez, durante la descarga del sobre muelle y el transporte a depósitos. Se recomienda que el propietario de la carga, conozca previamente las características físicoquímicas, como en el caso de embarques, a fin de minimizar los riesgos de contaminación por emisiones fugitivas.

5.6 ESTUDIOS AMBIENTALES

5.6.1 Las líneas de concentrado existentes deberán presentar un Plan de Manejo Ambiental según los criterios que establezca el MEM al respecto.

5.6.2 Las líneas que se encuentre en fase de cierre deberán ajustarse a los requisitos que establezca el MEM tomando en cuenta las medidas de mitigación y compensación que sean aplicables.

En el Anexo D, denominado Prácticas Limpias Complementarias: Mejor Tecnología Disponible, se detallan de manera referencial, prácticas limpias que consideran tecnologías de punta para las diferentes actividades que se realizan en la línea de concentrados de plomo y minerales polimetálicos.

Con el propósito de orientar tecnologías de remediación que se están empleando en países desarrollados, en el Anexo E, a manera de referencia se presentan lineamientos de aquellas que pueden ser de aplicación en el país.

VI. MONITOREO AMBIENTAL Y BIOLÓGICO

6.1 A NIVEL DE CALIDAD DE AIRE

6.1.1 Partículas en Suspensión

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) establece en el Code Federal Register (CFR) Título 40 Parte 50 Apéndice G, el "*Método de Referencia para la Determinación de Plomo en Partículas Totales en Suspensión colectadas del Aire Ambiente*".

La medición se efectúa con un muestreador de alto volumen, con flujo aceptable de 1.10 a 1.70 m³/min (39 a 60 CFM), que hace circular el aire a través de un filtro, en el cual se depositan las partículas en suspensión de diámetro inferior a 50 micras.

Las muestras se colectan en períodos de muestreo de 24 horas +/- 10% (de media noche a media noche).

Aún cuando no existe un método de referencia para la determinación de otros elementos metálicos, se considera que sobre el mismo filtro muestreado para plomo, es posible realizar la determinación de cobre, zinc, arsénico, cadmio y mercurio.

a) Filtros

De acuerdo a indicaciones de la USEPA, los filtros empleados para la determinación de plomo en partículas totales suspendidas son de fibra de vidrio, de 8 x 10".

Los procedimientos de manipulación de los filtros, tanto en campo como en laboratorio, con fines de aseguramiento de la calidad, se encuentran descritos en el “Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement” de la USEPA. Asimismo, se incluye un pequeño extracto en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Sub Sector Minería (acápites III.6.1.8.3: Garantía de Calidad).

b) *Crterios de Ubicación del Muestreador*

De manera general, el muestreador debe ser ubicado entre 2 y 7 metros sobre el nivel del suelo, con un mínimo de 2 m de separación de paredes, parapetos y casas. La distancia entre obstáculos y el muestreador no debe ser menor que el doble de la altura del obstáculo sobre el muestreador.

La restricción del flujo de aire debe ser nula en un arco no menor de 270° alrededor del muestreador. La distancia de la de la línea de tráfico más cercana debe estar entre 15 y 30 m.

Aspectos complementarios en relación a la ubicación de los muestreadores se incluyen en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire del Sub Sector Minería (acápites III.6.1.5 y II.6.3.3).

c) *Definición del Número de Muestras y Frecuencia de Medición*

Las regulaciones federales de los EEUU a través de la EPA, especifican que las mediciones de partículas totales en suspensión y por ende de plomo (Pb) y otros elementos metálicos, deben realizarse a lo menos una vez cada 6 días.

Los lugares más contaminados de un área urbana, deben ser muestreados a mayores frecuencias que los requerimientos mínimos. Asimismo, donde se espera se produzcan los promedios anuales y las 24 horas más altas, deben producir las muestras más frecuentes.

Una aternativa de medición es efectuar dos campañas de un mes en períodos estacionales, no de transición.

El monitoreo de variables meteorológicas paralelamente a la medición de plomo en el aire, permitirá correlacionar la influencia de las fuentes de contaminación.

De acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones del Sub Sector Minería del Ministerio de Energía y Minas (Setiembre 1994), la frecuencia de registro debe ser a intervalos de tres días. Esto permitirá que se recolecten muestras cada día de la semana, por lo menos, una vez cada mes.

6.1.2 *Polvo Sedimentable*

Las partículas mayores a 40 micras sedimentan rápidamente por influencia de la fuerza gravitacional, depositándose sobre las superficies.

Para efectos de medición de "polvo sedimentable", la Organización Panamericana de la Salud (OPS) desarrolló un Método de Muestreo Normalizado, consistente en dejar al aire libre, durante un mes, un frasco de plástico, que se traslada luego al laboratorio, se tamiza el contenido para eliminar trozos gruesos, se concentra en baño maría a sequedad y se pesa.

Posteriormente se efectúa la determinación de plomo u otros elementos metálicos mediante absorción atómica.

6.2 *A NIVEL DE AREA RESIDENCIAL*

Se han desarrollado numerosas técnicas para la recolección de polvo de las superficies, las cuales varían desde el uso de pañuelos simples hasta aspiradoras de alta potencia.

6.2.1 *Métodos*

6.2.1.1 *Del Pañuelo*

Este método ha sido desarrollado por la U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD) en los "Lineamientos para Identificación de Peligros y Abatimiento en Hogares" - 1990.

Las muestras se obtienen friccionando un área de un pie cuadrado de superficies descubiertas o en el total del umbral interior de una ventana.

Después del muestreo, la tela se coloca en un contenedor y se le envía al laboratorio para el análisis y los resultados de muestras de polvo son usualmente expresados como peso de plomo u otro elemento metálico por unidad de superficie.

Cuando se utiliza trapos pre-pesados, el polvo colectado se calcula por diferencia, y la concentración del elemento se determina por análisis expresándose en $\mu\text{g/g}$ o ppm.

6.2.1.2 Aspiración

Se puede utilizar el polvo colectado por una aspiradora doméstica, tomando el polvo fino que se deposita en el fondo de la bolsa. Al mismo tiempo, a algunas se les puede modificar para que contengan filtros.

El uso de la aspiradora doméstica puede servir para determinar la existencia de un alto riesgo en el hogar debido a contaminación por plomo u otros elementos metálicos.

El método DVM de la Universidad de Cincinnati, implica el uso de una bomba de aspiración personal, la cual usualmente opera a 2.5 a 3 litros por minuto (LPM), permite recolectar polvo que podría adherirse a las manos de los niños.

Otros métodos de aspiración empleados incluyen el muestreador Sirchee – Spittler, el método de boquilla azul, el de BRM-HVS3, el de Prpic – Majic y el Lioy, las series HVS y el ciclón CAPS.

6.2.2 Interpretación de Resultados

En el caso de una propiedad familiar, se deben tomar dos tipos de muestras de polvo: muestras simples de la superficie, las cuales conducen a obtener resultados de la superficie específica que se ha muestreado; y muestras compuestas, las que conducen a un resultado promedio, representativo de todas las superficies muestreadas.

Se deberá comparar el resultado de la muestra compuesta con el Límite Máximo Permisible.

6.2.3 Unidad de Medida

Dos diferentes medidas son utilizadas usualmente para caracterizar el nivel de plomo u otro elemento metálico en el polvo residencial: carga del elemento y concentración.

La carga o concentración en el área, es una medida de la cantidad de elementos metálicos que están presentes en una extensión de superficie dada; se expresa en masa por área de superficie muestreada (típicamente en $\mu\text{g/m}^2$ o $\mu\text{g/pie}^2$).

La concentración mide cuánto mineral está presente en una cantidad dada de polvo y puede ser expresado tanto en $\mu\text{g/g}$ o, equivalentemente en partes por millón en peso (ppm).

6.3 CALIDAD DE AGUA

Los cuerpos de agua superficial y subterránea, deberán ser evaluados en forma periódica en cada una de las instalaciones donde se manejen concentrados; asimismo se realizará en caso de accidentes debido a derrame de concentrado por volcadura de la unidad de transporte, cuya descarga pueda impactar en ríos, lagos o lagunas, como también el impacto que pueda ocasionar de manera accidental la carga /descarga de las bodegas de los buques en el océano.

Los procedimientos de campo y métodos de análisis que se utilicen para el monitoreo de calidad de agua y efluentes líquidos, deberán estar acorde con lo dispuesto en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua (DGAA-MEM).

Para el caso de agua para consumo humano, los resultados deberán compararse con estándares establecidos por la Norma Nacional ITINTEC 214.003, Requisitos de Agua Potable (INDECOPI).

Los resultados del monitoreo de aguas continentales o marítimas deberán ser comparados con lo establecido por la Ley General de Aguas (Ley N° 17752).

En el caso que puedan existir emisiones líquidas, los resultados deberán compararse con los valores señalados en la Resolución Ministerial 011-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero Metalúrgicas.

Finalmente, los lixiviados que puedan producirse en las áreas de depósito, relleno de seguridad u otras áreas, se sugiere sean comparados con límites de carácter internacional dado que en el país no existe este tipo de estándar.

6.4 SUELOS

En áreas urbanas, las muestras se toman de suelos descubiertos (sin césped u otro tipo de cubierta), usualmente en el lugar donde juegan los niños, en el primer centímetro superficial de suelo.

En ausencia de información específica de los patrones de juego, se tomará el promedio del área como representativo de la exposición al plomo u otro elemento metálico de los niños.

El área residencial se cuadrícula y se toma una muestra de suelo superficial en el punto más próximo al centro de cada cuadrícula.

Los resultados se expresan como peso del elemento por unidad de peso de suelo, generalmente en partes por millón (ppm).

No es recomendable el uso de kits de muestreo, donde por reacción química el indicador cambia de color para indicar la presencia de mineral, debido a que los resultados no son confiables.

6.4.1 *Recolección y Manejo de Muestras*

En primer lugar, se debe asegurar que la persona que recolectará y manejará la muestra está debidamente entrenada y tiene la suficiente experiencia para llevar a cabo esta labor.

Al mismo tiempo, debe tener suficiente juicio para seleccionar el número y la localización exacta de los lugares de toma de muestras, sino los resultados no serán representativos. Al mismo tiempo, el manejo de las muestras se debe realizar de forma correcta.

En segundo lugar, para obtener credibilidad en cuanto a los resultados de las muestras, el laboratorio que analizará las muestras debe ser de confianza. Los laboratorios deben adherirse a un estricto control de calidad y de control para asegurar que las muestras han sido analizadas de forma correcta.

6.5 BIOLÓGICO: SANGRE, ORINA Y FLUIDOS

En este aspecto, se incidirá en el elemento plomo, dado que es el que presenta mayor riesgo desde el punto de vista de salud humana.

