

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



“EL ENCAPSULADO CON SISTEMA DE PRESIÓN NEGATIVA PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DE PLOMO AL MEDIO AMBIENTE”

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO METALURGISTA

Presentado por:

César Alejandro Casapaico Vásquez

Lima - Perú

2009

RESUMEN

El manipuleo de concentrado de Plomo se trata de realizar en un ambiente cerrado para evitar fugas de partículas. A raíz de esta preocupación se busca un sistema de encapsulamiento del ambiente con renovación de aire, con la tecnología avanzada se busca que el aire sea renovado constantemente. Para tal efecto se utiliza un sistema de renovación de aire mediante inyectores y extractores del aire cargado de partículas finas.

Existen solo dos empresas en el medio que poseen un ambiente cerrado (encapsulado) para el manipuleo de concentrado de Plomo, con dos sistemas diferentes pero que cumplen el mismo objetivo, el de atrapar las partículas en suspensión y refrescar el ambiente para el personal.

En uno de los sistemas la tecnología consiste, cerrar herméticamente el depósito, utilizando geomembranas y un sistema de presión negativa, que evita la fuga de partículas hacia el exterior y renueva el aire al interior del encapsulado.

El otro sistema tiene todo un sistema de climatización que contará con un monitoreo y control centralizado que permita integrar la totalidad de la

planta de agua helada, encargada de la climatización del sistema, y las manejadoras de aire. Con este sistema no solo se continúa garantizando que las partículas no escapen al exterior sino que se privilegia las condiciones de trabajo del personal que labora en este recinto cerrado

Estos sistemas consisten en extraer el aire cargado de partículas finas y pasarlo por un banco de filtros para captar todas las partículas y expulsar el aire limpio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	5
1. ANTECEDENTES	5
CAPITULO II	11
2. GENERALIDADES	11
2.1 Plomo	11
2.2 Característica del plomo como contaminante	12
2.3 Fuentes de contaminación de plomo	12
2.4 Vías de absorción	15
2.5. Toxicología	17
CAPITULO III	21
3. LA PROBLEMÁTICA DEL PLOMO EN EL PERÚ	21
3.1 Manejo y Transporte de Concentrados	24
3.1.1 Manejo en planta concentradora	24
3.1.2 Transporte Terrestre	26

3.1.2.1 De las Unidades (Planta concentradora a Depósitos Litoral)	26
3.1.2.2 De las Vías de Circulación	26
3.1.3 Almacenamiento en Depósito del Litoral	27
3.1.3.1 Descarga	27
3.1.3.2 Acondicionamiento	28
3.1.3.3 Manejo	28
3.1.4 Operaciones en Puerto	30
3.1.4.1 Embarque	30
3.1.4.2 Desembarque	31
3.1.5 Estudios Ambientales	32
CAPITULO IV	33
4. SITUACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADOS DE MINERALES EN EL CALLAO	33
4.1 Descripción y Aspectos Generales del callao	33
4.2 Contaminación por material particulado	36
CAPITULO V	43
5. ENCAPSULADO CON SISTEMA DE PRESION NEGATIVA	43
5.1 Depósito Hermético	43
5.2 Sistemas de Gestión en los Depósitos del Callao	47

5.3 Algunos Resultados de Mediciones Ambientales	51
CONCLUSIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	60

INTRODUCCIÓN

Los concentrados mineros de plomo son materiales húmedos que llegan a granel al puerto del Callao desde las minas del centro del país. Estos concentrados bajan al puerto con una humedad entre 10% y 15 %, y son trasladados en camiones de 28 TM por vez, encerrados con sistemas herméticos y precintos de seguridad para evitar su pérdida en el transporte. Así son acumulados hasta reunir lotes que puedan ocupar la capacidad de las bodegas de los barcos que los transportarán a sus destinos. Mientras sucede esto, el mineral es depositado en los dos almacenes del Callao, que cuentan con autorización de la Municipalidad Provincial del Callao (MPC) y del Ministerio de Energía y Minas (MEM).

Los depósitos son espacios cerrados, herméticos, incluso con presión atmosférica negativa que impide la fuga del aire interior. Las operaciones de descarga, acumulación, pesaje y posterior carga se realizan en un ambiente cerrado. Hasta esta etapa el plomo llega y se mantiene aislado hasta que sale al puerto del Callao. En otras palabras, los depósitos cumplen con todas

las medidas que exigen el Ministerio de Energía y Minas (MEM), la Dirección General de Salud (DIGESA) y la Dirección de Salud del Callao del Ministerio de Salud (DISA I- Callao) y la Municipalidad Provincial del Callao (MPC). Si bien, hoy sólo funcionan dos depósitos para almacenar plomo, llegaron a ser siete en total, sin contar aquellos que sólo almacenan concentrados de zinc. Sea para almacenar plomo o zinc, los propietarios de todos los almacenes existentes en el Callao realizaron una inversión, que en conjunto supera los US\$10 millones, para lograr mejoras ambientales en sus instalaciones.

Así, cuando llega una nave que transportará concentrados, ni bien ésta está terminando de ubicarse en el muelle, ya hay operadores del puerto que esperan para iniciar el trabajo de traslado del mineral, y es que para cargar 30,000 TM el mínimo tiempo calculado es de 1,200 viajes de ida y el doble de retorno para completar el proceso de embarque. Todo este trabajo se realiza en tres días, aproximadamente.

Durante el circuito de transporte almacén-muelle-almacén se presentan dos problemas que escapan del control de los administradores de los depósitos, de los transportistas, del MEM, de la Municipalidad y de las Autoridades de Salud. El primero es un flagelo que vivimos todos, la delincuencia, y el segundo, hay que reconocerlo, son las deficientes medidas adoptadas por ENAPU para el control ambiental del proceso de embarque de concentrados mineros.

En efecto, el alto índice de delincuencia de la zona brinda impunidad a los que roban concentrados subiéndose a los camiones y violando los sistemas de seguridad. Para lograr sus objetivos, los delincuentes tiran el

concentrado en bolsas, y las arrastran hasta las casas colindantes al puerto, donde acopiadores reúnen y venden a reducidos los concentrados. Es obvio que esta práctica genera la emisión de partículas de plomo en los suelos. La delincuencia organizada de la zona impide que la policía, la prefectura, la limpieza pública, los sistemas de barrido mecanizado y otros procesos o servicios públicos cumplan con sus obligaciones.

Por otro lado, la falta de preocupación de ENAPU por participar en la Mesa de Trabajo del Callao y por implementar mejoras sustantivas en sus sistemas de embarque, permite que se genere aún más polución.

Desde que en 1998 DIGESA y el Ministerio de Salud (MINSA) dan cuenta de los elevados niveles de plomo detectado en la sangre de la población infantil de determinadas zonas cercanas al puerto del Callao al MEM, y éste a su vez a la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) -gremio mineroenergético que convoca a los productores mineros de plomo, propietarios de depósitos y otras instituciones que se relacionan con esta problemática- han venido buscando la solución integral a este complejo problema. Para todos queda claro que lo más adecuado es la implementación de un sistema de almacenamiento y transporte hermético, que comprenda la recepción de concentrados de plomo y su embarque o traslado a la bodega del barco.

En la etapa de almacenamiento no hay problema, pues el concentrado viene siendo encapsulado pero, queda por desarrollar procesos herméticos para el transporte del concentrado al muelle. Cabe señalar que desde 1999, un año después de conocer el problema, más de una empresa

inversionista ha presentado una propuesta de solución integral e incluso están dispuestas a correr con la inversión, ya que cuentan con los recursos económicos y la tecnología para hacerlo. ¿Por qué no se ha permitido? Esa es una pregunta que se la trasladamos a las autoridades del sector transportes y comunicaciones. Sólo queda claro que de haberse implementado, desde el 2001 el plomo en el Callao sería ya un peso menos de encima. El desarrollo del proyecto para construir un muelle exclusivo para minerales en la zona norte del puerto del Callao recién fue aprobado el 29/10/09 por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

CAPITULO I

1. ANTECEDENTES

El Embarque de Minerales en el Callao, data desde la época colonial y de manera intensiva hace 70 años. Durante varios años la falta de fiscalización y regulación ambiental de los Depósitos de minerales cerca al Terminal Portuario del Callao generó con el tiempo un pasivo ambiental (Figura 1).



Figura 1. Descarga de concentrados de plomo al aire libre sobre las losas dañadas (Año 2000)

Entre 1998– 1999, DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) y USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), realizaron estudios para determinar los niveles de plomo en sangre de niños de Lima y Callao, asociados al plomo de la gasolina. Los resultados obtenidos mostraron que los niños del Callao presentaron los valores más altos de plomo en sangre, superando los límites permisibles establecidos por la OMS de 10ug/dl.

Los resultados de estos primeros estudios generaron que en el año 1999–2000, la DIGESA, USAID y la CDC (Centers for Disease Control and Prevention) de los Estados Unidos en Atlanta, efectuara el “Estudio de Fuentes de Exposición a plomo en el Callao”, obteniendo como resultados, que los altos niveles de plomo en sangre en el Callao, se debían a la contaminación ambiental ocasionada por el mal manejo de los concentrados de plomo, procedentes de los depósitos mineros (Figura 2).

