

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE PLOMO
Y DEL RESIDUO SÓLIDO RESULTANTE (ESCORIA) EN LA EMPRESA MAC
S.A.**

CARLOS ALBERTO LEMOS MEJIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACION DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2006**

**ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE PLOMO
Y DEL RESIDUO SÓLIDO RESULTANTE (ESCORIA) EN LA EMPRESA MAC
S.A.**

CARLOS ALBERTO LEMOS MEJIA

**Pasantía para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los
Recursos Naturales**

**Asesor
ALEJANDRO SOTO
Químico**

**Asesora
GLORIA AMPARO JIMÉNEZ
Química**

**Directora
ROSA NANCY HENAO
Ingeniera Química**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACION DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS
RECURSOS NATURALES
SANTIAGO DE CALI
2006**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

Ing. JULIO CESAR WILCHES

Jurado

Santiago de Cali, 01 de Septiembre de 2006

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL.	19
OBJETIVOS ESPECIFICOS.	19
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.	21
4.1. MAC S.A. EN LA ACTUALIDAD.	21
Misión.	21
Visión.	22
Objetivos Estratégicos.	22
Política Ambiental.	23
4.1.1. Proceso de obtención de una batería nueva desde la recolección de baterías chatarra.	25
5. MARCO TEORICO.	29
5.1. PROCESO DE FUNDICIÓN DEL PLOMO.	29
5.1.1. EFECTO DE MATERIAS PRIMAS (fundentes), EN LOS HORNOS.	31
Etapas.	31
Dosificación de Cargas.	33
6. ASPECTOS INTERNACIONALES.	34
6.1. Ecotoxicidad de Aguas y Lixiviado.	35
6.1.1. Desechos contaminados con plomo.	37
6.1.1.1. Manejo y disposición de las escorias resultantes del proceso de fundición de Plomo.	39

7. MARCO LEGAL.	40
7.1. CONVENIO DE BASILEA	42
8. METODOLOGÍA.	45
CONOCER LAS VARIABLES DEL PROCESO DE FUNDICION DEL PLOMO	45
REALIZAR PRUEBAS TCLP EN EL RESIDUO SÓLIDO RESULTANTE (ESCORIA).	45
REVISAR Y VERIFICAR CUMPLIMIENTO A LA FORMULACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	48
CONOCER LA LEGISLACION NACIONAL E INTERNACIONAL PARA LA DISPOSICIÓN DEL RESIDUO	48
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL RESIDUO ESCORIA.	49
9.1. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL RESIDUO ESCORIA.	49
9.1.1. PROCESO DE FUNDICIÓN.	50
9.1.1.1. ANÁLISIS DEL pH DE LA ESCORIA EN EL TIEMPO.	53
10. CONCLUSIONES.	58
11. RECOMENDACIONES.	60
BIBLIOGRAFÍA.	62
ANEXOS.	64

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Etapa de maduración de la escoria de Pb, en 20 días y la relación con el valor de pH.	56
Tabla 2. Comparación de la disminución del valor del pH, de tres muestras en el tiempo.	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo a partir del reciclaje de plomo por medio de las baterías chatarra	26
Figura 2. Esquema del procedimiento seguido en el bioensayo de luminiscencia realizado en España.	37

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfica 1. Histograma general del plomo lixiviado del residuo escoria de las 40 coladas analizadas.	53
Gráfica 2. Histograma del cargue (Pasta + Ripio + Grupos).	52
Gráfico 3. Datos de variación del pH de la escoria de Pb en el tiempo.	53

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Muestra de escoria sin alterar.	55
Foto 2. Muestra de escoria rociada con agua desionizada.	56
Foto 3. Muestra de escoria con rociada con agua desionizada y mezclada.	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Temperaturas de fusión de los diferentes elementos y compuestos que intervienen en la fundición del plomo.	66
Anexo 2. Requisitos legales aplicables al sector.	65
Anexo 3. Tabla reporte de todas las coladas.	70

AGRADECIMIENTOS

La práctica empresarial de análisis y caracterización del proceso de fundición de plomo y del residuo resultante (escoria), pudo ser escrita gracias al apoyo permanente, colaboración y paciencia de muchas personas.