6.5.1 Indicadores

Dado que la absorción de plomo en el organismo, se encuentra asociado a dos tipos de indicadores: “de exposición” y “de efecto”, se mencionan los indicadores de mayor eficiencia.

6.5.1.1 Indicador de Exposición: Plumbemia (Pb-b)

Es el medio más útil para evaluar el grado de exposición del individuo al plomo. La cantidad de Pb-B es función del plomo absorbido por el organismo menos el depositado en huesos y tejidos blandos y el plomo excretado en orina y heces.

Se debe tener en cuenta que el grado de absorción depende de factores como tiempo de exposición, grado de actividad física (volumen de aire inspirado), tamaño de partículas de plomo, higiene personal, hábitos nocivos en el trabajo (fumar, comer, beber) y la sensibilidad individual (variaciones metabólicas) entre otros. Esto explica la posibilidad de encontrarse con diferentes niveles de Pb-B frente a una misma concentración ambiental de plomo.

6.5.1.2 Indicador de Efecto: Zinc-protoporfirina eritrocitaria (ZPP). Protoporfirina eritrocitaria libre (EP)

La elevación de la concentración de protoporfirina eritrocitaria en la impregnación plúmbica está asociada a una ligera elevación del hierro sérico.

En exposición estable, la ZPP comienza a aumentar cuando el nivel de Pb-B es de 35-40 ug/100 ml. En las mujeres el aumento comienza entre 25-35 ug/100 ml. Debe establecerse el nivel base de ZPP de cada trabajador nuevo antes de la exposición al plomo con el objeto de evaluar la sensibilidad individual al plomo.

Por la facilidad de la determinación actual de la ZPP y el hecho de poder recogerse en sangre capilar o venosa, es el parámetro que indica la valoración precoz del daño biológico del plomo sobre los trabajadores expuestos. Puede medirse tanto en ug/100 ml de sangre como en ug/ g Hb.

6.5.2 Muestreo y Análisis

El recojo de la muestra se hace mediante la extracción de sangre venosa en recipientes exentos de plomo utilizando heparina o sal sódica de ácido etilén-amino-tetra azuoico (EDTA) como anticoagulantes. El mantenimiento de las muestras debe hacerse a temperaturas entre 2 °C - 8 °C.

Los materiales a emplear para la toma de muestra deben encontrarse en buen estado de limpieza, previamente lavado con ácido nítrico diluido, siendo selladas y refrigeradas hasta su análisis, evitándose contaminación de la misma. Las muestras para parámetros hemáticos deben ser procesadas dentro de las 24 horas. Para la ZPP la muestra debe conservarse en lugar oscuro.

6.5.2.1 Método Analítico

El método de análisis está basado en la metodología 8003-ISSUE 2 – NIOSH: “Plomo en sangre”. La plumbemia se determina por espectroscopia de absorción atómica, en tanto que la ZPP se realiza a través de Fluorimetría o método equivalente. La determinación de mayor exactitud se realiza en forma directa a través del Horno de grafito.

6.5.2.2 Control de Calidad del Laboratorio de Análisis

- Participación del laboratorio en Programas de Competencia de Laboratorios de Pruebas de Plomo en Sangre.
- Inclusión de estándares por cada 20 pruebas de laboratorio realizadas.

6.5.2.3 Realización de entrevistas

La toma de muestras deberá estar acompañada por un cuestionario sobre características socioeconómicas, exposición a plomo en aire, agua, alimentos y hábitos higiénico sanitarios del personal evaluado.

6.5.2.4 Validación

El equipo de lectura debe ser calibrado periódicamente por operadores y auditores externos, a fin de garantizar la calidad de los resultados. Asimismo, los resultados serán acompañados de validación estadística.

6.5.3 Condiciones de Muestreo

El tiempo se encuentra en función de velocidades de absorción y eliminación de compuestos químicos y sus metabolitos; y de acuerdo con la persistencia de cambios bioquímicos inducidos siguientes:

- a) Los determinantes con momento de muestreo “antes de comenzar el turno” después de 16 horas sin exposición, se eliminan rápidamente con una vida media menor a 5 horas.
- b) Los determinantes con momento de muestreo “al comienzo de la semana de trabajo” o al “final de la semana de trabajo” , después de dos días sin exposición o después de cuatro o cinco días consecutivos de trabajo sin exposición se eliminan con vidas medias superiores a las 5 horas.
- c) Los determinantes con momento de muestreo “no crítico” u “opcional” tienen vidas medias de eliminación muy largas y se acumulan en el organismo durante años, y en algunos durante toda la vida.

En el Anexo F a manera de información, se presentan los límites permisibles correspondientes a calidad de aire, calidad de agua, efluentes líquidos, suelo y lixiviados.

6.5.4 Frecuencia de Evaluación

a) Examen de Ingreso o Previo

Determinación de plomo en sangre (plumbemia) como parte del examen médico de ingreso, antes o en los primeros 15 días del comienzo del trabajo (exposición).

Asimismo, se realizará una historia laboral detallada del candidato al puesto de trabajo, con especial atención a posibles exposiciones anteriores al plomo.

b) Examen Periódico

La determinación de plomo en sangre debería realizarse con una periodicidad semestral y en caso que alguno de los trabajadores presente plumbismo, será de acuerdo a lo que establezca el médico tratante. Esta evaluación incluirá a todos los trabajadores expuestos a plomo.

Considerar la realización de exámenes médicos en los laboratorios de ESSALUD, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) u otro laboratorio especializado que apruebe la autoridad competente.

c) Examen de Retiro o Jubilación

Determinación de plomo en sangre (plumbemia) a más tardar dentro de los 15 días desde la fecha de retiro del trabajador de las labores en el Depósito.

6.5.5 Otros Elementos Metálicos

En relación a los elementos cobre y zinc, uno de los métodos descritos para su determinación en sangre es el "Method 8005 Issue 2: Elements in Blood" de la NIOSH, basado en la determinación por ICP - Espectroscopía de Emisión Atómica.

VII. CONDICIONES DE HIGIENE Y SEGURIDAD

7.1 PRÁCTICAS HIGIÉNICO – SANITARIAS

- 7.1.1 La ingesta de alimentos para el personal que manipula concentrados, principalmente plomo, podría realizarse de la manera siguiente:
- a) Los comedores o áreas destinadas para el consumo de alimentos deberían situarse, de tal manera que los trabajadores puedan acceder a ellos desde los vestuarios, sin atravesar las zonas de trabajo.
 - b) Previamente lavarse la cara, el cuello, manos y uñas, ésta últimas deben estar cortas y utilizar cepillo para eliminar el resto de concentrado adherido; asimismo practicar permanentemente higiene bucal antes de ingresar al comedor.
 - c) Previo al ingreso a la sala del comedor, dejar sus botas y colocarse zapatos de calle o disponer bolsas plásticas gruesas, en perfecto estado de aseo.
- 7.1.2 La empresa debería disponer un recambio de ropa de trabajo diario, de forma tal que se mantenga al trabajador aseado desde el inicio de su jornada laboral.
- 7.1.3 El cambio de ropa de trabajo y elementos de protección personal sería al finalizar la jornada laboral, los cuales serán lavados diariamente por personal especializado.
- 7.1.4 Ducharse al finalizar la jornada laboral con abundante agua y lavarse el cabello para retirar posibles residuos de material particulado. Debería proporcionársele jabón a base de lanolina y toallas individuales que igualmente se cambiarán diariamente.
- 7.1.5 Inculcar a los trabajadores de las empresas mineras y contratistas en general, en la práctica sanitaria de lavarse las manos con abundante agua y jabón, tanto a la entrada como a la salida de los baños.

7.1.6 Los trabajadores deberían abstenerse de fumar y masticar goma, asimismo deben tener presente que la ingesta de bebidas alcohólicas favorece la absorción del plomo.

7.2 *SEGURIDAD VIAL*

Se plantean recomendaciones relacionadas con la seguridad del transporte del mineral en camiones:

7.2.1 *Auxilio Mecánico*

El transporte del mineral, como cualquier otro tipo de material a transportarse, tiene el inconveniente de que los camiones que los transporten pueden sufrir desperfectos mecánicos a lo largo de su recorrido, principalmente en el trayecto que se sigue desde la planta o mina hasta los depósitos cerca del puerto.

En estos casos, se debería recurrir a un auxilio mecánico en el tiempo más breve posible:

7.2.2 *Para los caminos*

Establecer auxilios mecánicos los cuales pueden estar ubicados en las poblaciones a lo largo del recorrido de los camiones, de modo que el vehículo pueda ser auxiliado en aproximadamente 1 hora como máximo.

Los centros de auxilios no deben ser de propiedad de la empresa que transporta el mineral, sino que, pueden establecer convenios con los talleres de mecánica de las poblaciones antes mencionadas. Para ello será necesario el equipamiento mínimo de dichos talleres y de los camiones con radios para una comunicación rápida.

7.2.3 *Para las ciudades*

Respecto a las ciudades, el problema es mucho más crítico, debido a que las vías por donde transitan, generalmente son de alta velocidad y donde la ocurrencia de algún accidentes tiene una alta probabilidad.

Por lo tanto, de igual manera que en el caso de los caminos, se debería garantizar el auxilio mecánico respectivo en un período de tiempo de no más de 60 minutos.

7.2.4 *Tiempos de Viaje*

Generalmente, una de las principales causa de la ocurrencias de accidentes de tránsito en carreteras, es el cansancio de los conductores durante largas horas de viaje.

Al respecto se recomienda turnos de manejo no mayores a 5 horas, que es el período donde un conductor maneja con la mayor seguridad.

El número de conductores estará en función al tiempo de viaje desde la mina o planta concentradora hasta el depósito.

7.2.5 *Velocidades de Circulación*

Las velocidades de circulación dependerán de las características físicas de la vía (pendiente) y de las características operacionales del tránsito. En general, en vías planas sin ninguna interferencia paralela ni transversal, se recomienda desarrollar como máximo 60 Km/H. En los casos en que se crucen áreas urbanas residenciales y/o comerciales, aún en horas de la noche (22.00 a 05.00 horas), las velocidades deberán ser como máximo de 30 Km/H.

7.3 *CONDICIONES DE SEGURIDAD OPERATIVA*

- 7.3.1 Las empresas mineras deberían contar con procedimientos operacionales seguros, que permitan identificar en cada fase del proceso productivo, los riesgos mecánicos, ocupacionales y ambientales, la criticidad de los mismo, como los controles correspondientes. Todos estos aspectos deberán ser parte del Programa de Gestión de Salud, Seguridad y Medio Ambiente – HSE (Health, Safety and Environment); que instaure cada una de las empresas.
- 7.3.2 Dotación de duchas lava ojos, en cada una de las instalaciones donde se manejen concentrados de minerales. Deben tener presión suficiente de agua y un programa de mantenimiento permanente.