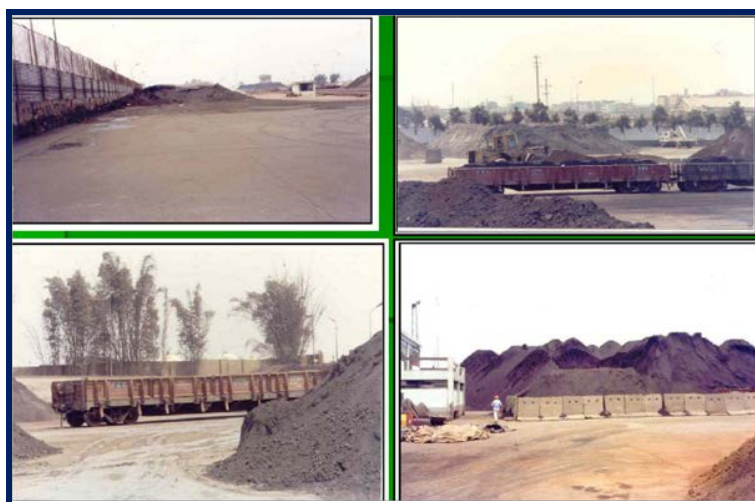


Figura 2. Almacenamiento de concentrados de CENTROMIN

A partir del año 1999 la Municipalidad Provincial del Callao, expidió las siguientes normas

- Decreto de Alcaldía N°025-MPC-99 Directiva para depósitos de concentrado de minerales. (11 medidas)
- Decreto de Alcaldía N°010-MPC-00 Directiva que amplía medidas de mitigación de contaminación ambiental para ENAFER y ENAPU.
- Decreto de Alcaldía N°016-MPC-01 Prohibición de almacenamiento y manipulación de concentrados de minerales con excepción de los que cuenten con sistema de encapsulado. Medidas para el transporte de dichos concentrados de minerales.

Las acciones dispuestas significaron eliminar la contaminación por concentrado de minerales en la fuente (depósitos). En la actualidad quedan solo 02 empresas (de un total de 11 depósitos de plomo (Figura 3) que cuentan con depósitos herméticos CORMIN CALLAO S.A.C. y PERUBAR S.A.

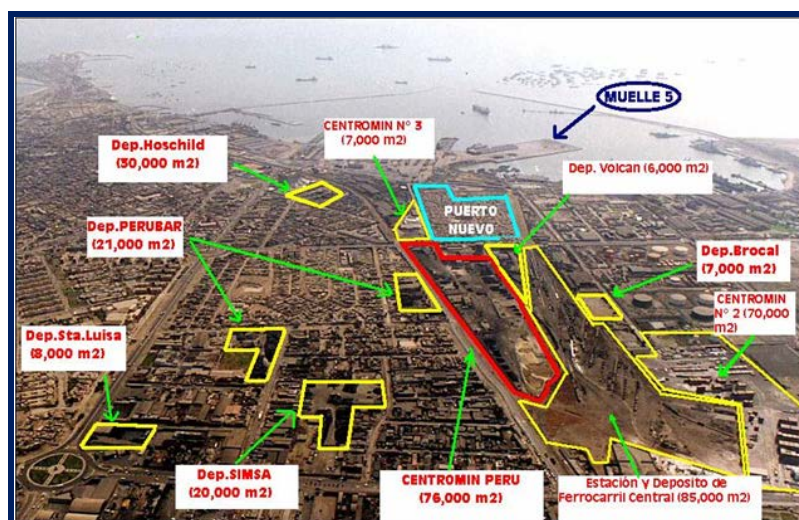


Figura 3. Ubicación de los almacenes de concentrado de mineral de ese entonces en el Callao (Año 2000)

No obstante continua la contaminación en el transporte de concentrados de minerales lo que significa seguir deteriorando la calidad de vida de la población, mediante la contaminación por ruido, traslado del material particulado con plomo y el tráfico que se origina durante el embarque, no importando la tecnología que usen los referidos camiones. En consecuencia es necesario que el transporte de minerales se realice mediante una faja transportadora temporal sellada y hermética de los depósitos al puerto como la única alternativa realmente segura para la solución a los problemas ambientales.

En el 2000, se forma la asociación ECO Callao, para la construcción de una faja transportadora de minerales, pero la Ley N° 27396 de Intangibilidad Portuaria no permitió dicha solución.

- En el 2002, el congreso promulga la Ley N° 27761, que excluye los Proyectos que Contribuyan a la Protección del Ambiente de los Alcances del Artículo 02° de la Ley N° 27396.
- En el 2003, OSITRAN (Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público), declara Fundada la Apelación contra ENAPU S.A (Empresa Nacional de Puertos). para el acceso temporal a la infraestructura portuaria necesaria para la estiba de concentrado de minerales.

- En el 2004, el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) publica que se procederá a la subasta pública la instalación de una faja transportadora de concentrados.
- En el 2007, El MTC, ENAPU S.A. y la APN (Autoridad Portuaria Nacional), definen acciones como el trasladar las operaciones de embarque de minerales al Muelle N° 3B, a más tardar en agosto del 2008, como alternativa temporal y definir la alternativa para la reubicación definitiva del embarque de minerales y graneles líquidos fuera del TPC (Terminal Portuario del Callao).

El Gobierno Regional del Callao, está apoyando 02 propuestas:

- Muelle en el rompeolas norte del Terminal Portuario del Callao, para embarcar minerales.
- Muelle especializado en graneles sólidos en Ventanilla para embarcar minerales y otros productos.

La Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, ha encargado la realización de un estudio para construir un muelle en el rompeolas norte del Puerto del Callao, el cual considera una faja transportadora, que se desplazaría de los depósitos al referido muelle (Figura 4).

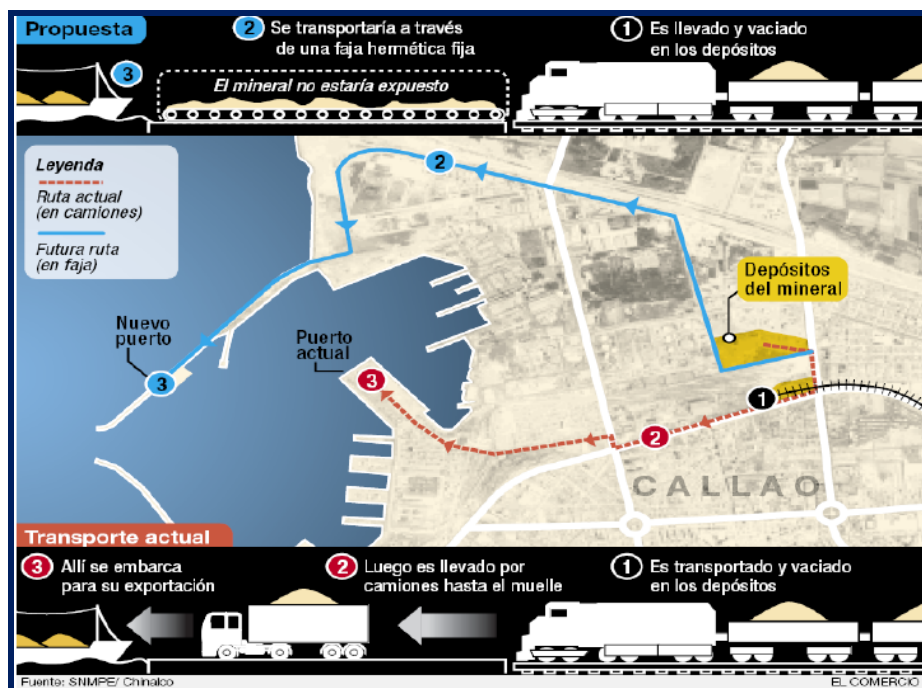


Figura 4. Faja Transportadora Hermética para transporte de minerales

La empresa Operadora Portuaria S.A., (OPORSA), viene elaborando el proyecto para la construcción de un muelle especializado en graneles sólidos (concentrado de minerales) y líquidos en ventanilla (Figura 5), dicho proyecto se encuentra en la etapa del Estudio de Impacto Ambiental.

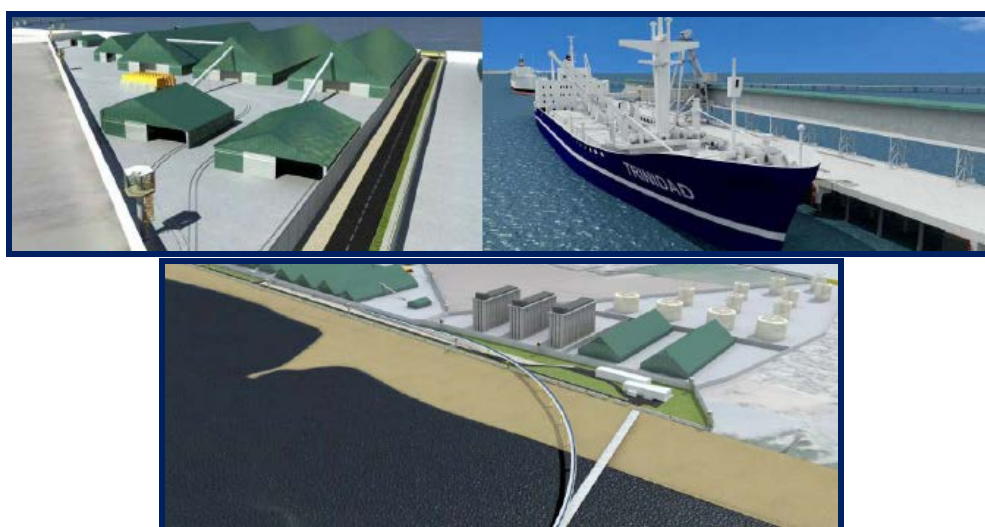


Figura 5. Propuesta de Muelle de Ventanilla

CAPITULO II

2. GENERALIDADES

2.1 Plomo

Elemento metálico, denso de color azulado cuyo símbolo es Pb. Es uno de los primeros metales conocido por el hombre, existe referencias en el antiguo testamento que el plomo fue empleado por los Romanos, en la época contemporánea se utilizaba en la construcción de tuberías aleado con estaño y su número atómico es 82.