Agradezco a la empresa MAC S.A. por brindarme la oportunidad de laborar, y en especial a los departamentos de calidad e investigación y desarrollo. Con el apoyo de:

Víctor Hugo Vergara. Jefe de calidad e investigación y desarrollo

Claudia Maritza Duque. Jefe de control de calidad

Rosa Nancy Henao. Jefe de gestión ambiental

Carlos Floréz. Jefe de rejempox (rejillas, empaste y planta oxido)

Hugo Galvis. Jefe de metalurgia

Ricardo Rosero. Supervisor de calidad

German Torres. Supervisor de calidad

Jorge Amu. Supervisor de calidad

Mario Portilla. Supervisor de carga y terminado

Álvaro Patiño. Metrología

Carolina Vizcaíno. Jefe de aseguramiento de calidad

Sneider Marín. Asistente de aseguramiento de calidad

Aduljay Remolina. Laboratorio de metalografía

Henry Ruiz. Dibujante de investigación y desarrollo

Javier Estrada. Estadística

Bernardo Nieva. Costos

Pedro Martínez. Supervisor de metalurgia

Edgar Gandara. Supervisor de metalurgia

Pablo Chacon. Supervisor de metalurgia

Muchísimas gracias por su colaboración.

GLOSARIO

ÁCIDO ACÉTICO GLACIAL: Precipita el plomo metálico.

ÁCIDO NÍTRICO CONCENTRADO: Disuelve los metales puros.

AGUA DESIONIZADA: Sin iones, sin minerales, además su conductividad está por debajo de 10 microsimes/cm.

CARGA: Es la mezcla homogenizada del material aportante con los fundentes para luego ser introducida al horno rotatorio.

DROSSES: Producto de la remoción de impurezas de plomo en refinación.

ESCORIA: Desecho resultante de la fundición de plomo, material contaminado con plomo, producido en la etapa de fusión.

ESTIBINA: Combinación gaseiforme que puede formarse en placas negativas de celdas de baterías plomo-ácido con rejillas aleadas con antimonio (Sb), especialmente al cargar con rapidez o con grandes sobrecargas. Es un producto muy tóxico.

FUNDENTES: Carbonato, limadura y antracita.

GRUPOS: Scrap de batería (rejillas y placas).

HORNO ROTARIO: Procesan la materia prima (material aportante, fundentes, desulfurantes y reductores), con el fin de obtener plomo crudo que es la materia prima base del proceso siguiente de refinación.

LINGOTERA: Se utiliza en el colado del horno para recoger bien sea la escoria o plomo fundido, resultante en el proceso de fundición.

LODOS DE EMPASTE: producto de la mezcla de empaste.

MATERIAL APORTANTE: Pasta, ripio, scrap, lodos de empaste, drosses y grupos.

PASTA: Triturado de la batería (astilla) óxidos y sulfatos de plomo en polvo.

PAPEL RUNDFILTER 595: Se utiliza para filtrar las muestras cuando terminan el proceso de digestación.

PAPEL WHATMAN 42: Sirve para realizar la filtración de la escoria cuando termina el proceso de agitación.

POLVODUCTO: Sulfato de plomo, óxidos de plomo y plomo metálico.

RESIDUO: Cualquier objeto, material (sólido, líquido o gaseoso), que no tiene valor de uso directo y que es descartado por quién lo genera.

RIPIO: Producto de triturado, plomo metálico (espigos y rejillas de batería chatarra).

SCRAP: Baterías industriales.

TCLP: Procedimiento de lixiviación característico de toxicidad.