7.4 HIGIENE INDUSTRIAL

Como parte del proceso de administración de riesgos, se sugiere realizar evaluaciones de agentes ambientales en los lugares de trabajo, así como de los factores ergonómicos; con el propósito de mantener ambientes controlados libres de agentes contaminantes, que puedan ocasionar y/o generar enfermedades ocupacionales a los trabajadores. En el Anexo F, se presentan los límites permisibles de plomo y compuestos inorgánicos, establecidos por la normativa nacional e internacional.

Las empresas deberían contar con programas de higiene industrial de campo y operativa. La primera será la encargada de realizar estudios de la situación en el ambiente de trabajo (análisis de los puestos de trabajo, detección de contaminantes y tiempo de exposición, medición directa y toma de muestras, comparación con límites permisibles, entre otros).

La segunda, comprende las recomendaciones de los métodos de control a implantarse, para reducir los niveles de concentración hasta valores no perjudiciales para la salud.

Dado que el principal riesgo en el manejo de concentrados, es por inhalación de partículas, en el Anexo G, se presenta la metodología de evaluación de muestras particuladas de plomo y minerales polimetálicos.

7.5 ADIESTRAMIENTO

- 7.5.1 Capacitación del personal de empresas mineras, de muelle y transportistas, en prácticas seguras de trabajo con concentrados, orientadas al conocimiento del producto y sus riesgos asociados a la salud y al ambiente.
- 7.5.2 El personal operativo asignado al manejo de concentrados tendrá que utilizar de manera obligatoria los equipos de protección personal correspondiente (cascos, lentes, mamelucos, guantes, respirador y botas).
- 7.5.3 Especial atención por parte de los supervisores de línea y los propios trabajadores debería constituir la utilización y mantenimiento de equipos de protección respiratoria.

7.6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

7.6.1 La indumentaria y equipos de protección personal utilizados, no deberán ser llevados fuera de la planta o depósito después de la jornada laboral. La limpieza de los mismos, estará a cargo de personal capacitado de la empresa.

7.7 HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES (MATERIAL SAFETY DATA SHEET, MSDS)

Las empresas mineras, tendrían que disponer de un programa de elaboración de hoja de seguridad de materiales, para cada elemento potencialmente peligroso. Esta información, se debe mantener en un lugar de fácil acceso, las hojas MSDS, de manera general contienen información siguiente:

- El nombre del material
- Criterios de seguridad
- Los límites seguros de exposición
- Información que le ayudará a identificar el material, como por ejemplo, su olor, apariencia y propiedades físicas
- Información sobre riesgo de incendio y explosión
- Riesgos a la salud (toxicidad)
- Reactividad
- Efectos de sobreexposición
- Procedimientos de emergencia y primeros auxilios
- Procedimiento para derrames y para la limpieza
- Equipos de protección personal

El personal supervisor y de línea se asegurará que sus trabajadores conozcan los MSDS, y a la vez, sepan interpretarlo, en caso de cualquier accidente. A manera de referencia, en el Anexo H, se presenta el MSDS del Sulfuro de Plomo, el cual constituye el compuesto predominante en los concentrados de plomo (86.6% de Pb).

7.8 *PROGRAMA DE GESTIÓN DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE*

Las empresas mineras deberían establecer, a través de un proceso de administración de los riesgos, un Programa de Gestión que permita la preservación de la salud de los trabajadores, la protección de instalaciones, equipos y maquinarias, así como la conservación del medio ambiente donde realice sus operaciones.

En el Anexo I, se presenta el desarrollo de los lineamientos del programa en mención.

VIII. PLAN DE CONTINGENCIA

En el presente capítulo se indica los lineamientos y recomendaciones para la elaboración del Plan de Contingencia de las empresas minero – metalúrgicas, con relación a la línea de plomo y minerales polimetálicos.

8.1 DEFINICIÓN

Es un componente esencial del sistema de control de riesgos, con el objetivo de minimizar los efectos dañinos en las personas, propiedad y medio ambiente resultante de un accidente, provocado por el hombre o la naturaleza.

8.2 CLASIFICACIÓN DE CONTINGENCIAS

- 8.2.1 Derrame o descarga de concentrados debido a volcadura de unidades de transporte (camión y vagones), que podrían impactar a:
- a. Suelos, flora y fauna terrestre
 - b. Cuerpos de agua (ríos, lagos, mar, entre otros)
 - c. Areas Naturales Protegidas
- 8.2.2 Desastres naturales (huaycos, sismos, inundaciones, etc.), que podrían impactar a los puntos señalados anteriormente.
- 8.2.3 Fuego en instalaciones y unidades de transporte, en los cuales se debe utilizar abundante agua para combatirlo, lo cual originaría lodo, que debe ser confinado antes que se disperse a zonas fuera de la planta, depósitos o áreas en general, según sea el caso.

8.3 CRITERIOS BÁSICOS

- El establecimiento de procedimientos que describan los cursos de acción en caso de un accidente mayor o accidente potencial que plantee una amenaza a la salud humana, medio ambiente y a la propiedad.
- La utilización oportuna y adecuada de los recursos humanos y materiales comprometidos con el control de emergencias, unificando los criterios operacionales y centralizando las acciones sin control de las emergencias mediante una sola unidad operativa.
- La identificación de las áreas críticas dentro y fuera de las instalaciones (disponer de un plano de identificación de áreas críticas).

8.4 INFRAESTRUCTURA

El Plan de Contingencia deberá considerar la información necesaria sobre aquellas instalaciones o áreas críticas que forman parte del plan de respuesta a las emergencias tales como:

8.4.1 Operativa

- Características Generales de las Instalaciones que forman parte del proceso de manejo, transporte y embarque de concentrados.
- Riesgos potenciales identificados en el área de transportes.
- Procedimientos de control durante la emergencia operativa.

8.4.2 Contra Incendios

- Sistema de abastecimiento de agua
- Distribución de equipos portátiles contra incendio (adjuntar plano de distribución)

8.4.3 Médica

- Capacidad hospitalaria de la empresa
- Características de la infraestructura interna de centros médicos adscritos o relacionados a la empresa minera – metalúrgica
- Equipamiento
- Establecer un inventario de equipos, los cuales deberán estar distribuidos de acuerdo al tipo de emergencia, el responsable del área de mantenimiento, deberá incorporar en su programa anual la inspección y mantenimiento de los equipos de control y recuperación de concentrados de plomo y otros a utilizar en el control de las emergencias.
- Establecer un procedimiento y áreas para la disposición final del tierra contaminada con concentrados de plomo (rellenos de seguridad).

8.5 ADIESTRAMIENTO DEL PERSONAL

El plan incluirá los siguientes aspectos en lo relacionado a la capacitación el personal asignado:

- Incluir el programa anual de entrenamiento al personal asignado en el plan de contingencias, indicando tipo de emergencia, posibles lugares, fechas tentativas, acciones a tomar, material a utilizarse de acuerdo a la emergencia.
- Elaborar un formato para reportar la secuencia y poder evaluar la práctica de simulacro
- Clasificar los derrames o descargas de concentrados de plomo, por categorías de acuerdo al volumen y al área dañada.
- Incluir la relación del personal que ha recibido entrenamiento para el control de derrames o descargas de concentrados, indicando su dirección y teléfono con la finalidad de ser ubicados en caso de producirse una emergencia.
- Llevar estadísticas de accidentes debido a derrames o descargas de concentrados, en las cuales se debe considerar las causas, magnitud, zonas afectadas; para determinar su frecuencia a fin de establecer los riesgos y elaborar programa de capacitación y entrenamiento.

El programa de entrenamiento debería incluir la capacitación del personal de mantenimiento, operaciones, seguridad y transportes, en el uso y manejo adecuado de equipos de control y recuperación de áreas afectadas por concentrados de minerales.

8.6 *INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES*

- Establecer el área responsable que debe comunicar a la Dirección General de Minería (DGM), dentro del plazo establecido por Ley luego de haber ocurrido un incidente, indicando el número telefónico, fax y correo electrónico, dentro del directorio de contactos externos.
- Definir la dependencia responsable, que debe proporcionar la información en forma oficial a la empresa auditora para que este efectúe el informe preliminar a la DGM. Elaborar un formato, indicando tipo de incidentes, lugar, fecha y hora, causa aparente, daños humanos y materiales, acciones tomadas para conjurar el derrame o descarga de concentrados, mitigación y restauración de la zona afectada.
- Garantizar que la información requerida, sobre las condiciones climáticas, dirección y velocidad del viento, corriente marina o de agua superficial, sea alcanzado en forma oportuna.

8.7 *PLAN DE ACCIÓN*

- Establecer la disposición final de concentrados de plomo recuperados teniendo en consideración los aspectos siguientes:
 - Selección y ubicación del lugar
 - Acondicionamiento del lugar
 - Almacenaje
 - Transporte
 - Disposición

8.8 *CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES*

Para la evaluación de los impactos ambientales, puede tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- Magnitud del impacto
- Extensión del impacto
- Duración
- Efecto

La definición de la gravedad de los impactos se indican a continuación:

Gravedad	Descripción
1	Leve
2	Moderado
3	Grave
4	Muy Grave
5	Catastrófico

Cabe indicar que para el caso de volcadura de una manión cargado de concentrados, si el material afecta al ambiente, llámese suelo, agua o aire, se considera como grave.

8.9 PRÁCTICAS DE SIMULACRO

El Plan de Contingencias debe establecer, a través de un planeamiento previo, el ejercicio de prácticas de simulacro bajo diferentes condiciones operativas o situaciones de riesgo específicas. Estas actividades deberán ser realizadas como mínimo dos veces por año, y la evaluación de las mismas será un aporte constante al plan, de manera de enriquecerlo de forma permanente.

IX. PLAN DE CIERRE

Los depósitos del litoral para almacenamiento de concentrados de plomo y otros polimetálicos, se encuentran ubicados generalmente en zonas urbano-industriales próximos a las instalaciones portuarias.

Los objetivos del Cierre o Abandono de estos depósitos, por su ubicación, estarán referidas fundamentalmente a:

- La protección de la salud humana y el medio ambiente mediante la aplicación de prácticas de higiene y seguridad ambiental.
- El uso beneficioso o aprovechamiento de las instalaciones para realizar otras actividades, sin riesgos de contaminación, o
- Permitir una demolición general o parcial de las instalaciones, sin riesgos de contaminación por residuos de concentrados minerales.

En general, las construcciones de los depósitos o almacenes, son de material noble en pisos y paredes, por lo que se recomienda:

- Recuperar todos los sólidos remanentes de las pilas de concentrados a través de barredura mecanizada para evitar levantamiento de polvos, complementando con barredura y rastreado manual.
- El concentrado recuperado podrá ser almacenado en contenedores metálicos herméticos, cilindros u otros recipientes que aseguren su integridad y posterior transporte.
- Limpieza general del depósito considerando paredes, pisos, techos, casetas, puertas y ventanas exteriores e interiores, utilizando agua, escobillas y detergentes biodegradables.
- Las aguas residuales del lavado, deberán ser recuperadas y almacenadas en cilindros o tambores que permitan la decantación y separación de agua y finos.