Se encuentra muy difundido en la corteza terrestre en un promedio de 16 mg/kg y su forma más abundante es el sulfuro (PbS). Está asociado antimonio. Forma compuestos en estado de valencia 2+ y 3+, orgánicos como acetato, tetraetilo y tetrametilo, e inorgánicos como nitrato, arseniato, carbonato, cloruro, óxidos y silicato. Por su bajo punto de fusión fue uno de los primeros metales empleados por

el hombre y su intoxicación crónica, el saturnismo, se conoce desde la antigüedad.

2.2 Característica del plomo como contaminante

A diferencia de muchos contaminantes orgánicos que se descomponen con la exposición a la luz solar o al calor, el plomo nunca se degrada, persiste y puede ser enterrado en el suelo, o lavado los sedimentos, pero nunca desaparece por completo y siempre permanece como un peligro latente que puede volver a movilizarse en el futuro.

2.3 Fuentes de contaminación de plomo

El plomo se encuentra en forma natural en la corteza terrestre en un promedio de 16 mg/kg. Fue uno de los primeros metales extraídos por el hombre. Los principales yacimientos de plomo a nivel mundial se encuentran en Australia, Canadá, Estados Unidos de América y la ex Unión Soviética. En América Latina los más importantes productores son, Perú y México.

El plomo también se encuentra en el aire, el agua y los suelos, la presencia del plomo en estos se debe a la erosión de los suelos y la actividad volcánica y son lavados por efecto de la precipitación pluvial, transportada a los arroyos y posteriormente se depositan con los

sedimentos en ríos lagos y océanos tal como se muestra en la Figura 6.

El plomo también está presente en diversas actividades industriales sea como componente de la materia prima, como es el caso de las industrias de baterías, pigmentos o como parte de subproductos del proceso como es el caso de la imprenta y de la soldadura, asimismo el plomo se utiliza en la industria de la alfarería (vidriado), antidetonante para gasolina, tuberías de plomo, municiones, pigmentos para pintura, elementos de protección contra radiaciones entre otros.

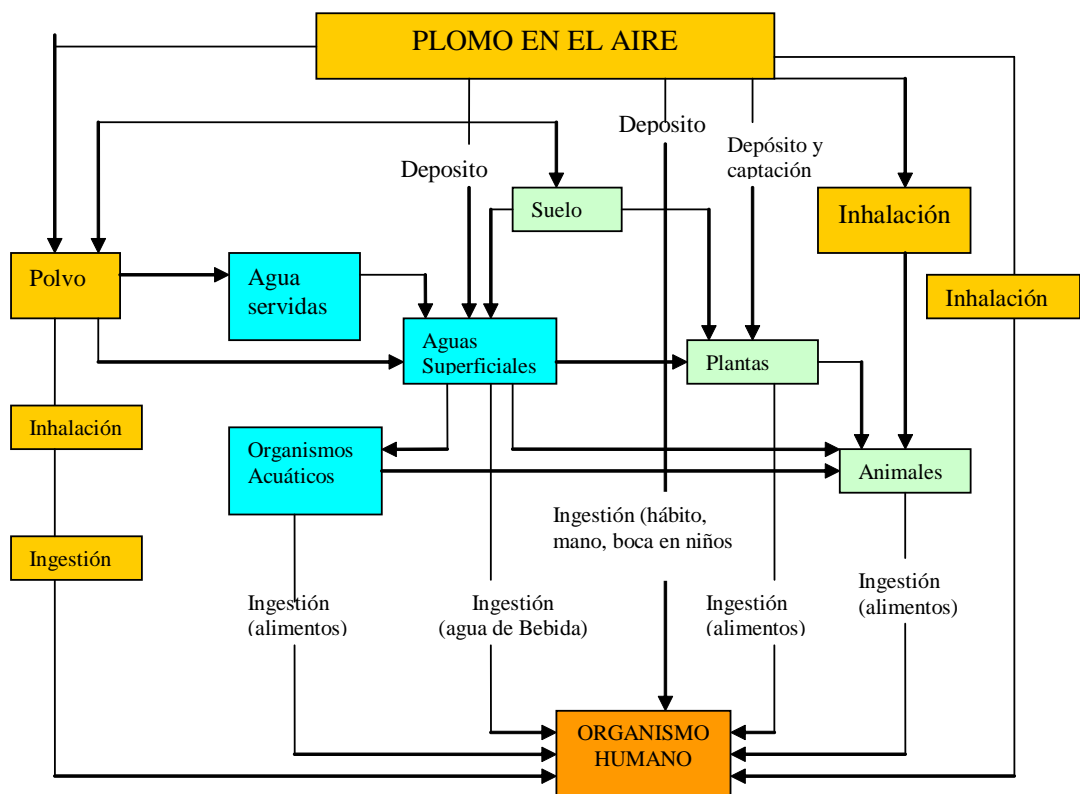


Figura 6. Contaminación por Fuentes Naturales

Las fuentes antropogénicas que contaminan el ambiente urbano con plomo son:

- La combustión de los vehículos a gasolina que inyectan hacia el aire el plomo o sus componentes el mismo que se distribuye, transporta e integra a todos los componentes ambientales como el aire, el agua o los suelos.

- La contaminación de plomo por ingesta de agua y alimentos: otro elemento que distribuye la contaminación es la distribución de agua potable siempre y cuando las conexiones sean tuberías de plomo, como ocurre en las ciudades de Lima y Callao.

- El almacenamiento al aire libre de particulado de mineral y el inadecuado transporte de este material contribuye a esparcir en el aire el plomo contaminando el ambiente del lugar.

En la Figura 7, se puede observar las fuentes antropogénicas que contaminan con plomo.

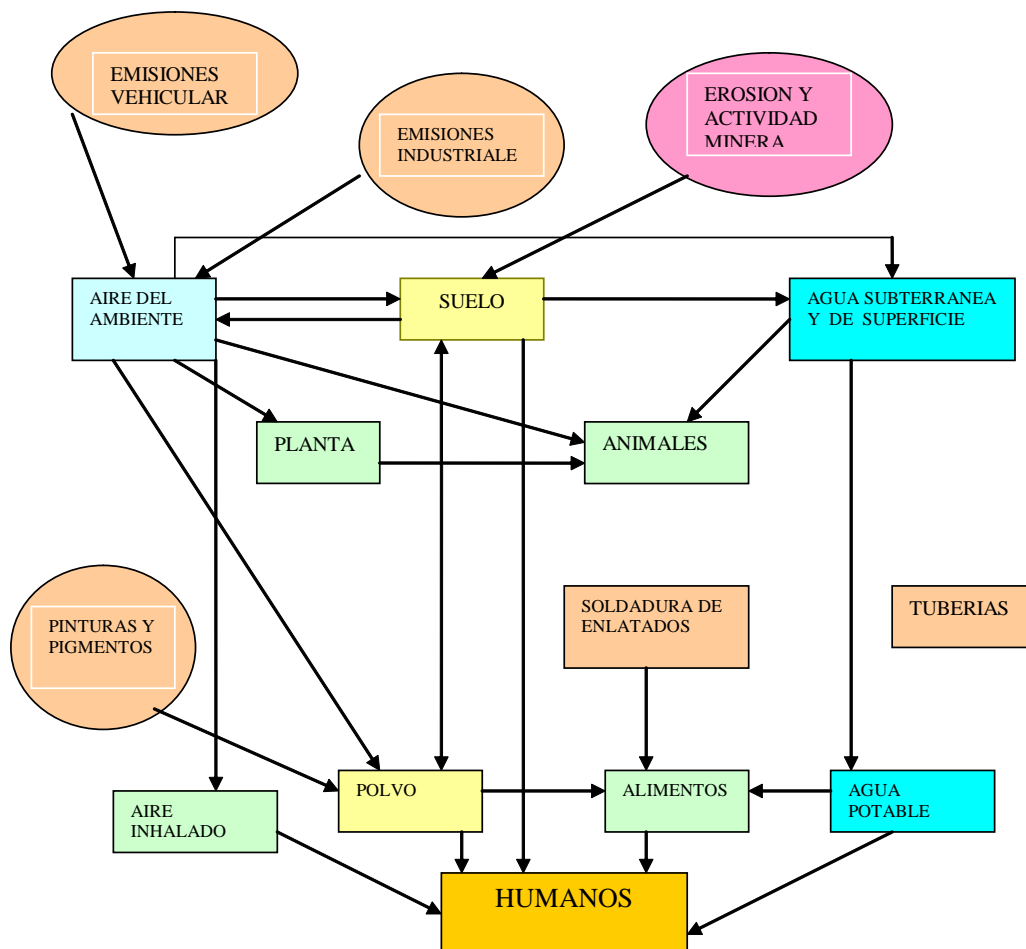


Figura 7: Fuentes antropogénicas de contaminación

2.4 Vías de absorción

Teóricamente, el plomo puede entrar al organismo a través del intestino después de ingerirlo, a través de la piel. La vía más frecuente entre niños es la oral, con la consiguiente absorción intestinal.

La disolución de partículas que contienen plomo depende de su tamaño, pH y de la presencia de otros

componentes alimenticios. Apparently la absorción del plomo se produce, en parte, a través de mecanismos desarrollados para elementos esenciales, en especial calcio y posiblemente hierro. Estas vías competitivas aumentan la absorción de plomo cuando el aporte alimentario de minerales es inadecuado.

La inhalación del polvo de plomo probablemente proveniente de depósitos de minerales que son inyectados a la atmósfera a través del aire, en estas situaciones el plomo está suspendida en partículas muy finas, por tanto el plomo penetra fácilmente al pulmón y puede causar intoxicación aguda masiva.

La absorción transcutánea de plomo es poco cuando las partículas de plomo se depositan en la piel, pero cuando compuestos inorgánicos de plomo son aplicados a la piel si penetra a la dermis, esta vía por lo general afecta a los trabajadores de las industrias que utilizan compuestos o subproductos de plomo.