RESUMEN

En la empresa MAC S.A. se producen baterías Plomo – ácido, el Plomo se obtiene del reciclaje de las baterías chatarra que se recuperan a nivel nacional, y en menor porcentaje de Plomo importado. El presente trabajo tuvo como objetivo demostrar que el residuo no es peligroso.

En el proceso, el Plomo es fundido y antes de su obtención se retira un residuo llamado escoria, el cual se almacena para realizar mediciones de pH y lixiviado, y así realizar su disposición final en el relleno sanitario de Navarro, asegurándose que se cumple con la normatividad vigente.

Para verificar el cumplimiento de la normatividad se realizan mediciones internas tanto del lixiviado como de pH, como uno de los resultados del trabajo realizado, se encuentra que MAC S.A. cumple con la norma nacional vigente de 5 mg/L para lixiviados (Procedimiento de análisis aplicado para TCLP tomado del método EPA 1311 revisión 01 Nov /90.), de otro lado la empresa, se ha impuesto como meta alcanzar la norma interna de 2 mg/L, para lograr esta meta, es muy importante conocer las variables del proceso, debido a que la carga diaria de material aportante y fundentes difieren en cantidad y concentración de una producción a la siguiente. Dado precisamente a que se trabaja con materiales reciclados. Además la producción es por el sistema de baches.

Los resultados obtenidos del plomo lixiviado de las 40 muestras analizadas muestran que se encuentran bajo norma nacional 5 mg/L, indicando que el proceso de fundición es homogéneo, además el proceso de fundición de Plomo debe centrarse en minimizar la generación de escorias de Plomo y disminuir los impactos ambientales, para alcanzar la meta interna de 2 mg/L.

Palabras claves: Coladas, Escorias, Batería, Toxicidad, Residuo, Fundición.

ABSTRACT

In the company MAC S.A. batteries take place lead - acid, the lead obtains from the recycling of the batteries scrap iron that recover at national level, and in smaller percentage of concerned lead. The present work had like objective to demonstrate that the remainder is not dangerous.

In the process the lead is fused and before its obtaining a called remainder retires dreg, which is stored to make measurements of pH and leached, and thus to make its final disposition in the filling and toilet of Navarre, making sure that it is fulfilled the effective normative.

In order to verify the fulfillment of the normative internal measurements of the leached one are made as much as of pH, like one of the results of the made work, the company is that MAC S.A. fulfills the effective national norm of 5 mg/L for leached (Procedure of analysis applied for TCLP taken from method EPA 1311 revision 01 Nov /90), of another side, it has prevailed as mg/L puts to reach the internal norm of 2, to obtain this goal, is very important to know the variables the process, because the daily load of aportante material and flux defers in amount and concentration from a production to the following one. Dice indeed to that one works with recycled materials. In addition the production is by the system of pockets.

The obtained results of the leached lead of the 40 analyzed samples show that they are under national norm 5 mg/l, indicating that the smelting process is homogenous, in addition the production to the process of Lead smelting must be centered in diminishing the Lead dreg generation and diminishing the environmental impacts, to reach 2 the internal goal of mg/L.

Key words: Leaching, Dregs, Battery, Toxicity, Remainder and Smelting.

INTRODUCCIÓN

MAC S.A. es una importante compañía, con 44 años de experiencia, ubicada en la ciudad de Cali en el departamento del Valle del Cauca, perteneciente al sector manufacturero, cuenta en la actualidad con 245 empleados. La empresa dispone de la certificación ISO 14001, norma que certifica que la empresa tiene un Sistema de Gestión Ambiental adecuado.

MAC S. A. produce mensualmente en promedio 85.000 baterías automotrices y 40.000 baterías para moto, usando como materia prima, material reciclado de baterías usadas, y scrap de plomo de otras industrias. La compañía cuenta con una planta de reciclaje de baterías única en el país, la cual tiene una capacidad de reciclar 130.000 baterías usadas por mes, con lo cual se garantiza una disposición final del producto, después de haber sido usado¹.