- Los concentrados secos y lodos recuperados, podrán ser transportados a las plantas concentradoras de origen para su reutilización, relleno hidráulico o dispuestos en Rellenos de Seguridad.

En el caso de cierre o abandono de depósitos ubicados en las plantas concentradoras, se aplicarán también los criterios antes señalados. Sin embargo, si el abandono está referido al cierre total de la Planta, se recomienda tomar en cuenta los criterios establecidos en la “Guía para el Cierre y Abandono de Minas” de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Sub-Sector Minería del MEM.

X. *GESTION AMBIENTAL*

Como todo sistema, las empresas tienen vocación de permanencia. En la actualidad y de forma creciente hacia el futuro, el medio ambiente se comporta como un factor de competitividad, de tal manera que la atención de las actividades de las empresas en relación al medio ambiente determina su supervivencia. Las empresas serán más competitivas en la manera que sepan aprovechar las oportunidades que se brinda en este campo. Por otro lado, la gestión ambiental en las empresas contribuirá a la reducción de los riesgos y a la superación de problemas de cumplimiento.

La presencia de la Gerencia y la Dirección de una organización garantizan la legitimidad de cualquier sistema de gestión ambiental asegurando su cumplimiento e involucrando a todos los que forman parte de la organización.

Por otro lado, la problemática ambiental ha creado conciencia tanto en la ciudadanía como en las autoridades. Asimismo, los desastres ambientales internacionales y el incremento del conocimiento sobre las consecuencias ambientales del desarrollo industrial han motivado a muchos países a considerar o promulgar una legislación que contenga sistemas de administración ambiental, de calidad, de auditoría y de salud ambiental.

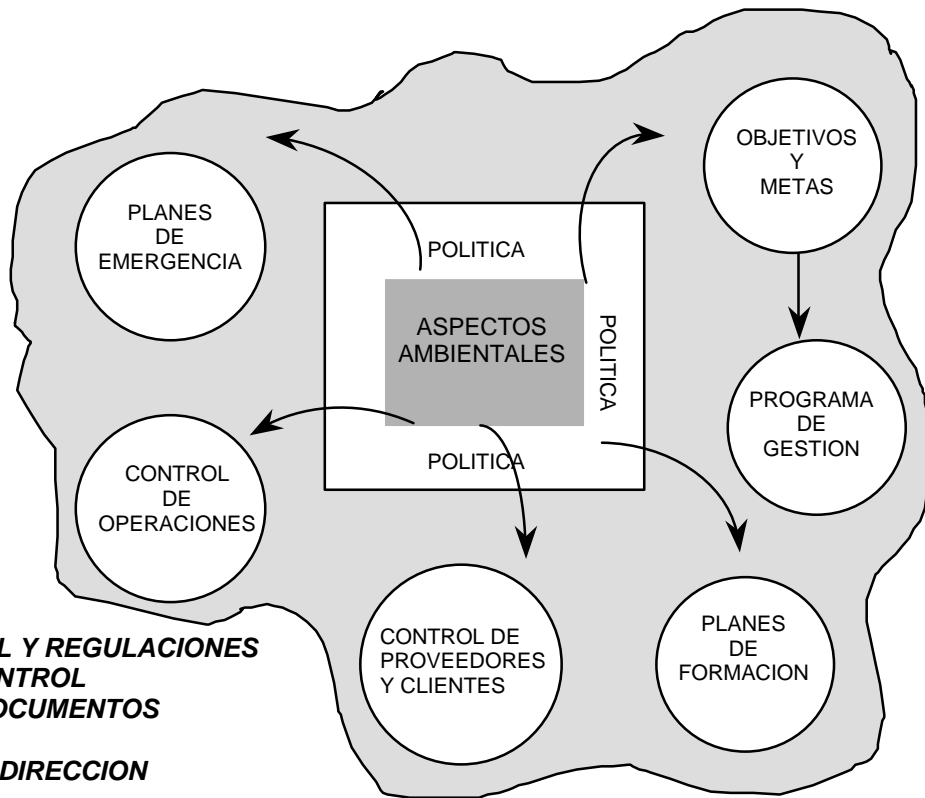
Un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) está basados en la mejora continua que constituye un elemento que permite evolucionar las versiones del sistema hasta lograr la excelencia. Este proceso se inicia con la secuencia de planear, medir, controlar, revisar y mejorar continuamente logrando incorporar esta filosofía a la forma de trabajar en las organizaciones e implantando una verdadera cultura documentaria susceptible de ser auditada en todas sus fases.

El SGA exige la implementación de una adecuada política ambiental que sea capaz de convertirse en un verdadero instrumento de compromiso permanente con el cuidado y la protección del medio ambiente, preocupándose por el cumplimiento de la ley y la regulación vigente, la capacitación y el entrenamiento, el uso eficiente de los recursos, la prevención de la contaminación y la búsqueda de las mejores prácticas dentro de las posibilidades reales de cada organización. De igual forma el proceso requiere que las organizaciones puedan trazar objetivos y metas viables llegando a desarrollar programas de gestión ambiental con los correspondientes controles operacionales que permitan alcanzar los objetivos trazados en los tiempos programados. Ver Figura N° 10.

Las ventajas de implementar un SGA se reflejan en las mejoras substanciales en la calidad ambiental del entorno en el que operan las organizaciones, acompañados de importantes beneficios económicos provenientes del uso eficiente de los recursos y la gestión efectiva de los residuos convirtiendo problemas en verdaderas oportunidades de mejora. Sin embargo, existe una serie de ventajas adicionales como los beneficios directos del eco-posicionamiento del negocio y el acceso a mercados globales de mayor exigencia. De igual forma en el orden financiero permite el acceso creciente al capital y la cooperación técnica, incorporando importantes beneficios políticos que permiten dar respuesta directa, concreta y legítima a todas las partes interesadas aplicables a la organización dentro de un marco legal y regulatorio predeterminado.

Figura N° 10
Componentes de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Los aspectos ambientales constituyen la base del SGA



SOPORTES:

- * **SOPORTE LEGAL Y REGULACIONES**
- * **AUDITORIA / CONTROL**
- * **CONTROL DE DOCUMENTOS**
- * **ORGANIGRAMA**
- * **REVISION DE LA DIRECCION**

XI. BIBLIOGRAFIA

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1991) TLVs Valores Límites para Sustancias Químicas y Agentes Físicos en el Ambiente de Trabajo e Índices Biológicos de Exposición. Estados Unidos de Norteamérica.
- Armas, J.; Barrezueta, H.; Mejía, P.; Morgan, V.; Ugaz, G. y Vinatea, A. (Mayo, 1995) Comercialización de Concentrados de Minerales y Metales Refinados. Capítulo de Ingenieros de Minas. Consejo Departamental de Lima. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima - Perú.
- Díaz, F.; Hamel, J.; Paz, E.; Carrizales, L.; Batres, L.; Calderón, J.; Galvao, L.; Caldas, L. y McConnell, R. (1995) Evaluación del riesgo a la salud. Zona metalúrgica de Alto Lima, ciudad de El Alto, Bolivia. Bolivia.
- Environmental Protection Agency (EPA) (Junio 1998) Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead. 40 CFR Part 745. Estados Unidos de Norteamérica.
- EPA (1995) Sampling Dust for Lead Basic Concepts and Literature Review. EPA 747-R-95-007. Estados Unidos de Norteamérica.
- EPA (1998) Testing your Home for Lead in Paint, Dust and Soil. EPA 747-K-98-001. Estados Unidos de Norteamérica.
- Harte, J.; Holdren, C.; Schneider, R. y Shirley, C. (1995) Guía de las Sustancias Contaminantes. Editorial Grijalbo. México.
- LaGrega, M.; Buckingham, P. Y Evans, J. (1997) Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, Eliminación y Recuperación de Suelos. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Ministerio de Salud de la República de Chile (1985). Manual de Toxicología Ocupacional. 1º Revisión. Santiago - Chile.

- Moore, J. y Ramamoorthy, S. (1984) Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment. Springer – Verlag New York Inc. Estados Unidos de Norteamérica.
- Organización Panamericana de Salud (OPS) (1986) Enfermedades Ocupacionales. Guía para su Diagnóstico. Publicación científica N°480. Estados Unidos.
- Ramírez, A; Compaucar, J y Medina, J (1997) Plomo Sanguíneo en los Habitantes de Cuatro Localidades Peruanas. Red Panamericana de Salud. Lima – Perú.
- SGS EcoCare (1999) Evaluación Ambiental en el Manejo de Concentrados Minerales en el Callao. SGS del Perú S.A. Lima - Perú.
- United Nations. Economic Commission for Europe (1997) Compendium of Soil Clean – Up Technologies and Soil Remediation Companies. Nueva York y Génova.
- U.S. Department of Health and Human Services (1992) Analysis Paper: Impact of Lead – Contaminated Soil on Public Health. Estados Unidos de Norteamérica.
- Water for the World. Taking a Water Sample. Technical Note N° RWS.3.P.2
- World Health Organization (WHO) (1973) The Hazards to Health and Ecological Effects of Persistent Substances in the Environment. Sources, Turnover in the Environment and Ecological Effects of Arsenic, Cadmium, Lead, Manganese and Mercury. Estados Unidos de Norteamérica.
- WHO (1989) Environmental Health Criteria 85: Lead – Environmental Aspects. Génova.
- World Bank Group (1998) Pollution Prevention and Abatement Handbook. Toward Cleaner Production. Estados Unidos de Norteamérica.

ANEXOS

DEFINICIONES

Con la finalidad de esclarecer los conceptos definidos por la Guía se establece las siguientes definiciones elementales:

- ***Concentrado de Plomo***

Producto con elevado contenido de plomo, que se obtiene después de incrementar la ley del mineral con valor económico o mena mediante operaciones de chancado, molienda y concentración, generalmente, por flotación.

- ***Contaminación Ambiental***

Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el ambiente de sustancias o energía, que por su concentración, al superar los patrones ambientales establecidos o por el tiempo de permanencia, hacen que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza o a la salud.

- ***Depósito del Litoral o Temporal***

Lugar donde se almacena el concentrado, en zonas próximas a los puertos marítimos.

- ***Disposición Final***

Procedimiento dirigido a confinar en un lugar, los residuos en forma permanente, sanitaria y ambiental. Area donde se almacena el concentrado, en zonas próximas a los puertos o al lugar de procesamiento.

- ***Empresa Minera autorizada / comercializador de concentrado***

Incluye a las empresas mineras productoras y/o comercializadoras de concentrados minerales, involucradas en actividades de compra y/o venta de concentrados.