2.5 Toxicología

El organismo de cada individuo expuesto al plomo responde de diferente manera a éste. La Tabla 1, indica el nivel de plomo al cual el individuo puede sentir varios efectos o síntomas causados por envenenamiento por plomo. Por lo

general, los efectos que tiene el plomo en la salud de los niños son mucho más severos.

Aunque el plomo no suele producir intoxicaciones agudas, su acumulación en el organismo hace que la exposición a dosis bajas a largo plazo, en el medio laboral o a través del aire, agua o alimentos, dé lugar a la expresión de una toxicidad crónica. Partiendo de que la exposición a una cierta concentración de plomo es inevitable, se considera que la concentración sanguínea en la población no especialmente expuesta, es de $10\mu\text{g/dL}$ como máximo, y que el nivel a partir del cual hay que tomar medidas en los niños es de $10\text{-}14\mu\text{g/dl}$.

El plomo es un metal pesado que no juega ningún papel en la fisiología humana, por lo que el nivel plasmático ideal debería ser cero. En la actualidad es prácticamente imposible encontrar alguna persona en la que no se detecten niveles de plomo en sangre.

La absorción del plomo en el organismo se produce a través del sistema respiratorio o por el tracto gastrointestinal; la absorción percutánea sólo se da en su estado orgánico. Su absorción varía dependiendo del estado nutricional y de la edad. La absorción es mayor en la niñez, siendo en ellos de 30 a 50% mientras que en el adulto es del 10%.

Tabla 1: Efectos por el nivel de plomo en la sangre

Efectos	Nivel del plomo en la sangre ($\mu\text{g/dl}$)
Daños severos al cerebro (encefalopatía)	100
Dolores de cabeza, problemas de concentración y de memoria, dificultades con el sueño, cambios de carácter repentinos	60 – 70
Anemia	60
Dolor de estómago, estreñimiento, diarrea, falta o pérdida de apetito	50 – 70
Problemas en el sistema nervioso; reducción de glóbulos rojos.	50
Problemas en el sistema reproductivo en los hombres; daños en el riñón.	40
Los reflejos se vuelven lentos	30
Efectos dañinos al feto; presión arterial alta.	10 – 15

La deficiencia de hierro, calcio, así como el incremento de la ingesta de magnesio, fosfato, alcohol y grasa se han asociado a un incremento de la absorción gastrointestinal del plomo.

El plomo se distribuye en dos compartimentos: el primero es el sistema esquelético, que contiene 80 a 95% de la carga corporal de plomo, siendo la vida media en el hueso de 20 a 30 años. En los niños se deposita en la metáfisis de los huesos largos, formando depósitos radio-opacos. El segundo

compartimiento está en los tejidos blandos como el riñón, cerebro e hígado, siendo en éstos la vida media de 20 a 30 días.

En la sangre se encuentra en los eritrocitos, siendo éste el principal compartimiento responsable de la toxicidad. El plomo atraviesa la placenta y la barrera hematoencefálica, conteniendo la sangre fetal 80 a 100% de la plombemia materna.

Las principales vías de excreción son la biliar y la urinaria (95%), de menor importancia son el sudor, la saliva y las mucosas. La toxicidad del plomo es consecuencia de la afinidad que tiene éste por el grupo sulfhidrilo (SH) de las proteínas, uniéndose en forma irreversible y alterando completamente su función. En la Tabla 2 se muestran los signos y síntomas de la intoxicación plúmbica crónica por aparatos y sistemas.

Hay casos cuyo envenenamiento es tan severo que pueden resultar en convulsiones, coma o muerte. También es muy importante enfatizar en que existen casos en los cuales el plomo daña nuestro organismo aún cuando no hay síntomas presentes.

Tabla 2: Signos y síntomas de intoxicación por plomo

Sistema	Signos y síntomas
Nervioso central	Fatiga, malestar Irritabilidad, insomnio, ansiedad, depresión. Cambio de carácter, pérdida de memoria. Disminución de la libido. Cefalea. Tremor. Encefalopatía (delirio, ataxia, convulsión, estupor, coma).
Nervioso periférico	Neuropatía periférica predominantemente motora (parálisis radial, tibial, ciática)
Gastrointestinal	Anorexia. Náusea. Constipación. Pérdida de peso. Dolor abdominal, cólico plúmbico o saturnino. Ribete de Burton (pigmentación azul-gris de encías)
Hematológico	Anemia (microcítica, hipocrómica o normocrómica) Punteado basófilo.
Renal	Insuficiencia Renal Crónica. Nefritis Intersticial. Síndrome de Fanconi, acidosis tubular renal. Proteinuria leve.
Reumatológico	Mialgias. Artritis. Gota.
Cardiovascular	Hipertensión arterial.
Reproductivo	Oligospermia. Impotencia
Otros	Pérdida de peso, letargia.

CAPITULO III

3. LA PROBLEMÁTICA DEL PLOMO EN EL PERÚ

El Perú es un país eminentemente minero, es el cuarto productor de plomo en el mundo, por lo que está expuesto a la contaminación ambiental producida por la explotación minera formal e informal, así como a los relaves productos de esta actividad. Se han realizado diferentes estudios en zonas mineras como La Oroya o en lugares donde es depositado el plomo antes de su exportación como el Callao, donde se ha encontrado altos niveles de plomo en sangre en la población que vive en estas zonas. No hemos encontrado estudios nacionales que evalúen la presencia de intoxicación por plomo en poblaciones aledañas a relaves mineros, aunque sí se ha estudiado la presencia de alteraciones dermatológicas.

Podemos decir entonces que, la exposición de poblaciones peruanas al plomo se ha dado principalmente como consecuencia de la explotación minera, el almacenamiento de minerales, las emisiones de fundiciones y el depósito de relaves mineros.

- Explotación minera y plomo: el caso de la ciudad de Cerro de Pasco (Figura 8).



Figura 8. Explotación minera y plomo

- Exposición a depósitos de concentrados de minerales ricos en plomo: el caso del asentamiento humano Puerto Nuevo en el Callao (Figura 9).



Figura 9. Puerto Nuevo en el Callao

- Exposición a emisiones de fundición: el caso de la ciudad de La Oroya en Junín (Figura 10).



Figura 10. Exposición a emisiones de fundición

- Exposición a relaves mineros: Relaves Mineros de Quiulacocha en Pasco (Figura 11).



Figura 11. Exposición a relaves mineros

- Exposición a relaves mineros: Canchas de relave en el caserío Glorieta de Mayoc en San Mateo de Huanchor en Lima (Figura 12)



Figura 12. Exposición a relaves mineros

3.1 MANEJO Y TRANSPORTE DE CONCENTRADOS

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

3.1.1 MANEJO EN PLANTA CONCENTRADORA

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. Este sistema permite la recuperación de agua y los lodos:

□□□ *Recuperación del 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 acordes 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.

□ □ □ *Recuperación de 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, disponerlo en un relleno de seguridad acondicionado para ese fin.

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. Al respecto se debe tener las siguientes consideraciones:

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. 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.

La otra consideración es 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.

3.1.2 TRANSPORTE TERRESTRE

3.1.2.1 Recomendaciones para el transporte desde Planta Concentradora a Depósitos de Litoral

- Mantener la altura libre del concentrado, como mínimo de 40 cm, con respecto a la altura de la tolva del camión.
- Las tolvas y compuertas de las unidades de transporte (camiones y vagones) deberán ser herméticas y deberán cumplir con las condiciones de seguridad establecidas.
- Cubrir las tolvas con toldos impermeables, en buen estado de conservación y asegurarlas con cable metálico flexible y precintarlas.
- 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.

3.1.2.2 Recomendaciones acerca de las Vías de Circulación

- Señalizar los accesos en las plantas concentradoras, depósitos del litoral y puertos, de manera clara e inequívoca, según las normas nacionales vigentes.
- Pavimentar las rutas de circulación de las unidades de transporte en el interior de las plantas concentradoras y depósitos del litoral.
- 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.
- 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.

3.1.3 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 como depósitos cerrados y la descarga de vagones mediante retroexcavadora montada en puente.

Los depósitos deben contar con 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.

El oreo del concentrado se realiza sobre lozas de concreto con sistemas de recuperación de líquido y finos.

3.1.3.1 Manejo

- 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.
- Apilar el concentrado hasta una altura que sea menor a 1m de la altura máxima de las paredes que lo limitan.
- Utilizar las paredes perimetrales que delimitan la propiedad del depósito como muros de separación y no de contención, evitando presiones laterales que impidan el manipuleo 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.

- Humedecer con sistemas de aspersion 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.
- 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.
- Se recomienda que los muros perimetrales de los depósitos de almacenamiento, tengan muros perimetrales de material noble con altura de 5 metros como mínimo.
- 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.
- Disponer que los concentrados que requieran mezclarse, contengan una humedad controlada, que permita su manipuleo y evite la emisión de polvos fugitivos.

- Considerar un Programa de Monitoreo de Calidad de Aire en los linderos del perímetro de las instalaciones.

3.1.4 OPERACIONES EN PUERTO

3.1.4.1 Embarque

- 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 fisicoquímicas, a fin de determinar los niveles de humedad aparentes para su manipulación minimizando los riesgos de contaminación por emisiones fugitivas.
- 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.
- Recuperar los concentrados remanentes mediante un sistema de barrido y aspirado mecanizado, que permita dejar limpia la plataforma del muelle y vías de acceso.
- 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.

- Almacenar y enviar el agua recuperada del sistema de lavado de unidades vehiculares a un sistema de tratamiento secundario.
- Recuperar los lodos y disponerlos según lo establezcan las políticas de medio ambiente del puerto bajo la responsabilidad del administrador del mismo.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

3.1.4.2 Desembarque

- 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 fisicoquímicas, como en el caso de embarques, a fin de minimizar los riesgos de contaminación por emisiones fugitivas.