La Empresa MAC S.A., productora de baterías plomo – ácido, productos de plomo y conjuntos plásticos trabaja sobre la base de los valores institucionales de: Integridad, Liderazgo, Trabajo en equipo, Servicio, Competitividad y Actitud Global.

La Empresa esta comprometida, en ser socialmente responsable y ética, reducir impactos ambientales, peligros ocupacionales y de contaminación de mercancía; entregar el producto especificado, cumplir la legislación nacional vigente, otros requisitos adquiridos y desarrollar los procesos productivos y sistemas administrativos de gestión con criterios de mejora continua y eficacia, para satisfacer los requerimientos de los clientes y/o partes interesadas.

En el desarrollo de este trabajo de pasantía, se realizó la revisión de las dosificaciones que se emplean en el proceso de la recuperación del Plomo, además se verificó si el residuo industrial escoria cumple con la legislación nacional de (5 mg/L) de lixiviación de Plomo y con la meta interna de reducción de los lixiviados de Plomo a (2 mg/L), igualmente si se esta cumpliendo con el valor de pH, aconsejado por la normatividad nacional e internacional.

El residuo proveniente del proceso de reciclaje de baterías de plomo produce escorias de plomo. Estas escorias, químicamente activas, pierden su actividad con el tiempo dando lugar a unas escorias más estables, escorias viejas. Las escorias tienen bajo contenido en humedad y presentan una coloración parda oscura debido a sulfuro de hierro de color negro. El Fe (II) se oxida fácilmente al Fe (III)

¹ Reciclaje de baterías de desecho. [en línea]. Santiago de Cali: MAC S.A. 2000 [consultado 10 de Junio, 2005]. Disponible por Internet: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/casos/Caso%20ID21.doc>

cuando las escorias se almacenan al aire libre. (B. Coya, E. Marañón, H. Sastre de la Universidad de Oviedo). Las escorias almacenadas temporalmente en depósitos al aire libre pierden sus componentes solubles y se estabilizan. Se evaluó la ecotoxicidad de las mismas después de un período de seis meses. Los tests fueron realizados con el Procedimiento de Extracción - EP (USA Environmental Protection Agency EPA, Solid Waste Leaching Procedure Manual SW-924, 1985).

Dentro de los métodos de caracterización de Residuos Tóxicos y Peligrosos, el ensayo de bioluminiscencia de *Photobacterium phosphoreum* es uno de los aceptados internacionalmente, para la determinación de la toxicidad de lixiviados, considerando que es un residuo tóxico si el lixiviado presenta un EC50 (15 min., 15°C) 3000 mg/L. La Ecotoxicidad se expresa como EC50, concentración efectiva media que representa la concentración de la sustancia en agua, que se estima causa una disminución de un 50% de la luz emitida por las bacterias expuestas a esa concentración. Otra forma es mediante Unidades de Toxicidad (UT) que se calculan como el inverso de la EC50, expresada ésta en tanto por ciento. Se considera tóxica cuando el valor de toxicidad en UT es mayor de 3.3.

Se tomaron varias muestras de escoria y se sometieron al ensayo de lixiviación con agua, para posteriormente determinar la ecotoxicidad por el método de bioluminiscencia, así como el contenido de metales pesados. La muestra de escoria reciente resultó ecotóxica de acuerdo a la legislación vigente, mientras que las muestras con un período de almacenamiento de seis meses no resultaron ecotóxicas, ya que en todos los casos el valor de la EC50 fue superior a 3000mg/L. Se comprobó una relación directa entre el contenido de hierro, plomo y el valor de ecotoxicidad. Sin embargo, la conclusión más importante es la clara relación que existe entre el tiempo de almacenamiento de las escorias y la ecotoxicidad. Debido a la lixiviación de los carbonatos metálicos solubles, las escorias almacenadas durante un tiempo suficiente pierden su carácter ecotóxico. El tiempo necesario de almacenamiento dependerá de las condiciones climatológicas, y los aportes de agua de distintas fuentes. (B. Coya, E. Marañón, H. Sastre de la Universidad de Oviedo. Nota de prensa 2004).