- **Estabilización**

Proceso mediante el cual una sustancia deseada queda total o parcialmente confinada debido a la adición de un medio de soporte aglomerante y otros modificadores.

- **Fuentes de polvos fugitivos**

Emisiones atmosféricas que presentan riesgo de contaminación al ambiente, producto del manipuleo, almacenaje, transferencia u otros manejos de un concentrado de mineral.

- **Inspección**

Servicio realizado por compañías especializadas que verifican diversas actividades asociadas con el manejo, manipuleo y muestreo de concentrado de plomo en relación con la calidad y cantidad del concentrado comercializado.

- **Línea de Plomo**

Secuencia ordenada de operaciones relacionadas con el manipuleo y transporte de concentrados de plomo hasta la ubicación en un destino predefinido.

- **Manejo de concentrado**

Sistema de trabajo establecido para la administración del concentrado en la línea de plomo.

- **Manipuleo de concentrado**

Movimiento del concentrado con instrumentos manuales o con maquinarias en la línea del plomo.

- **Mezcla de concentrados**

Junta de dos o más concentrados de diferente calidad o procedencia, los cuales reciben la denominación de uno de ellos. Esta operación se realiza para enriquecer la calidad o incrementar la cantidad de acuerdo a convenios.

- **Minerales a granel**

Mineral no empaquetado, el cual emite polvo cuando está almacenado o es manipulado.

- **Nivel de acción del plomo**

Cantidad de plomo en sangre o aire a partir de la cual debe adoptarse una vigilancia biológica de los trabajadores afectados.

- ***Polvos fugitivos***

Material particulado arrastrado por el viento hacia al ambiente, ocasionado por actividades humanas durante su manipuleo o por falta de control de sus características físicas.

- ***Prácticas limpias***

Actividad estratégica integrada que conduce a la prevención de la contaminación en los procesos, productos y servicios y que permite incrementar la eficiencia y reducir el riesgo asociado a las personas y medio ambiente.

- ***Sistema de Transporte***

Actividades relacionadas entre si con el objetivo de lograr un transporte que permita el control de las operaciones del mismo, y un reducido nivel de pérdidas del concentrado.

- ***Solidificación***

Proceso mediante el cual se añade material solidificante a las sustancias peligrosas, para originar una masa que las atrape y evite su lixiviación.

- ***Trabajador expuesto***

Es la persona que está expuesta a concentraciones de plomo superiores al nivel máximo permisible por un periodo de ocho horas diarias o 40 horas semanales en promedio.

- ***Transporte de concentrados***

Traslado del producto a través de camiones, vagones de tren o buques marítimos debido a actividades de comercialización.

- ***Unidad de Transporte***

Unidad móvil que es usada para propulsar, trasladar, o arrastrar otras partes que contienen el concentrado a granel.

CRITERIOS PARA INSTALACION DE RELLENO DE SEGURIDAD

1. Generalidades

La generación de lodos, en las diferentes fases del proceso de la línea de plomo, requiere de una o de varias técnicas de disposición final. Entre las más viables para este tipo de elemento químico y en zonas donde exista espacio suficiente, el relleno de seguridad es una elección pertinente.

Los rellenos de seguridad son necesarios debido a que:

- 1) Los mecanismos de gestión de residuos, como es reducción en el origen, reciclado y minimización, no pueden eliminarlos por completo
- 2) Las tecnologías de tratamiento de residuos, al mismo tiempo los producen

Por lo tanto, la generación de residuos no puede reducirse a cero.

A continuación se describen los criterios para el diseño de la instalación de un relleno de seguridad, establecido en la Norma para el Control de la Generación y Manejo de Desechos Peligrosos (Decreto Presidencial N°2211 del 23.04.92 – Caracas Venezuela)

2. Sitio de almacenamiento

El sitio destinado al almacenamiento de desechos tóxicos (metales pesados), no deberá localizarse en áreas con las siguientes características:

- a) Que tengan una frecuencia de inundación mayor de (1) vez cada 100 años.
- b) Que estén zonificada como residenciales, comerciales o turístico – recreacionales.
- c) Que estén ubicadas a una distancia inferior de 150 m de carreteras troncales.
- d) Que sean habitat de especies vegetales o animales en peligro de extinción.

Los recipientes destinados al almacenamiento de desechos de plomo y minerales polimetálicos, deberán ser herméticos, estancos y, en caso necesario, dotados de válvulas de seguridad. Al mismo tiempo, deberán ser identificados de manera apropiada.

Por otra parte, se tendrá especial cuidado si se va a realizar la mezcla de desechos, debiendo efectuar un análisis físico – químico para comprobar que son de naturaleza similar y compatibles.

3. *Selección del lugar*

Los terrenos propuestos deberán reunir las siguientes condiciones:

- a) Ser de fácil acceso
- b) Tener área suficiente para la recepción de las cantidades de desecho previstas, margen para recepción de incrementos, dentro de la vida útil estimada y demostrada, considerando las restricciones de superficie que impone la ejecución de la zona de seguridad perimetral que deberá tener el área activa del relleno
- c) Estar situados fuera de áreas para la captación de aguas superficiales y subterráneas. No deberán igualmente estar situados inmediatos o cercanos a tales áreas, cuando exista la posibilidad de interconexión hidráulica.
- d) No debe estar en un área donde se recargue acuíferos.
- e) No presentar una topografía excesivamente irregular, con fuertes pendientes que impidan o dificulten la ejecución de obras o de las instalaciones que se requieran, y en especial, las destinadas a efectuar el control de las aguas superficiales
- f) No presentar una apreciable actividad sísmica, fallas, ni desplazamientos o deslizamientos
- g) No tener o tener una baja densidad poblacional

4. *Características del suelo*

Deberá tener las características siguientes:

- a) Un pH comprendido entre 7 y 12
- b) Un coeficiente de permeabilidad no mayor a 10^{-7} cm/seg
- c) Un porcentaje de arcilla no menor a 35% del volumen

5. *Características del diseño*

El relleno deberá diseñarse y construirse de tal forma que su fondo, adecuadamente impermeabilizado, se encuentre por lo menos a 3 m por encima del más alto nivel freático que se haya registrado en el sitio.

Deberá contar, cuando sea necesario, con sistemas para controlar la migración horizontal y vertical de los gases que pudieran generarse dentro de él. Igualmente, con un sistema de recolección, tratamiento y evacuación de lixiviados y un sistema de observación de la calidad de aguas subterráneas.

El área del relleno deberá estar rodeada perimetralmente por una cerca natural o artificial, alejada una distancia mínima de 60 m desde el punto más cercano del área activa.

III. PRACTICAS LIMPIAS COMPLEMENTARIAS

Mejor Tecnología Disponible

1. Generales

- 1.1 Establecer que los vehículos sean de tipo pistón para evitar el uso de rastras.
- 1.2 Acondicionar la cabina del cargador frontal con ventilación forzada para asegurar las condiciones en el ambiente de trabajo.
- 1.3 Diseñar un sistema hidráulico de almacenamiento subterráneo, con capacidad suficiente para dos días de regado y combinado con tanque elevado y bomba buster o de un sistema hidroneumático que permita tener presión constante en la red.
- 1.4 Disponer de campanas de extracción localizadas con sedimentación primaria.
- 1.5 Colocar geomembranas subterráneas en el área del depósito y en las pozas de decantación.

2. Específicas

1.1 *DESCARGA DE CAMIONES, ALMACENAMIENTO Y CARGA DE BUQUES*

- 2.1.1 Contar con un sistema de captación de polvos en la instalación de descarga para el control de las emisiones de acuerdo con las normas de calidad de aire.
- 2.1.2 Almacenar el concentrado dentro de una estructura cubierta y cerrada, que cuente con un sistema de captación de polvo seco, ventilación y presión negativa (Ver Fotografía N°1). El piso de las instalaciones donde se almacenan los concentrados será inclinado y contará con un sistema de canaletas de drenaje para coleccionar cualquier escurrimiento de agua para llevarlo hacia una poza de almacenamiento.

2.1.3 Transportar el concentrado desde el almacén a la torre de transferencia mediante una faja transportadora cerrada y de la torre al cargador del buque con una faja encerrada dentro de un tubo de acero estructural reforzado (3 m de diámetro) para evitar pérdidas de concentrado (Ver Fotografías N° 2 y 3).

2.1.4 Establecer un sistema cerrado de carga del buque (Ver Fotografía N° 4).

2.2 EMISIONES FUGITIVAS

Para evitar el desplazamiento de las partículas de concentrados hacia ambientes terrestres o acuáticos en las instalaciones portuarias, se deberá:

2.2.1 Utilizar un sistema de lavado con agua para las galerías de la faja transportadora

2.2.2 Instalar sistemas de captación de polvo de flujo inducido, en los puntos de transferencia del sistema de manipuleo de concentrados.

2.2.3 Ubicar sistemas de filtración en el cabezal del área de la polea del sistema de faja transportadora para recuperar cualquier polvo de concentrado que se encuentre en la tolva

2.2.4 Diseñar la nivelación y colocación de sardineles en el puerto para poder contener el escurrimiento superficial.

LINEAMIENTOS DE TECNOLOGIAS DE REMEDIACION

1. Introducción

En este anexo se describen las principales tecnologías de remediación que se utilizan para la limpieza de agua y suelo contaminado con plomo. Aunque existen numerosas técnicas innovadoras que se encuentran en investigación, se han delineado las más reconocidas por su eficacia.

Se incluye un resumen de ventajas y desventajas de aplicación de las tecnologías, considerando los factores siguientes: costo total, capacidad de limpieza, periodo de tiempo requerido para completar el proceso, requerimientos de mantenimiento y aceptación pública.

2. Tecnologías de remediación

2.1 AGUA

2.1.1 Zeolita

Las zeolitas son aluminio – silicatos naturales o procesados con una estructura molecular tipo jaula. Funciona como criba, quedando los iones metálicos atrapados por intercambio iónico. Actualmente, las zeolitas realizan una gran variedad de funciones en la gestión de residuos (eliminación de iones radioactivos, control de olores en basuras domésticas, etc.), entre los iones metálicos, éstas absorben preferentemente arsénico, plomo y cadmio.

Es factible su uso en los efluentes a la salida del sistema de cunetas en el almacén de despacho de la planta concentradora, poza de decantación del lavado de camiones y sistema de badén en el puerto de embarque.

2.1.2 **Sistemas de contención / barreras**

Previenen que el concentrado disuelto en el cuerpo de agua se difunda hacia zonas no contaminadas. Se colocan de manera tal, que eviten la migración del agua contaminada de manera superficial o subterránea.

La pared de un sistema de contención común, está constituida por una mezcla de bentonita y suelo, el cual permite que el agua fluya a través de ella, colectando los contaminantes por medio de adsorción superficial.