3.1.5 ESTUDIOS AMBIENTALES

- Las líneas de concentrado existentes deberán presentar un Plan de Manejo Ambiental según los criterios que establezca el MEM al respecto.
- Las líneas que se encuentre en fase de cierre deberán ajustarse a los requisitos que establezca el MEM. 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, a manera de referencia se presentan lineamientos de aquellas que pueden ser de aplicación en el país.

CAPITULO IV

4. SITUACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADOS DE MINERALES EN EL CALLAO

4.1 Descripción y Aspectos Generales del Callao

- a) **Localización y límites:** La provincia Constitucional del Callao se localiza en la costa central del litoral peruano, hacia el sector occidental del departamento de Lima; entre las coordenadas geográficas de 11° 47' 50" y 12° 07' 30" de Latitud Sur, y 77° 4' 40" y 77° 11' 40" de Longitud Oeste. Sus límites son los siguientes: Norte, el Distrito de Santa Rosa, Este con el Distrito de Puente Piedra, San Martín de Porras y el Cercado de Lima; por el Sur con los Distritos de San Miguel y por el Oeste el Océano Pacífico.
- b) **Demarcación Política:** El 20 de Agosto del año 1826 fue creado como distrito y, por su importancia como puerto costero

internacional, el 22 de Abril de 1857, la convención nacional le otorga el título de Provincia Constitucional del Callao y está conformada por seis distritos:

- Callao (cercado)
- Bellavista
- La Perla
- La punta.
- Carmen de la Legua
- Ventanilla

Siendo la capital provincial la ciudad del Callao (Figura 13).



Figura 13. Provincia Constitucional del Callao

- c) **Características:** Lima es una de las ciudades que se ve amenazada por la alta contaminación que generan los sistemas de producción, comercio y viviendas. La industria pesada y liviana de los extremos de la ciudad de Lima y del Callao ha quedado rodeada de viviendas como producto de la ocupación informal y desordenada del territorio.

La explotación minera de la zona central del país requiere del puerto del Callao para, a través de él, exportar sus productos por vía marítima, Los concentrados de minerales llegan a los almacenes de la provincia en su mayor cantidad mediante camiones y, en menor cantidad, por ferrocarril. Los minerales son recibidos, pesados y almacenados en rumas a la intemperie por un promedio de 20 a 45 días para ser cargados, despachados y transportados al Muelle N° 5 del Terminal Marítimo del Callao donde son depositados en una losa para ser ingresados a los barcos mediante cargadores frontales y fajas transportadoras portátiles.

Las empresas almaceneras de concentrados minerales almacenan cobre, zinc, plomo y cadmio, y estas se han constituido en un contaminador potencial para toda la población aledaña Alrededor de los almacenes se ubican escuelas, mercados, terrenos de cultivo, y se realiza la venta de alimentos calientes, frutas, helados, refrescos que se expenden de manera ambulatória.

Los vientos cumplen una acción activa en el traslado de partículas de mineral en amplias áreas de influencia dependiendo la cantidad del tamaño de las partículas y la velocidad del viento, presentando valores cuantificables en el caso particular del plomo.

La ubicación de los depósitos, el reducido tamaño de los almacenes y la inaccesibilidad del ferrocarril a la mayoría de ellos contribuyen diariamente a la congestión de las vías de acceso a los almacenes así como las que conducen al puerto, daños a las pistas por el tránsito pesado, la rotura de veredas y generación de polvo.

El estacionamiento frente a las viviendas, ha permitido que el material particulado llegue al interior de las casas aledañas. Este problema se agudiza por los vehículos de carga de mineral que pernoctan en áreas cercanas a las viviendas sin haber sido limpiados.

Los estudios existentes han referido que la presencia del plomo en sangre en las poblaciones aledañas a los almacenes de concentrado mineral, tiene procedencia específica de mineral de plomo, siendo los valores encontrados bastante altos.

4.2 Contaminación por material particulado

La contaminación por material particulado de mineral presenta características particulares en la Provincia Constitucional del Callao, debido a la presencia de almacenes de concentrados minerales.

Datos proporcionados por las diferentes empresas reportan el manejo de concentrados de zinc, cobre y plomo en miles de toneladas anuales. Estudios realizados por instituciones representativas como DIGESA, reportan la presencia del plomo, como fuente de contaminación sin dejar de lado la presencia de material particulado de los otros elementos, aunque estos aún no han tenido un estudio puntual.

Los problemas y sus causas se han agrupado en dos aspectos, uno referido al social cultural, y el otro referido al físico natural.

1. **Desde el punto de vista social cultural se tiene:** Contaminación por inadecuado manejo de material particulado de mineral procedente de los almacenes aledaños al terminal portuario. Este problema evidenciado fuertemente en la contaminación por plomo, tiene como causas las siguientes:
 - a. **La inadecuada infraestructura de los depósitos de concentrados:** el almacenaje se realiza a la intemperie trasladándose el material particulado a diferentes zonas y distancias por simple acción de los vientos. Además la altura de algunas de las paredes perimétricas no sobrepasa la de las casas aledañas, permitiendo la exposición con el material particulado mineral. Aunque esta situación se modificó desde el año 1999 ha existido un largo periodo de exposición de los pobladores a la contaminación por material particulado, mal estado e inadecuados procesos de limpieza de las mallas cortaviento, es necesario establecer

que la presencia de mallas no determina una total protección contra el material particulado, ya que éste puede atravesarlas por acción de la fuerza del viento. La limpieza parcial (sólo las llantas) de los vehículos de carga y descarga permite un traslado de concentrado de mineral por las rutas de ingreso a los almacenes y muelle de embarque.

- b. **Inadecuado manejo en la operación de almacenaje:** Las características propias de proceso de almacenaje a campo abierto permiten algunas deficiencias; si bien es cierto, que la normativa dispuesta por la Municipalidad Provincial viene siendo implementada, es necesario que este problema tenga un proceso de mitigación modificando las causas como.

La inadecuada altura y ángulo de reposo de la ruma, así como la insuficiencia o mala colocación de las mantas protectoras que permiten el desplazamiento del material particulado por el viento.

La generación de polvos por excesiva manipulación en la recepción, almacenaje en rumas, mezclas de los concentrados procedentes de lotes pequeños, despachos y transporte a puerto.

- c. **Inadecuado manejo en la operación de embarque:** realizado en el Muelle de la Empresa Nacional de Puertos SA. (ENAPU), procedimiento que empieza con la recepción de los camiones procedentes de los almacenes aledaños, teniendo como primer paso el pesaje de la carga en balanzas de plataforma ubicadas en la entrada al muelle. Luego la carga es llevada a la plataforma en la que se deposita para ingresar a los barcos

mediante cargadores frontales y transportadoras portátiles en procedimientos repetitivos.

Existe una acelerada política de control ambiental, en la que se consideran normas de seguridad para maquinarias y vehículos de carga a granel y contenedores el adecuado uso de equipos e implementos de seguridad; sobre la descarga embarque de sustancias químicas a granel, también, medidas de protección contra la contaminación por manipuleo de carga a granel así como la promulgación de planes de emergencia de los terminales portuarios. Sin embargo la actividad de carga de concentrados minerales continúa realizándose con algunas deficiencias, que son propias del sistema actual de embarque. La generación de polvos en los momentos de descarga en la plataforma y carga hacia la faja transportadora constituyen la fuente de contaminación del ambiente marino aledaño perjudicando la actividad que se desarrolla en el terminal pesquero.

- d. **Prolongado tiempo de operación de los almacenes:** la contaminación por material particulado y los impactos sobre el medio urbano son de vieja data. Asimismo el tiempo se convierte en factor generador de contaminación debido a que los concentrados se mantienen en los almacenes entre 25 y 60 días dependiendo de las acciones de venta y mantenimiento del stock. Esto representa una exposición permanente de los pobladores afectando su salud.

- e. **La presencia de transporte pesado** destinado al traslado de materiales desde las minas hacia los almacenes y de estos hacia la zona de embarque, se convierte en un problema por:
- La antigüedad de las unidades.
 - Las escasas vías de acceso a los almacenes y a los depósitos de vehículos. con rutas por la Av. Gambeta, Av. Argentina, Av. Rímac, al Puerto por las Av. Atalaya, Contralmirante Mora y Av. Guadalupe.
 - La frecuencia promedio de ingreso de entre 25 a 30 camiones / día. La existencia de depósitos de vehículos de concentrado de mineral que pernoctan en áreas cercanas al terminal.
- f. **Mal estado de las vías de acceso a los almacenes y zonas de embarque.** El traslado de concentrado se realiza con camiones de capacidad de 20 TM sobre pistas para tránsito vehicular ligero lo que ha deteriorado el asfalto dejando al descubierto la capa de base (tierra) con lo cual se genera gran cantidad de polvo. Surge además el problema del estacionamiento de los camiones en zonas de vivienda, produciendo el deterioro de las pistas en estas áreas así como de veredas al realizar las maniobras de giro.
- g. **Deficiente uso de indumentaria de protección y acciones de prevención.** En muchos casos no se respetan las normas de seguridad estando los trabajadores expuestos al contacto directo con el mineral, Se ha reportado niveles de plomo en sangre de trabajadores de 25 ug/dl.

h. Inadecuado cerco vivo, cuya función es el limitar o servir de cortavientos natural, retención de material particulado, actualmente se presenta en algunos almacenes un área verde con césped y ficus.

2. Desde el punto de vista físico natural podemos identificar el problema de: Desconocimiento de caracteres meteorológicos. La humedad, la lluvia y los vientos son factores naturales que se deben tener en cuenta en el manejo de las rumas, debido a que un aumento de la humedad permite una filtración que tendría un impacto en las capas del suelo. La dirección del viento y su velocidad permitirá tomar las medidas de seguridad para evitar el traslado de material particulado teniendo en cuenta que el máximo permisible es de 1.5 mg/m³.