En el estudio realizado en la Empresa Baterías MAC S.A., se encontró mediante análisis y caracterización del proceso de fundición y de residuos industriales, que cumple con la normatividad vigente para lixiviados (5 mg/L) y con el rango de pH adecuado para disposición final del residuo escoria, mostrando un mejoramiento continuo hacia la meta interna (2 mg/L), se pudo entonces demostrar que el residuo escoria que se deposita en el relleno sanitario de navarro no es peligroso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

MAC S.A. es una empresa multinacional, comprometida con el medio ambiente y el desarrollo social, focalizada en su expansión global y que busca ser protagonista en los mercados del mundo, ofreciendo cada día productos y servicios más allá del límite, está ubicada en la ciudad de Cali en el departamento del Valle del Cauca, perteneciente al sector manufacturero.

La Empresa MAC S.A., es productora de baterías plomo – ácido, productos de plomo y conjuntos plásticos trabaja sobre la base de los valores institucionales de: Integridad, Liderazgo, Trabajo en equipo, Servicio, Competitividad y Actitud Global.

Para la obtención de las baterías de plomo – ácido, se utiliza el 30 % de Plomo importado y el 70 % de plomo reciclado, el cual se obtiene del reciclaje de las baterías chatarra. Dentro de sus procesos productivos para la obtención de materias primas se encuentra la etapa de fundición de plomo, en donde el plomo resultante de las baterías chatarra es fundido en un horno rotatorio. Antes de la obtención del plomo se retira un residuo llamado escoria el cual es producto de los demás materiales que se adicionan para la obtención de materia prima. La escoria se debe dejar enfriar durante 1 hora para su posterior desmolde en el bunker de almacenamiento donde permanecerá durante 2 días.

Luego de su almacenamiento se realizan estudios ambientales para medir y comprobar que el lixiviado y el pH cumplen con la normatividad vigente debido a que la escoria es considerada un residuo peligroso, y así disponer el residuo en el relleno sanitario de Navarro.

En este sentido, en el presente trabajo se verificó que las formulaciones que se están adicionando para las diferentes producciones y que las variables del proceso, cumplieron con los protocolos de producción establecidos por la empresa. También comprobó que el residuo escoria cumple con la normatividad colombiana vigente para lixiviados de Plomo (5 mg/L), y del rango de pH establecido para la disposición final del residuo, así como también se verificó que no cumple con la meta interna propuesta por la empresa de alcanzar (2 mg/L) de lixiviados de Plomo.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar y caracterizar el proceso de fundición y el residuo sólido resultante (escoria), de la fundición del Plomo en la empresa MAC S.A.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Analizar las variables del proceso de fundición del Plomo.
- Revisar y verificar la formulación de las materias primas.
- Realizar pruebas de toxicidad en el residuo sólido resultante (escoria).
- Conocer la legislación nacional e internacional para la disposición final del residuo.

3. JUSTIFICACIÓN

La empresa MAC S.A., productora de baterías plomo – ácido, productos de plomo y conjuntos plásticos trabaja sobre la base de los valores institucionales de: Integridad, Liderazgo, Trabajo en equipo, Servicio, Competitividad y Actitud Global. Está comprometida en ser socialmente responsable y éticos, reducir impactos ambientales, peligros ocupacionales y de contaminación de mercancía; entregar el producto especificado, cumplir la legislación nacional vigente, otros requisitos adquiridos y desarrollar los procesos productivos y sistemas administrativos de gestión con criterios de mejora continua y eficacia, para satisfacer los requerimientos de los clientes y/o partes interesadas.