Cuadro N°1
Sistema de Contención / Barreras

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">- Instalación rápida.- Impide el traslado de contaminantes disueltos en medio acuoso de manera inmediata.	<ul style="list-style-type: none">- Sólo previene la difusión de contaminantes hasta que se desarrolle una estrategia de limpieza del área.- Requiere de un monitoreo para asegurar la efectividad de la contención de los contaminantes.- En caso de abertura, la efectividad puede ser perjudicada seriamente.- Se debe conocer el flujo de agua subterránea para un diseño apropiado del sistema.

2.1.3 **Ultrafiltración**

El agua contaminada se conduce a un sistema de baja presión, donde es captada por membranas resistentes, lo cual la libera de materiales de alto peso molecular y sólidos suspendidos.

El fluido viaja por la superficie de la membrana en forma horizontal a alta velocidad impidiendo la formación de lodos que obstaculicen y disminuyan la eficiencia de las mismas.

2.1.4 Osmosis inversa

Esta tecnología es reconocida por su efectividad para reducir el total de sólidos disueltos y contaminantes iónicos específicos.

El agua se impulsa mediante una bomba de alta presión y se difunde a través de una membrana de características especiales; el “concentrado” que contiene los contaminantes se elimina del sistema y se obtiene un líquido “permeado” de alta pureza.

2.2 SUELOS

2.2.1 Solidificación / Estabilización

Proceso mediante el cual se reduce la movilidad del plomo y/u otros metales pesados. Se envuelve al contaminante en una masa de baja permeabilidad (solidificación), o se induce reacciones químicas entre un agente estabilizante y los contaminantes (estabilización).

La solidificación del terreno con una combinación de cemento y silicatos líquidos solubles o mediante el empleo de puzolana, ha demostrado ser efectiva en el tratamiento de suelos contaminados con altas concentraciones de metales.

Cuadro N°2
Solidificación / Estabilización

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - De bajo costo - Simple 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de movilidad pero no de la toxicidad del metal pesado. - El volumen final puede ser el doble con respecto al suelo original contaminado. - La masa solidificada puede requerir un control como residuo peligroso

2.2.2 Fitoremediación

Se utilizan plantas especialmente seleccionadas que absorben metales pesados del suelo o agua subterránea.

Mediante rectificaciones del suelo, se ocasiona la movilización de metales que se encuentran adheridos al mismo, lo cual facilita a las raíces la absorción de estos elementos. La siembra se repite hasta obtener una reducción a niveles establecidos en normativa nacional.

Cuadro N°3
Fitoremediación

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Costos bajos. - Requiere sólo de conocimientos básicos de agricultura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Características de operación y costos de implantación a larga escala no totalmente demostrados. - Las raíces remueven contaminantes a una profundidad de 0.5 m, limitando su uso para suelo contaminado en la superficie. - La cosecha debe ser dispuesta como residuo peligroso. - Es más efectiva para suelos con bajas concentraciones.

2.2.3 Electroreclamación

Se implantan electrodos en el suelo contaminado y se aplica un campo de corriente directa, para que los contaminantes migren al ánodo y cátodo, de los cuales se remueven por precipitación, adhesión a la superficie del electrodo u otros métodos.

Para mejorar la separación de contaminantes fuertemente ligados al suelo, se circula agua o soluciones con aditivos específicos.

En el caso de derrames de concentrados, este es uno de los métodos a evaluarse.

Cuadro N°4
Electroreclamación

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">- Remueve altos niveles de contaminantes del suelo y varios tipos de metales al mismo tiempo.	<ul style="list-style-type: none">- Aún no se conoce con exactitud su efectividad en rangos amplios de tipos de suelo, contaminantes y condiciones.- Se debe realizar una caracterización extensiva del sitio- Típicamente ocasiona una acidificación generalizada del sitio tratado (valores comunes de pH entre 2-4), lo cual puede limitar la tierra para otros usos.- Las reacciones químicas involucradas son complejas, requiriendo la realización de pruebas de ensayo previas a su aplicación a gran escala

LIMITES PERMISIBLES

1. Calidad de Aire

1.1 A NIVEL NACIONAL

Parámetro	Concentración Media Aritmética Diaria mg/m ³ (ppm)	Concentración Media Aritmética Anual mg/m ³ (ppm)	Concentración Media Geométrica Anual mg/m ³
Plomo	-	0.5	-

Además deberá considerarse :

- Concentración mensual de Plomo = 1.5 µg/m³

Niveles Máximos Permisibles de Emisiones de Gases y Partículas para las Actividades Minero-Metalúrgicas. R.M. N° 315-96-EM/VMM. 19 Julio 1996.

1.2 A NIVEL INTERNACIONAL

- **Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)**

Parámetro	Estándar, ug/m ³
Plomo	1.5

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. CFR 40 Parte 50 : "National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards"

- **Organización Mundial de la Salud (OMS)**

Compuesto	Concentración Anual en el Aire Ambiente (ug/m ³)	Punto Final de Salud	Efectos Observados (ug/m ³)
Plomo	0.01 - 2	Nivel Crítico de Pb en sangre < 25 ug Pb/l	Ninguno

Organización Mundial de la Salud. "Air Quality Guideline for Europe". 1987.

- **Reglamento de Ontario**

Nombre del Contaminante	Unidad de Concentración	Estándar de Aire Ambiental	Tiempo Promedio
Plomo	Total microgramos de plomo en forma libre y combinada por metro cúbico de aire	5	24 horas
	Total microgramos de plomo en forma libre y combinada por metro cúbico de aire (promedio aritmético)	3	30 días
Cobre	Total microgramos de cobre por metro cúbico de aire	50	24 horas
Zinc	Total microgramos de zinc en forma libre y combinada por metro cúbico de aire	100	24 horas
Plata	Total microgramos de plata en forma libre y combinada por metro cúbico de aire	1	24 horas
Antimonio	Total microgramos de antimonio en forma libre y combinada por metro cúbico de aire	2.5	24 horas

Reglamento de Ontario 308 - Documento para Debate. Normas Propuestas de Calidad de Aire Ambiental. 1992

2. Polvo residencial

Estándar propuesto	mg/pie²
Plomo en suelo	50
Plomo en umbral de ventana	250

Fuente: 40 CFR Part 745. "Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead". Junio 1998. Environmental Protection Agency (EPA). Estados Unidos de Norteamérica.

Estándar *	mg/pie²
Plomo en suelo descubierto	100
Plomo en umbral de ventana	500
Plomo en cavidad de ventana	800

* Estándar diseñado para determinar cuando un residente puede regresar a una vivienda después que ha finalizado el mantenimiento, para evitar la exposición a pinturas con contenido de plomo

Fuente: U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD). 1995. "Guidelines for the Evaluation and Control of Lead-Based Paint Hazards in Housing". Estados Unidos de Norteamérica.

3. Calidad de agua

3.1. SUPERFICIAL

Elemento	mg/L					
	I	II	III	IV	V	VI
Plomo	0.05	0.05	0.10	-	0.01	0.03
Cobre	1.00	1.00	0.50	3.00	0.01	-
Zinc	5.00	5.00	25.0	-	0.02	-
Plata	0.05	0.05	0.05	-	-	-

- I. Agua de abastecimiento doméstico con simple desinfección
- II. Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales
- III. Agua de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud
- IV. Aguas de Zonas Recreativas de contacto primario
- V. Zona de pesca de mariscos bivalvos
- VI. Zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o doméstica

Fuente: D.L. N° 17752. Ley General de Aguas y sus Modificaciones al Reglamento de los Títulos I, II y III según el D. S. N° 067-83-S.A. 1969. Ministerio de Salud. Perú.

3.2. MAR

Elemento	mg/L					
	I	II	III	IV	V	VI
Plomo	0.05	0.05	0.10	-	0.01	0.03
Cobre	1.00	1.00	0.50	3.00	0.01	-
Zinc	5.00	5.00	25.0	-	0.02	-
Plata	0.05	-	0.05	-	-	-

- I. Agua de abastecimiento doméstico con simple desinfección
- II. Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales
- III. Agua de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud
- IV. Aguas de Zonas Recreativas de contacto primario
- V. Zona de pesca de mariscos bivalvos
- VI. Zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o doméstica

Fuente: D.L. N° 17752. Ley General de Aguas y sus Modificaciones al Reglamento de los Títulos I, II y III según el D. S. N° 067-83-S.A. 1969. Ministerio de Salud. Perú.

3.3. **POTABLE**

Elemento	mg/L
Plomo	0.05
Cobre	3.00
Zinc	5.00

Fuente: ITINTEC 214.003. Norma Técnica Nacional: Requisitos de Agua Potable. 1987. Perú.

4. **Efluentes líquidos**

Elemento	Mg/L
Plomo	0.4
Cobre	1.0
Zinc	3.0

Fuente: R. M. N° 011-96-EM/VMM. "Niveles Máximos Permisibles de Emisión de Efluentes Líquidos para las Actividades Minero – Metalúrgicas". 1996. Ministerio de Energía y Minas. Perú.

5. **Calidad de suelo**

Plomo	ppm
Estándar de riesgo*	400
Estándar de preocupación**	2000

* Utilizado para zonas residenciales. Se espera una probabilidad menor o igual al 5% de niños con un contenido de plomo en sangre mayor a 10 µg/dl.

** Para zonas no residenciales. A esta concentración se estima que el promedio de plomo en sangre estará en el rango de 11 –16 µg/dl

Fuente: 40 CFR Part 745. "Lead; Identification of Dangerous Levels of Lead". Junio 1998. Environmental Protection Agency (EPA). Estados Unidos de Norteamérica.