Contaminación de concentrados minerales en población y actividades del entorno de los almacenes: Entre otras causas tiene:

Población afectada: Se puede identificar por la cercanía que tiene a los almacenes, denominándose Poblaciones en la zona de impacto Focal: Puerto Nuevo, Frigorífico, Chacaritas, Ciudadela Chalaca, San Juan Bosco, Santa Marina Norte, Cuarto Sector. También existen asentamientos humanos que si bien se encuentran más alejados son afectados por encontrarse dentro del área de influencia Se estima una población de 80,000 personas de diferentes grupos de edades.

a) Presencia de escuelas y mercado en zona industrial

- b) Ocupación de viviendas en áreas de zonificación incompatible. La cercanía de las viviendas a las áreas de almacenaje de concentrado de mineral incrementa las posibilidades de desmedro de la salud especialmente en la población infantil y mujeres post parto según estudios realizados por DIGESA.
- c) Poca difusión de los riesgos para la salud y de normas de higiene para mitigar los impactos, así como la poca aplicación de normas de higiene. DIGESA ha propuesto un programa educativo de implementación paralelo a las medidas de mitigación con el fin de reducir el nivel de exposición de plomo en los niños.
- d) La presencia de viviendas de características precarias y de construcción incompleta. La construcción de los techos y paredes realizados con materiales como la madera, permite la acumulación de material particulado.

Este material se acumula además en reservorios de agua, ventanas y techos de las viviendas, por otro lado, la falta de acceso a servicios básicos como agua potable, el uso de reservorios de metal o concreto, la falta de hermeticidad con las tapas y la exposición al medio ambiente aumentan el riesgo de contaminación del agua por material particulado de mineral.

CAPITULO V

5. ENCAPSULADO CON SISTEMA DE PRESION NEGATIVA

5.1 Depósito Hermético

Poco a poco el problema de contaminación por plomo en el Callao deja de ser un dolor de cabeza gracias a la iniciativa del sector privado y diversas instituciones que vienen interactuando para impulsar la eliminación del impacto generado por actividades de almacenamiento y transporte durante muchas décadas.

Un ejemplo de este esfuerzo es el depósito hermético para concentrados de plomo con que cuentan dos de los depósitos del Callao (Figura 14).

Este depósito se trata de un almacén industrial para concentrados de once mil metros cuadrados, ubicado en lo que fue el antiguo depósito de CENTROMIN (Figura 15).

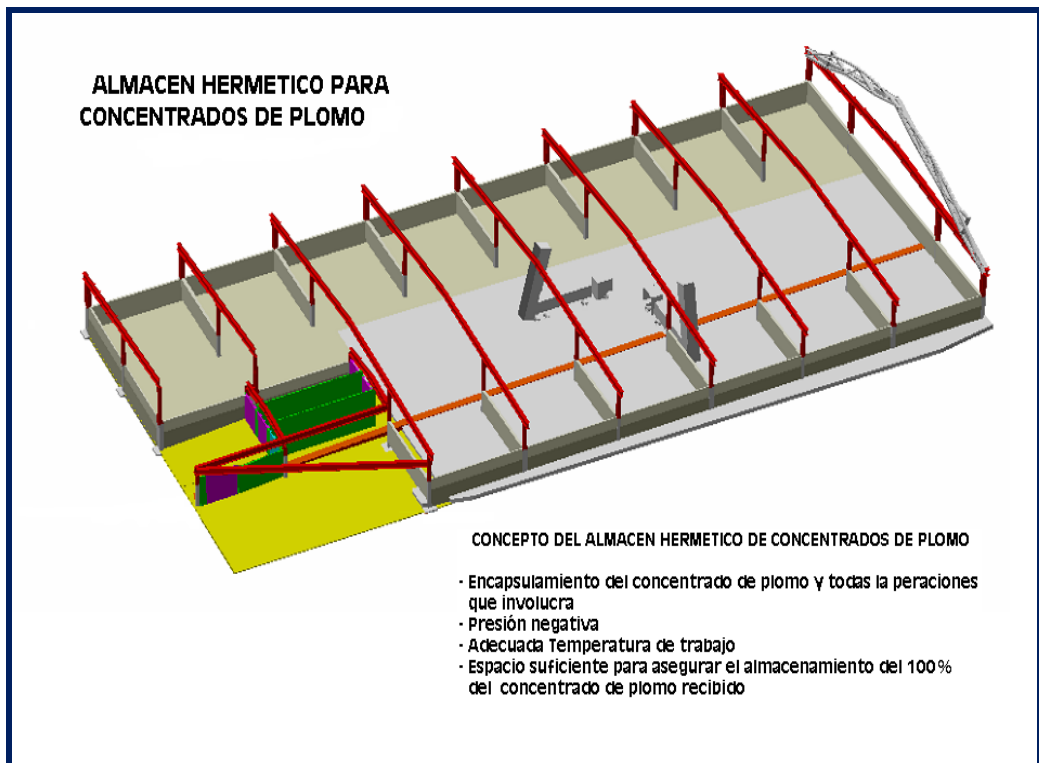


Figura 14. Diseño del Almacén Hermético para Concentrados de Plomo



Figura 15. Etapa de construcción del depósito hermético

La primera etapa de este almacén tenía 6 mil m² y venía funcionando desde el 2002 con un ambientalista sistema de ventilación de aire invertido, gracias al cual las partículas contaminantes de plomo no fugan al exterior. Iniciando una nueva etapa el almacén fue ampliado longitudinalmente hasta llegar a las nuevas dimensiones de 150 m de largo por 71m de ancho (Figura 16 y Figura 17).



Figura 16. Almacén hermético de concentrados de plomo con sistema de ventilación en presión negativa



Figura 17. Interior del Almacén hermético de concentrados de plomo

Óptimo Control: El proyecto corresponde a un nuevo y mejorado sistema de climatización y ventilación mecánica del almacén con el fin de controlar durante todo el año la temperatura, la humedad relativa del aire y también mejorar la calidad del ambiente de trabajo mediante la disminución de la concentración de sólidos en suspensión en el aire (Figura 18).



Figura 18. Sistema de extracción de partículas y limpieza de aire en presión negativa

Todo el sistema de climatización cuenta con un monitoreo y control centralizado que permite integrar la totalidad de la planta de agua helada, encargada de la climatización del sistema, y las manejadoras de aire. Con este sistema no solo se continúa

garantizando que las partículas no salgan al exterior sino que se privilegia las condiciones de trabajo del personal que labora en este recinto cerrado.

5.2 Sistemas de Gestión en los Depósitos del Callao

El crecimiento sostenido del Perú generó en la última década que cada vez mas empresas, en su mayoría del sector minero-metalúrgico, se animen por certificar sus procesos con los llamados Sistemas de Gestión.

El puerto del Callao mostró un cambio importante –sobre todo en materia ambiental– producto de la iniciativa de los depósitos de minerales ubicados en el primer terminal marítimo del país. Estos depósitos decidieron certificar sus sistemas y procesos con el ISO 9001 y 14001. Dos experiencias exitosas, que les ha permitido no sólo crecer como empresas sino también mejorar la interrelación con sus stakeholders.

Esta decisión de certificarse hace que sus procesos estén acordes con los requerimientos de ambos sistemas y así mantener fundamentalmente el liderazgo en operaciones de almacenamiento de concentrados y demostrar a sus clientes –esencialmente empresas mineras– que es posible hacer una actividad limpia, ordenada y de alta calidad, incorporando valor agregado a sus procesos. También les ha servido para gestionar mejor los recursos de su organización,

así como hacer más rentables sus procesos y lograr la mejora continua de sus servicios, como el almacén cerrado de presión negativa para los concentrados de plomo (Fig. 19), que les ha ayudado a posicionarse como un referente mundial y que les ha permitido exportar profesionales a otras partes del mundo.

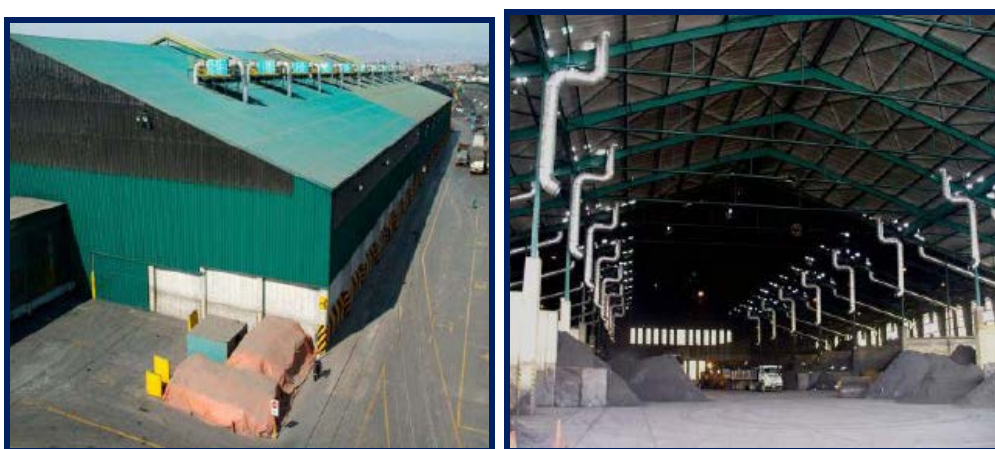


Figura 19. Depósito Hermético para concentrados de plomo

La Unidad Depósitos Perubar en el año 2007 tomó la decisión de implementar un Sistema Integrado de Gestión en Ambiente, Seguridad y Salud para ser más eficientes en sus procesos. La certificación en ISO 14001 contiene una serie de requisitos, que al ser cumplidos agregan valor a los procesos, estimulan la mejora continua y conducen a revisar permanentemente cómo ser más eficaces en el uso de los recursos e insumos. Contar con ISO les brinda una ventaja competitiva en el cada vez más exigente mercado minero y sus actividades complementarias. Asimismo, la certificación es una

muestra visible ante las autoridades y la comunidad en general, de que comparten la preocupación por la conservación ambiental, asumiendo su compromiso de mejorar continuamente en este aspecto.