En el cumplimiento de su política integral, a lo largo de 44 años de trabajo, todos los productos fabricados en las plantas están homologados por los más importantes fabricantes de Equipo Original (General Motors, Mazda, Mitsubishi, Renault, Toyota y Ford) de la región. Es una compañía líder en la industria global de baterías, al tener el Sistema de Gestión certificado con las normas más exigentes: Sistema de Gestión Ambiental NTC ISO 14001:1996 en el año 2000; Sistema de Seguridad Industrial y salud Ocupacional OHSAS 18001:1999 en el año 2001; Sistema de Calidad Equipo Original ISO/TS 16949, segunda edición, en el año 2004; Sistema de Calidad NTC-ISO 9001:2000 en el año 2004, la cual se había obtenido por primera vez en el año 1997; Sistema de Responsabilidad Social SA 8000:2001, en año 2004; y el Sistema de Seguridad en las Exportaciones BASC, en el año 1999.

La Empresa MAC S.A. en el proceso de fundición de Plomo genera un desecho denominado escoria de fundición de Plomo, el cual es considerado un residuo peligroso de acuerdo al convenio de Basilea y a la resolución D.G # 1093/2003. Dado que la empresa cumple con la normatividad y además posee certificados los sistemas de gestión ISO 9001, 14001, 18001, desea verificar si el residuo escoria cumple con la normatividad Colombiana, en cuanto a los parámetros de lixiviación de Plomo y el rango de pH, con el propósito de efectuar la disposición final del residuo escoria conforme a la legislación vigente.

4. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.

El origen, crecimiento y formación de las plantas MAC se debe a la visión, esfuerzos y trabajo de don Ernesto Mejia Amaya y el soporte en el área administrativa de su hermano José Antonio Mejia Amaya.

En 1.964 se asocian los hermanos Ernesto y José Antonio Mejia, fundando la firma MEJIA AMAYA Y Cia Ltda., dedicada en un principio a vender repuestos automotores (especialmente partes eléctricas) y a realizar la distribución y reconstrucción de las baterías Icollantas, B.F. Goodrich. Adicionalmente continuó con el servicio de reparación de baterías.

En 1.965 la firma Mejia Amaya produce baterías completas con la marca Mejia Amaya.

Actualmente MAC S.A. produce un promedio de 170.000 baterías – mes, con una capacidad instalada de 180.000 baterías – mes y tiene autoabastecimiento de sus principales materias primas: Plomo metálico y material plástico, el cual se produce en la planta de MAC del pacifico (Parque sur, en el municipio de Villarrica).

La producción de las plantas MAC, además de las baterías automotrices, se complementa con baterías estacionarias, baterías para moto, placas para baterías de moto, plomo metálico, oxido de plomo y conjuntos de polipropileno para batería.

Las plantas MAC, tienen sus instalaciones industriales en la zona de Acopi Yumbo en la calle 10 No. 35 – 265, con un área total de 27.300 m², de los cuales 15.000 m² están construidos y en donde laboran 380 empleados y en el departamento del Cauca, en el kilómetro 24 vía Santander de Quilichao esta ubicada la planta MAC del Pacifico, en el parque industrial “parque sur” en el municipio de Villarrica con 40 empleados.

4.1. MAC S.A. EN LA ACTUALIDAD.

Misión: La razón de ser de MAC S.A. es proveer a la sociedad los bienes y servicios derivados de sus actividades, con los mas grandes estándares de productividad, cumplimiento, cobertura y honestidad, utilizando la mejor tecnología, en un ambiente de trabajo participativo que permita el desarrollo integral de todos sus colaboradores y los rendimientos económicos esperados por sus accionistas, clientes y proveedor.

Para esto centralizara sus esfuerzos en lograr y mantener los altos estándares de producción y operación, que le permitan garantizar su liderazgo en calidad, servicio y precio, trabajando en un ambiente participativo y haciendo énfasis en la necesidad de orientar toda su actividad hacia la consolidación de un desarrollo sostenible que respete y preserve el medio ambiente y las relaciones con la comunidad.