6. Lixiviados

Elemento	mg/L
Plomo	5
Cobre	10
Zinc	10
Plata	5
Antimonio	5

Fuente: Decreto N°2.211. "Normas para el Control de la Generación y Manejo de Desechos Peligrosos". 1992. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Venezuela

7. Ambiente de Trabajo

7.1 **A Nivel Nacional**

- *Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. D.S. N° 00258-75-SA. Institutos Nacionales de Salud. Instituto de Salud Ocupacional. Lima. 1975.*

Plomo y Compuestos Inorgánicos: **0.2 mg/m³**

(concentración promedio ponderado para jornadas de 8 horas)

7.2 **A Nivel Internacional**

- *Occupational Safety & health Administration. U.S. Department of Labor. OSHA Regulations (Standards - 29 CFR). Part 1910 Occupational Safety and Health Standards.*

Plomo: **0.05 mg/m³**

- *Criteria for a Recommended Standard . Occupational Exposure to Inorganic Lead (Revised Criteria). U.S. Department of Health, Education and Welfare. Publ. (NIOSH) 78-158 (1978).*

El valor establecido por esta entidad internacional corresponde a **< 0.1 mg/m³**

- *TLVs - Valores Límite para Sustancias Químicas y Agentes Físicos. American Conference Governmental Industrial Hygienist - ACGIH. 1999*

Plomo elemental y compuestos orgánicos, como Pb: **0.05 mg/m³**

- *Otros*

A continuación se dan los valores TLV (EE.UU.), Techo (URSS), VLE y VME (Francia) y MAK (Alemania) para el plomo y compuestos inorgánicos (polvo y humos) :

TLV	:	0.15 mg/m³
TECHO	:	0.01 mg/m³
		0.07 mg/m³ (valor límite medio para un puesto)
VME	:	150 mg/m³

8. Límites biológicos

8.1. Niveles de exposición a nivel nacional

- **Rangos de Referencia Normales – CEPRIT Lima. 1999**

Plomo en sangre	Concentración, ug/dl
No expuestos	18 – 35
Expuestos	35 – 60
Intoxicados	Mayor de 60

- **Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA**

Grados	Plomo en sangre, (ug/dl)
Nivel de seguridad	50 – 69
Nivel de alarma	60 – 70
Nivel de peligro	Mayor de 80

8.2. Niveles de Exposición A nivel Internacional

- **American Conference Of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH USA. 1996**

Determinante	Concentración, ug/dl
Plomo no crítico	50 (Bel)

- **Occupational Safety and Health Administration – OSHA 1998**

Determinante	Concentración, ug/dl Riesgo de Intoxicación
Plomo en sangre	Mayor de 80

- **Associated Regional and University Pathologists, Inc 1998**

Edad (años)	Rango de Referencia, ug/dl *
Niños: 0 – 14	0 – 9.9
Adultos: mayor a 15 años	0 – 24.9

* Plomo en sangre

- **Ministerio de Salud – Chile**

Niveles de Plomo en Sangre	Concentración, ug/dl
Normales	0 – 30
Anormales	30 – 70
Críticos	Mayor de 70

- **Centro de Control de Enfermedades – CDC – Uruguay**

Niveles de Plomo en Sangre	Concentración, ug/dl
Niños menores de 10 años (3 – 7)	10

METODOLOGIA PARA EVALUACIÓN DE MUESTRAS PARTICULADAS DE PLOMO EN AMBIENTE DE TRABAJO

1. Fundamento del Método Analítico (Gravimétrico)

El método consiste en hacer pasar un caudal de aire establecido a través de un filtro utilizando para ello un equipo portátil. La concentración en mg/m^3 de partículas suspendidas en el ambiente de trabajo se calcula a partir de la masa de partículas recolectadas en el filtro y el volumen de aire aspirado.

2. Campo de Aplicación

El método es aplicable cuando en el filtro se recoja una masa de polvo de 0.01 a 2 mg, lo cual corresponde a una concentración de 0.1 a 20 mg/m^3 para polvo total, y de 0.05 a 10 mg/m^3 para polvo respirable, tomándose como base de cálculo el volumen de aire aspirado, el cual es de 0.1 m^3 para polvo total y 0.2 m^3 para polvo respirable.

3. Equipos y/o instrumentos

La unidad de captación debe ser compuesta de:

1. Un filtro de 37 mm de diámetro, con las siguientes características:

Tipo de Polvo	Tamaño de Poro	Material
Humos metálicos y polvos de metales	0.8 micras	Acetato de celulosa o equivalente
Polvo molesto, polvo total, fracción respirable	5 micras	PVC o equivalente

2. Un soporte metálico o de celulosa para el filtro, de 37 mm de diámetro.
3. Un portafiltro de poliestireno de dos o tres cuerpos, de 37 mm de diámetro interior, dentro de los cuales se coloca el filtro sobre el soporte.

4. Un ciclón de nylon o equivalente de 10 mm de diámetro interior, con una salida adecuada para su conexión a la entrada del portafiltro.
5. Un dispositivo con adaptador para el acople del ciclón al portafiltro.
6. Un tubo flexible de polietileno de 6.4 mm de diámetro interior y de 1 m de longitud.
7. Una bomba de aspiración portátil para toma de muestras de tipo personal que garantice un rango de caudal de aire de 0.001 a 0.0025 m³/min (1 a 2.5 l/min) frente a una pérdida de presión de 0.0123 atm (12.7 cm de H₂O). La bomba de aspiración deberá mantener el flujo seleccionado dentro de un margen de +/- 5%.
8. Un medidor de flujo que permita determinar el caudal con una precisión de +/- 5%.
9. Un regulador de flujo.

4. Procedimiento

IV.

V. 4.1 Preparación de la Unidad de Captación de las Muestras

VI.

a. Preparación de los filtros

- Acondicionar los filtros durante 24 horas a una temperatura de 25° +/- 3°C y una humedad relativa de 50°C +/- 5% antes de la pesada.
- Pesar el filtro inmediatamente después de acondicionado, hasta obtener peso constante.
- Seleccionar un portafiltro limpio y en buenas condiciones de 2 o 3 cuerpos, dependiendo del tipo de muestra a tomar.

Nota: Para la toma de muestras de polvo total se recomienda utilizar el portafiltro de 3 cuerpos.

- Colocar los tapones en la entrada y salida del portafiltro.

- Ubicar el soporte del filtro en la parte interior de la sección de salida del portafiltro.
- Colocar el filtro previamente pesado sobre el soporte del filtro.

Nota: En ningún caso se tocará el filtro con los dedos.

- Una las secciones del filtro haciendo presión hasta que encajen y selle la junta entre ellas con una banda que evite entradas de aire.
- Identificar el portafiltro y registre el peso del filtro colocado en su interior.
- Cuando la muestra tomada vaya a ser sometida a un análisis distinto al gravimétrico, de los filtros preparados separe uno por cada lote menor o igual a 25 muestras, el cual se utilizará como control a lo largo de todo el proceso de toma de muestra.

b. Calibración del Equipo de Medición de Flujo

- Verificar la condición de la fuente de alimentación eléctrica de la bomba.
- Siguiendo las instrucciones del fabricante, constatar el correcto funcionamiento de la bomba de aspiración y del medidor de flujo.
- Calibrar el equipo de medición de flujo a la pérdida de presión señalada en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1
Caudal de aire a aspirar para la toma de muestra de polvo

Tipo de Muestra	Caudal l/min	Pérdida de Presión atm (cm de H2O)
Polvo Total	1.5	$3.09 \cdot 10^{-3}$ (3.2)
Polvo Molesto	1.5	$3.09 \cdot 10^{-3}$ (3.2)
Polvo de Metales y Humos Metálicos	1.5	$1.21 \cdot 10^{-2}$ (12.5)
Fracción Respirable	1.7	$4.35 \cdot 10^{-3}$ (4.5)

c. Toma de Muestras de Polvo

- Seleccionar para la toma de muestra el lugar de trabajo donde exista la máxima exposición a polvo y escoja un grupo representativo de los trabajadores sujetos a la mayor exposición.
- Instalar cada una de las bombas de aspiración disponibles previamente revisadas en la parte posterior de la cintura de cada trabajador del grupo seleccionado, cuya exposición se va a evaluar.
- Acoplar el tubo flexible a la entrada de la bomba, dirigiéndolo sobre la espalda y el hombro del trabajador hasta que el otro extremo del tubo quede a la altura de su clavícula, fijándolo con pinzas a su vestimenta.
- Seleccionar un conjunto de portafiltro y filtro adecuado al tipo de determinación que se va a efectuar y registre su identificación de la muestra de acuerdo a las variables siguientes:

Polvo Total

Retirar el tapón del orificio de la sección de salida del portafiltro seleccionado contigua al soporte del filtro e inmediatamente acople al extremo libre del tubo flexible, proceda a retirar el tapón del orificio de la sección de entrada del portafiltro al activar la bomba de aspiración. Anote en el acta de toma de muestra la hora de inicio de la aspiración.

Polvo Respirable

Retirar los tapones de los orificios de entrada y salida del portafiltro, e inmediatamente colocar éste en el dispositivo que permite su acople con el ciclón, cuidando que el orificio de entrada del portafiltro coincida con el orificio de salida del ciclón, conecte el dispositivo de acople al extremo libre del tubo flexible, proceda de inmediato a activar la bomba de aspiración y anote la hora de inicio de toma de muestra.

Nota: En ambos caso debe procurarse que la entrada del sistema de captación de la muestra quede a la altura de la zona respiratoria del trabajador.

- Verificar la adecuada conexión de cada una de las partes del sistema.
- Verificar el funcionamiento de la bomba, ajustar el caudal al establecido en el Cuadro N°1, según el tipo de polvo a evaluar. Hacer las correcciones de flujo pertinentes a las condiciones de la toma de muestra.
- Mantener activada la bomba de aspiración hasta tanto haya pasado a través del filtro, el volumen de aire seleccionado de acuerdo a los criterios siguientes:

Polvo Total: Aspire un volumen de aire total de 0.1m^3 .

Polvo Respirable: Aspire un volumen de aire de 0.2 m^3 .

Nota: Como regla general se podrá aspirar aire hasta que la masa polvo recogida en el filtro sea de 2 mg. La cantidad recogida por filtro puede aumentarse a 4 o 5 mg siempre y cuando no se observen variaciones en el caudal indicando en el medidor de flujo y/o aparezca polvo suelto sobre el filtro.

- Concluido el tiempo de toma de muestra desactive la bomba, retire el portafiltro, e inmediatamente tapar sus orificios de entrada y salida, anotar la hora del final de la aspiración en el acta de toma de muestra.
- Completar el acta de toma de muestra.

- Colocar los conjuntos de filtros, portafiltros, con la sección de entrada hacia arriba en un paquete adecuado para su transporte.
- Repetir el procedimiento de toma de muestra hasta cubrir como mínimo el 70% de la jornada de trabajo.

d. Análisis

Los filtros expuestos se someten 24 horas a las mismas condiciones establecidas en el ítem a.

- Inmediatamente después de acondicionados, pesar los filtros y anotar su valor en el acta de toma de muestra.
- Conservar los filtros, en caso de requerir análisis posteriores.

5. Definición del número de muestras para grupo homogéneo de alto riesgo

Es difícil establecer el número de muestras para cada situación diferente. Sin embargo, el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), recomienda un número mínimo de muestras, las cuales dan un alto porcentaje de confiabilidad (90 ó 95%) y que cada muestra tuviera mínimo una falta de exposición de 10%.

Número de muestras para una confiabilidad del 90%

Cálculo de Muestras para Grupo Homogéneo de Alto Riesgo

Tamaño del Grupo (n)	Número de Muestras (m)
8	7
9	8
10	9
11-12	10

13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18
Sí $N < 8$, entonces $n = N$	

5.1 TIPOS DE MUESTRAS

Dependiendo de la localización del muestreador, se puede obtener :

- *Muestreo personal.* Se realiza en un puesto concreto de trabajo, colocando el equipo de muestreo al operario expuesto. Se deberá tomar la precaución de colocar el elemento captador de la muestra en una zona cercana a las vías respiratorias del trabajador. Actuando así se podrá considerar la muestra como representativa del nivel de contaminante que llega al operario a los largo del tiempo de muestreo.
- *Muestreo ambiental.* Como su nombre indica, se usará para conocer el nivel de contaminación presente en un área general de trabajo. Este sistema no proporciona información directa de un puesto de trabajo, por cuanto no contempla los actos que el operario realiza a lo largo de su jornada laboral (paradas, salidas, etc.).