Un punto en común para estos depósitos es que la certificación les ha permitido mejorar la relación con las comunidades cercanas a su operación y con la autoridad municipal, quienes han participado activamente en la implementación de ambos sistemas, ya que son conscientes de las ventajas que les trae –sobre todo al medio ambiente– en la mejora de su calidad de vida. Pero esto no es suficiente. Ya que un sueño que persigue desde hace diez años el puerto chalaco es la faja transportadora de minerales, que ayudaría no solo a dinamizar el puerto sino a mejorar aún más la calidad de vida de la población.

La faja transportadora ayudaría a cerrar el círculo de los esfuerzos que están realizando, para acabar con la contaminación del primer puerto. Sin embargo, ambas compañías –pese a esta carencia– hacen denodados esfuerzos para evitar un impacto negativo en el medio ambiente. Por ejemplo, las compañías empezaron a utilizar camiones especializados para el transporte de concentrados de minerales hacia el puerto. Son camiones herméticos, sellados y blindados que evitan el robo del concentrado y que tienen poca emisión de gases contaminantes (Figura 20). Además se trata de un medio de transporte silencioso, rápido y eficaz, hasta que se

concrete el “sueño” de la faja transportadora. No es un solución, pero es una iniciativa que ha demandando la inversión de US\$ 3 millones, aproximadamente.



Figura 20. Transporte de concentrado en Camiones Herméticos

Depósitos de Perubar, tuvo la iniciativa de poner en funcionamiento –desde el año 2002– el sistema de encapsulado de presión negativa para almacenamiento de concentrados de plomo (Figura 21), convirtiéndose en la primera compañía en contar con este sistema. Además de almacenar los concentrados en almacenes cerrados, tal como lo solicitó la municipalidad, lo hacen con presión negativa, es decir, la presión interna es menor que la externa, de tal forma que se asegura que ninguna partícula de concentrados de plomo salga al exterior. Esta compañía también hace uso de

camiones herméticos para el transporte de sus concentrados (Figura 22).



Figura 21. Depósito PERUBAR



Figura 22.- Transporte de concentrado en camiones herméticos de PERUBAR S.A.

5.3 ALGUNOS RESULTADOS DE MEDICIONES AMBIENTALES

De acuerdo al programa de monitoreo ambiental, se vienen desarrollando actividades de monitoreo de calidad de aire y variables meteorológicas mes a mes, en el marco del programa de monitoreo

anual establecido por los Depósitos de Concentrados Mineros del Callao.

A continuación se muestran algunos resultados ambientales obtenidos de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía respecto a monitoreos ambientales realizados en el A.H. Puerto Nuevo. Las variables incluidas en el monitoreo de calidad de aire fueron las partículas en suspensión menores a 10 micras y el contenido de plomo en estas partículas, en relación al tiempo.

Procedimiento de Monitoreo: La Red de monitoreo estuvo conformada por estaciones principales, estaciones de referencia y una estación meteorológica.

- Medición de partículas en suspensión menores a 10 micras (PM-10) en la estación de monitoreo.
- Análisis del elemento plomo en los filtros de PM-10, a fin de realizar la correlación con las operaciones de los Depósitos de Concentrados Mineros.
- Instalación de colectores de polvo sedimentable en las estaciones de monitoreo dentro de la zona de influencia de los Depósitos de Concentrados, en este caso el A.H. Puerto Nuevo y análisis de la presencia de plomo en cada muestra.
- Medición continua de parámetros meteorológicos que permita conocer el microclima de la zona y su influencia en el transporte de

contaminantes (régimen de viento, temperatura ambiental, humedad relativa)

A continuación se presentan algunas gráficas que permiten visualizar los logros obtenidos en relación a la reducción del contenido de Pb en partículas menores a 10 micras, en el A.H. Puerto Nuevo.

En la Figura 23, se puede observar que en marzo del 2000 se superaba el límite máximo permisible de plomo en PM10. También vemos que para Febrero del 2006 se tiene una reducción de este contenido de plomo en PM10 a niveles por debajo del límite máximo permisible.

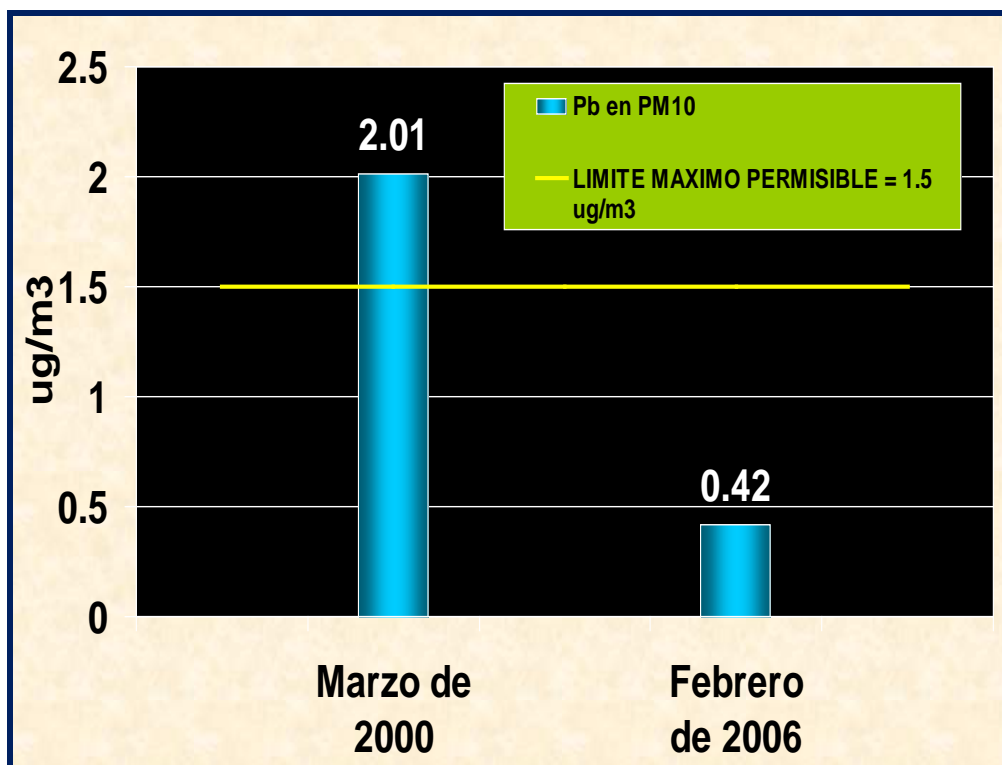


Figura 23. Plomo en partículas menores a 10 micras en AH Puerto Nuevo – Marzo 2000 vs. Febrero 2006

En la Figura 24, se puede observar la variación del Promedio Anual de Plomo en PM10. En los años 2000 y 2001 se superaba el valor establecido de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Promedio Anual de Plomo en PM10 del Estándar Nacional), lográndose en años posteriores valores por debajo de los establecidos.

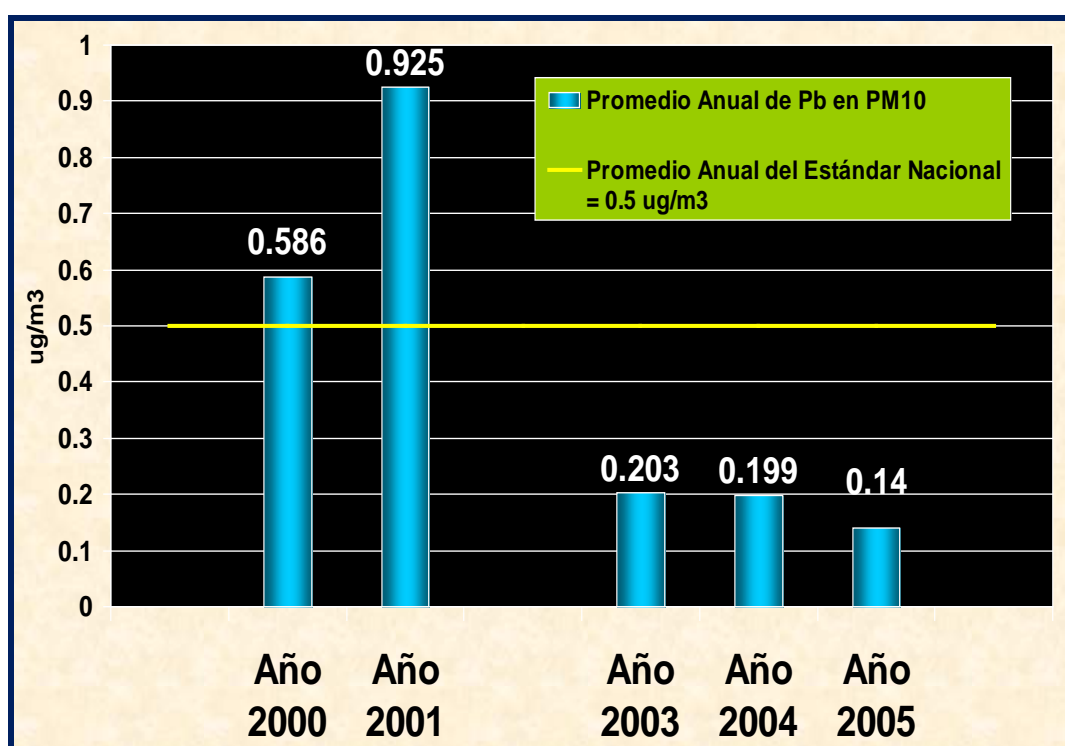


Figura 24. Promedio Anual de Plomo en partículas menores a 10 micras en AH Puerto Nuevo – Años 2000 a 2005

Otra de las variables monitoreadas es el Polvo Total en Suspensión (PTS). En la Figura 25 se puede observar como gradualmente se ha ido reduciendo el valor de esta variable con los años.