MAC S.A. tiene una política de comercialización exterior que se basa en el control de calidad de todo despacho, lo mismo que en la capacitación del personal más sobresaliente de sus filiales.

Visión: MAC S.A. es una organización de capital colombiano con intereses comerciales globales, que produce y comercializa acumuladores eléctricos a través de sus propias redes comerciales y de terceros, ofreciendo productos y servicios de optima calidad a precios internacionalmente competitivos.

MAC S.A., a través de sus esfuerzos propios y mediante alianzas estratégicas, será antes del año 2.000 la empresa líder en producción, ventas y servicios dentro de su sector en el área geográfica del pacifico andino.

Objetivos Estratégicos: La organización se orienta hacia la búsqueda de los siguientes objetivos:

- ✓ Hacer de MAC S.A. un solo ente corporativo, en el cual se diseñen, desarrollen y evalúen políticas que cubran la operación total de la empresa, para que su manejo organizacional sea coherente y uniforme y que estas sirvan de base para que en la empresa se genere y mantenga un feliz sistema de comunicación, que permita una dirección clara y efectiva.
- ✓ Contar con una planta de colaboradores capacitada, comprometida, efectiva y honesta, que logre altos niveles de satisfacción personal, con un verdadero ideal del servicio al cliente y que tenga interés en superarse constantemente.
- ✓ Consolidar la imagen de MAC S.A. como líder en la protección del medio ambiente, el desarrollo sostenible y la innovación de tecnología constante.
- ✓ Conocer los esfuerzos productivos para alcanzar una clara ventaja competitiva, con base en un liderazgo marcado en productividad, calidad y costos bajos, que permita ofrecer a los mercados bienes y servicios de alta calidad, a precios competitivos y en la oportunidad adecuada.
- ✓ Diferenciar positivamente nuestros procedimientos de mercadeo de bienes y servicios, de manera que logremos involucrar un sello de identidad en

todos ellos, para establecer de una manera inequívoca una clara diferenciación con aquellos sustitutos que el mercado pueda ofrecer.

- ✓ Fortalecer y especializar las infraestructuras de servicio de todas nuestras áreas de actividad, de manera que la sola venta de estos garantice la subsistencia de los negocios y así permitir que los productos que se coloquen en el mercado agreguen valor de forma complementaria.²

Política Ambiental: En MAC S.A., planta productora de baterías plomo-ácido, todo el personal está comprometido a realizar sus funciones en forma responsable con el Medio Ambiente, la Salud y la Seguridad; cumpliendo la Legislación Nacional vigente y mejorando continuamente los procesos, productos y servicios para prevenir los impactos ambientales negativos sobre el entorno, trabajando en un marco de desarrollo sostenible.

La compañía trabaja con los siguientes principios:

- Buscamos constantemente optimizar el diseño y desarrollo de los productos, procesos y empaques para hacer más eficiente el uso de las materias primas y los recursos naturales.
- Sensibilizamos y capacitamos permanentemente a nuestro personal para que desarrollen buenas prácticas ambientales, tanto en el lugar de trabajo como en su hogar.
- Establecemos canales de comunicación sobre temas ambientales a todos los niveles de la organización, con los proveedores, entes gubernamentales y con las demás partes interesadas.
- Incorporamos nuevos sistemas para prevenir y controlar los impactos ambientales de las baterías, desde su proceso de fabricación, durante su utilización, hasta la recolección al final de su vida útil y posterior reciclaje para recuperar sus partes, convertirlas en materias primas y nuevamente en producto terminado.
- Prevenimos, reducimos y controlamos los impactos ambientales como parte del trabajo diario.

²MAC S.A. 40 años. Una generación con energía. Santiago de Cali, MAC S.A. 1998. 60 p.