Atendiendo al tiempo de muestreo, se emplean los siguientes tipos de medida:

- *Período completo:* donde una muestra es tomada en todo el día de trabajo.
- *Período completo con muestras consecutivas:* donde varias muestras son tomadas, una después de otra, conjuntamente cubren un día de trabajo.
- *Período parcial:* donde una o más muestras son tomadas, cubriendo parte de un día de trabajo.

- *Muestras puntuales:* el muestreo es realizado en un período corto. Este tipo de muestra es frecuentemente tomado para determinar exposiciones picos.

El muestreo que cubre el período total de trabajo, tomando una o más muestras consecutivas, dará la mejor estimación para determinar la exposición del trabajador a un día laboral.

Un número consecutivo de muestras que cubren el día de trabajo darán muchos más detalles que una solamente de período completo, estas son frecuentemente preferidas aunque esta decisión no sea siempre práctica como económica.

MSDS	Nombre			Formula	
	SULFURO DE PLOMO*			SPb	
	Criterio de Seguridad	Color	Valor	Característica	
	Inflamabilidad	Rojo	0	No Inflamable	Peso Molecular 239,2
	Riesgo a la salud	Azul	3	Tóxico	Punto de Ebullición, °C 1281,0
	Reactividad	Amarillo	1	Leve	Punto de Fusión, °C 1114,0
	Q : Producto Químico	Blanco	Qx.	Producto Qx.	Gravedad específica 7.13 - 7.7
INFLAMABILIDAD					
Riesgo de Incendio y Explosión:				Equipo de Protección Personal	
1. Se puede emplear cualquier extintor como medio de ayuda rápida, hasta la llegada del personal especializado.				1. Usar el equipo de aire autocontenido de presión positiva	
2. En presencia de calentamientos se pueden emitir humos metálicos tóxicos con contenido de plomo. En contacto con ácido libera gases tóxicos de sulfuro de hidrógeno.				2. Usar ropa protectora contra productos químicos	
3. El sulfuro de hidrógeno es inflamable cuando se quema con ácidos y dióxidos de sulfuros.				3. El traje para bomberos profesionales se recomienda solo para situaciones de incendio.	
				4. Emplear otros equipos de protección personal: puestos de lavado de ojos, guantes personales	
				Límites de Exposición:	
				Valor Umbral Limite: No establecido para sulfuro de plomo (ACGIH 1983-84)	
				TWA para Polvo inorgánico y Humos metálicos, como Plomo = 0.05 mg/m3 (ACGIH 1998-1999)	
				Riesgo de Intoxicación (Sangre): PB-S = 0.80 ug/dl de sangre (OSHA, DIGESA)	
TOXICIDAD					
Riesgo a la Salud				Procedimientos de Emergencia y Primeros Auxilios	
Efectos de Sobreexposición:				1. Inhalación: Mover a la víctima al lugar donde respire aire fresco. Llamar a los servicios médicos de emergencia.	
1. Inhalación e Ingestión: Efectos agudos son debilidad, fatiga, alteraciones en el sueño, dolor de cabeza, dolor de huesos y músculos, dolor abdominal, estreñimiento y disminución del apetito. Los efectos crónicos incluyen anemia, palidez, línea de plomo azul en las encías, dolores de cabeza severos, convulsiones, coma, delirio, daño en el riñon y posible muerte.				2. Ingestión: Cuando la víctima este conciente de si mismo, dar uno o dos vasos de agua para tomar, induciendo al vomito. Repetir este procedimiento hasta la limpieza del fluido. Solicitar atención médica. Evitar introducir algún fluido por la boca.	
				3. Ojos: Aplicar agua corriente por lo menos durante 15 minutos, de vez en cuando levantar y bajar los párpados para una limpieza exhaustiva. Solicitar atención médica de emergencia.	
				4. Piel: En caso de contacto, aplicar abundante agua corriente y luego lavar con agua y jabón.	
REACTIVIDAD					
1. Evitar el contacto con ácidos y temperaturas excesivas.				Procedimientos en caso de derrame o salida del producto	
2. Es incompatible con ácidos				En caso de que el material sea derramado o liberado la recuperación debe realizarse en contenedores siempre que no contamine.	
3. Riesgo de descomposición de productos: el contacto con ácidos libera sulfuro de hidrógeno y gases tóxicos. La descomposición térmica produce la emisión de humos metálicos tóxicos de plomo, sulfuro de hidrógeno.				Evitar la generación de polvo, mediante barridos húmedos hacia el contenedor adecuado.	
4. Evitar las condiciones de riesgo por polimerización, las cuales pueden ocurrir o no.				En caso de derrame lavar con agua y jabón y disponer de metodos para residuos.	
				La descarga, tratamiento o disposición debe ser realizada de acuerdo a las regulaciones aplicables.	
				Se debe contar con Licencia de Servicio aprobada para disposición de residuos.	

(*) El sulfuro de plomo es el compuesto predominante en el concentrado de plomo, con un 86.6% de Plomo y 13.4% de S.

***LINEAMIENTOS DEL PROGRAMA GESTION DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO
AMBIENTE
(Health, Safety and Environment, HSE)***

Las empresas mineras deberán establecer un Programa de Gestión, estructurado de forma tal que permita disminuir los riesgos mecánicos, ocupacionales y ambientales y que de manera general pueden estar distribuidos en las disciplinas siguientes:

- Organización y Control
- Seguridad Operacional
- Ingeniería de Seguridad del Proceso
- Prevención y Control de Incendios
- Higiene Industrial
- Medicina Ocupacional
- Protección Ambiental

1. Objetivos

- Proporcionar un sistema para medir y cuantificar objetivamente el trabajo que se viene realizando en la gestión de control de riesgos
- Proporcionar un sistema para guiar el desarrollo de un programa eficaz de protección de la salud, seguridad y del ambiente
- Identificar las exposiciones a lesiones, enfermedad, incendios y daños materiales

2. Alcance

- Al personal de las empresas, a fin de que puedan colaborar en el desarrollo de nuevos procedimientos de salud, seguridad y ambiente
- A transportistas, contratistas y proveedores
- A miembros de la comunidad que pueden participar en la planificación de emergencias y en los simulacros

3. Desarrollo del programa de gestión

El desarrollo del Programa de Gestión, debe constituir un proceso de mejoramiento continuo en todas las actividades que desarrollen y asimismo cumplir con los reglamentos y normativas sobre seguridad y ambiente, tanto del sector minero como las dispuestas por autoridades competentes en el país.

3.1 Organización y Control

1. Liderazgo, compromiso y responsabilidades gerenciales
2. Inducción y actualización del adiestramiento de seguridad en el trabajo
3. Preparación para emergencias y contingencias
4. Conciencia y preparación de la comunidad para emergencias
5. Informe, investigación y análisis de accidentes e incidentes
6. Servicios de terceros, incluyendo transportistas, contratistas y proveedores
7. Auditorías, inspecciones y acciones correctivas
8. Inspección de instalaciones

3.2 Seguridad Operacional

1. Prácticas de apilamiento y almacenaje
2. Máquinas y equipos de izamiento
3. Equipo motorizado – transporte y seguridad vial
4. Manipulación de materiales
5. Observaciones de tareas planeadas
6. Procedimientos escritos de trabajo seguro
7. Código de colores, demarcación y colocación del letrero de señalización
8. Orden y limpieza en instalaciones y unidades de transporte
9. Mantenimiento de edificaciones, estructuras, pasillos y pisos
10. Equipo e instalaciones de protección personal
11. Evaluación y mejoramiento de la integridad de las operaciones

3.3 Ingeniería de Seguridad del Proceso

1. Diseño y construcción de instalaciones
2. Información y documentación del proceso productivo

3. Manejo del cambio, modificaciones de planta y del proceso
4. Equipos de proceso e integridad
5. Prácticas de operaciones y factores humanos
6. Permiso de trabajo de alto riesgo
7. Operaciones y mantenimiento

3.4 Prevención y Control de Incendios

1. Programa de Prevención contra incendios
2. Sustancias inflamables o explosivas
3. Equipo extintor de incendios y su ubicación
4. Mantenimiento de sistemas contra incendio
5. Ejercicios e instrucción para combatir incendios
6. Sistema de Alarma
7. Prácticas de simulacro

3.5 Higiene Industrial

Se debe desarrollar actividades de higiene industrial bajo el concepto de salud ocupacional en donde, las actividades de medicina ocupacional, serán de vital importancia.

1. Reconocimiento de factores ambientales en el lugar de trabajo
2. Evaluación de agentes físicos (ruido, iluminación y presiones)
3. Evaluación de material particulado en suspensión del tipo respirable e inhalable, tanto de plomo total, compuestos de plomo y otros polimetálicos
4. Evaluación de agentes químicos específicos (humos de soldadura)
5. Estudio de factores ergonómicos y psicosociales en especial al personal que maneja concentrados de plomo
6. Control de factores ambientales a través de prácticas de ingeniería sobre ventilación mecánica localizada, sustitución de productos, encerramiento de operaciones, entre otros.
7. Establecimiento de un programa de higiene industrial en coordinación con las actividades de medicina ocupacional que efectúe la empresa.

3.6 Medicina Ocupacional

1. Realizar exámenes y evaluaciones pre - operacionales a todo el personal nuevo que deba manejar concentrados de plomo.
2. Evaluar periódicamente a los trabajadores que laboran como personal permanente o contratista de las instalaciones mineras.
3. Establecer controles desde el punto de vista médico y en función a las evaluaciones del programa de higiene industrial, a fin de establecer la relación causa-efecto, y de esta forma exista una vinculación permanente entre el higienista industrial y el médico ocupacional de la empresa minera.
4. Dotar de instalaciones y servicios de medicina ocupacional
5. Especificaciones del puesto de trabajo – elaboración de perfiles profesiográficos.

3.7 Protección Ambiental

1. Política ambiental y requisitos legales
2. Objetivos, metas y programa
3. Estudio de Impacto Ambiental para actividades nuevas y cierre (EIA)
4. Programa Adecuación de Manejo Ambiental para actividades existentes (PAMA)
5. Programa de monitoreo de calidad aire, agua, efluentes líquidos y suelos
6. Establecimiento de técnicas de limpieza ambiental
7. Manejo de los residuos sólidos y efluentes líquidos con contenido de plomo y otros poliméticos, a través de tratamiento.