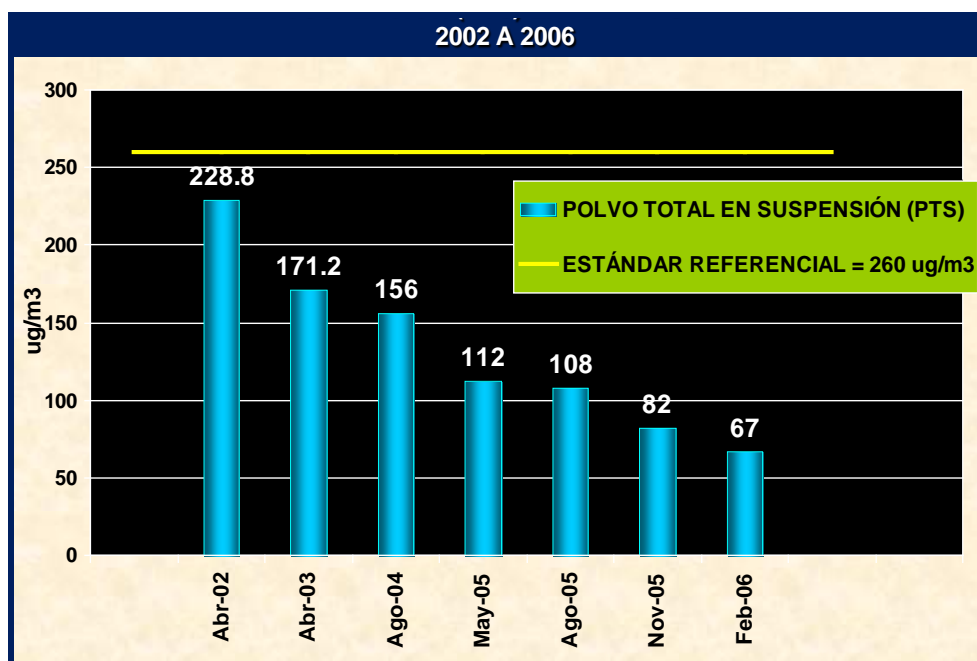


Figura 25. Polvo Total en Suspensión (PTS) en AH Puerto Nuevo - Años 2002 a 2006

Los resultados obtenidos en los gráficos arriba mostrados, son una clara veracidad de lo importante que ha sido la implementación de los depósitos encapsulados y de los camiones herméticos. Es esta en su conjunto integral una solución parcial a la contaminación del plomo en el área del Callao.

CONCLUSIONES

- Según las estadísticas se puede observar que hay una mejora considerable de las partículas en suspensión de plomo en el A.H. Puerto Nuevo.
- La inversión de ambos depósitos en la construcción de los encapsulados ayuda a mitigar la problemática de la contaminación del plomo de los alrededores.
- La solución a largo plazo para la reducir la problemática socio – cultural se debe de dar con la construcción de la faja transportadora hermética.
- El sistema de presión negativa y aire renovado ayuda a que las partículas en suspensión no escapen al medio ambiente y es mas ayuda a controlar las condiciones ambientales en el interior del

encapsulado. La evidencia esta en los registros de los monitoreos sobre el PM10, en donde los valores actuales están por debajo de los estándares nacionales.

- Los camiones herméticos ya están siendo una realidad en ambos depósitos y es más los camiones de procedencia de la mina también se están acogiendo a esta responsabilidad social y medio-ambiental. Esto nos ayudara a mitigar en parte la delincuencia y la contaminación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. **INTOXICACIÓN POR PLOMO Y OTROS PROBLEMAS DE SALUD EN NIÑOS DE POBLACIONES ALEDAÑAS A RELAVES MINEROS.**

Astete Jhon, Cáceres Walter. Revista Perú Med. Exp. Salud Pública. 2009; 26(1): 15-19

2. **GUIA AMBIENTAL DE MANEJO Y TRANSPORTE DE CONCENTRADOS MINERALES.** Ministerio de Energía y Minas.

www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/.../guias/guiaminera-xviii.pdf

3. **ESTADISTICAS AMBIENTALES.** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Informe Técnico N°5 Mayo del 2008.

<http://www.inei.gob.pe/web/BoletinFlotante.asp?file=7404.pdf>

4. **COMITÉ DE PRODUCTORES MINEROS DEL CENTRO.**

Compromisos Ambientales en el Embarque de minerales. Muelle de Minerales. Marzo del 2009.

5. **TERMINAL PORTUARIO VENTANILLA.** INFRAESTRUCTURA PORTUARIA ESPECIALIZADA EN CONCENTRADOS DE MINERALES Y GRANELES SOLIDOS Y LIQUIDOS.

6. **INTOXICACIÓN PLÚMBICA CRÓNICA: UNA REVISIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL PERÚ.** Ramos Willy, Munive Leopoldo, Alfaro Milena. Rev. Peru. Epidemiol. Vol 13 N° 2, Agosto 2009.

7. **SEMINARIO.** Atención Integral para poblaciones con exposición ambiental crónica a minerales. <http://www.regioncallao.gob.pe>

8. **MANUAL PARA EL MANEJO AMBIENTALMENTE RESPONSABLE DEL PLOMO.** Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey.
<http://www.ilmc.org/spanish/Manual%20para%20el%20Manejo%20Ambientalmente%20Responsable%20del%20Plomo.pdf>

9. **ACCIONES Y PERSPECTIVAS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN, GENERADA POR LOS CONCENTRADOS DE MINERALES EN EL PUERTO DEL CALLAO.** Seminario Internacional “Impactos Ambientales en Instalaciones Portuarias” 11, 12 y 13 de marzo del 2009 “Fortaleza Real Felipe” –Callao.

10. **CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN EL CALLAO TIENE SOLUCIÓN.** REVISTA DESDE ADENTRO. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía – SNMPE.
<http://www.snmpe.org.pe/revista/edicion05ene2004/panorama.htm>

ANEXOS

ANEXOS 1

1. MÉTODOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Método
PM-10	Muestreo de alto volumen con fraccionamiento de partículas Acápites III.6.1.3 Protocolo de monitoreo de calidad de aire y emisiones del Sub Sector Minería – MEM. Acápites 9.2 Métodos de referencia nacionales. NTP 900.030 – Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de los datos – DIGESA. Appendix J Reference method for the determination of particulate matter as PM10 in the atmosphere – USEPA.
Polvo sedimentable	Método de Muestreo Normalizado Organización Panamericana de la Salud
Plomo en PM-10	Muestreo de alto volumen / Análisis por absorción atómica por flama Acápites III.6.3 Protocolo de monitoreo de calidad de aire y emisiones del Sub Sector Minería – MEM Acápites 9.2 Métodos de referencia nacionales. NTP 900.032 – Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de los datos – DIGESA
Plomo en polvo sedimentable	CFR 40 Parte 50 Apéndice G "Método de Referencia para la Determinación de Plomo en Partículas Totales en Suspensión colectadas del Aire Ambiente" – USEPA
Meteorología	Procedimientos y recomendaciones OMM "Guide to meteorological instrument and observing practice"

Fuente: Información proporcionada por Inspectorate Services Perú S.A.C.

2. ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE

- a) Decreto Supremo N° 074-2001-PCM : Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire y 069-2003-PCM: Establecen valor anual de plomo

Parámetro	Período	Forma del estándar	
		Valor	Formato
PM-10	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NE más de 3 veces al año
Plomo (*)	Mensual	1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NE más de 4 veces al año
	Anual	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-

NE: No exceder

(*) Analizado en PM-10

- b) Protocolo de monitoreo de calidad de aire y emisiones del Sub-Sector Hidrocarburos – DGAA-MEM.1994

Parámetro	Estándar referencial, $\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días
Polvo sedimentable	0.53

- c) Instituto de Salud Ocupacional – Ministerio de Salud. 1976. (Actualmente DIGESA)

Parámetro	Estándar referencial, $\text{mg}/\text{cm}^2/30$ días
Polvo sedimentable	0.45

ANEXO 2

NORMAS LEGALES

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.

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.

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”.

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).

LEGISLACIÓN A NIVEL SECTORIAL***Energía y Minas******a) Texto Único 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 Nos 25702, 25764, 25998 y 26121 y por los Decretos Supremos Nos 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: Resolución Ministerial N° 315-96-EM/VMM (19 Julio 1996)

El artículo 226° del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, aprobado por Decreto Supremo N° 014-92-EM, establece que la autoridad competente para la aplicación de las disposiciones contenidas en el Decreto Legislativo N° 613 - Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales referidos a la actividad minera y energética, es el Sector Energía y Minas;

Es necesario establecer los Niveles Máximos Permisibles correspondientes a los elementos y compuestos presentes en las emisiones gaseosas, así como a las partículas y elementos metálicos arrastrados por éstas provenientes de las Unidades Minero - Metalúrgicas con la finalidad de controlar las emisiones producto de sus actividades y contribuir efectivamente a la protección ambiental.

De conformidad con la Disposición Complementaria del Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 016-93-EM, sustituida por el artículo 4° del Decreto Supremo N° 059-93-EM.

e) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM

Siendo los Estándares de Calidad Ambiental del Aire, un instrumento de gestión ambiental prioritario para prevenir y planificar el control de la contaminación del aire sobre la base de una estrategia destinada a proteger la salud, mejorar la competitividad del país y promover el desarrollo sostenible, Que, de conformidad con el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, se aprobó el Programa

Anual 1999, para Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, conformándose el Grupo de Estudio Técnico Ambiental “Estándares de Calidad del Aire” - GESTA AIRE, con la participación de 20 instituciones públicas y privadas que ha cumplido con proponer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire bajo la coordinación del Consejo Nacional del Ambiente.