- Minimizamos los vertimientos y emisiones del proceso productivo y realizamos un tratamiento de residuos bajo el concepto de reducción en la fuente, reutilización y reciclaje.³

ISO 14000 es un conjunto de normas que fueron creadas en un esfuerzo por armonizar el medio ambiente y la industria en todo el mundo. Dentro del conjunto de normas se encuentra la Norma ISO 14001, con la cual las Compañías certifican su Sistema de Gestión Ambiental.

MAC S.A. obtuvo la certificación ISO 14001 en Octubre del 2000, con la firma BVQI.

Algunas ventajas entre otras de la certificación ISO 14001 son las siguientes:

- Reduce los impactos sobre el medio ambiente.
- Facilita el cumplimiento de la legislación ambiental.
- Permite cumplir con las exigencias de los consumidores.
- Mejora la utilización de los recursos.
- Reduce los costos de producción.
- Mejora la imagen de la Empresa ante la comunidad y los organismos gubernamentales.
- Brinda a la organización un reconocimiento internacional.
- Incentiva la conciencia ambiental entre los empleados.
- Incrementa la competitividad.
- Aumenta la confianza.

Uno de los programas ambientales que dispone la Compañía, es la recolección y reciclaje de baterías de desecho, para lo cual se tienen una red con más de 55 puntos de acopio en todo el país.⁴

³ La energía no se destruye, se recicla. [en línea]. Santiago de Cali. MAC SA. 2000 [consultado 11 de Mayo, 2005]. Disponible en Internet: http://www.mac.com.co/gesam_laenergia.html

⁴ *Ibíd.*, p. 25

4.1.1. Proceso de obtención de una batería nueva desde la recolección de baterías chatarra.

Figura 1. Diagrama de flujo a partir del reciclaje de plomo por medio de las baterías chatarra.



Fuente. La energía no se destruye, se recicla. [en línea]. Santiago de Cali. MAC SA. 2000 [consultado 11 de Mayo, 2005]. Disponible en Internet: http://www.mac.com.co/gesam_laenergia.html

Recolección de baterías: Las baterías de desecho son recolectadas en nuestros centros de acopio para luego ser llevadas a la planta de reciclaje, donde se dispone de un sitio de almacenamiento (Figura 1).

Triturado: Las baterías de desecho son conducidas por una banda transportadora hacia el molino de martillo, donde se trituran y separan en sus componentes principales: plástico, óxido y sulfato de plomo, plomo, plomo metálico y agua ácida.

Peletizado: Los desechos de plástico triturado son lavados y secados para convertirlos nuevamente en polipropileno.

Inyección: A través de las más sofisticadas inyectoras de colada caliente, el polipropileno se usa en la fabricación de cajas, tapas para cubiertas y accesorios de las nuevas baterías.

Planta de tratamiento: El agua ácida es tratada para ser usada nuevamente en el proceso liderando la cultura de cero vertimientos.

Fundición: El plomo resultante es fundido en un horno rotatorio, que reduce el óxido y se obtiene plomo con 98% de pureza.

Refinación: En los crisoles de plomo se trata mediante la adición o eliminación de ciertos metales, hasta obtener plomo puro o aleaciones de plomo – calcio, plomo – plata y plomo – antimonio.

Rejillas: El contenido de selenio, calcio y plata y su diseño especial, permite que las rejillas sean maleables y se minimice el consumo de agua, además de tener mínima resistencia eléctrica y mayor resistencia a la corrosión.

Oxido de plomo: Por medio de los más altos estándares de control y equipos automatizados, se garantiza la calidad y consistencia del plomo, base de las nuevas baterías.

Empaste: Las rejillas pasan por una empastadora automática de pasta de óxido de plomo y posteriormente llegan a un horno donde son secadas y curadas.

Ensamble: Una vez se obtienen todas las piezas que conforman las baterías, son reunidas por medio de una máquina que las ordena por grupos, las inserta en las cajas y las conecta, posteriormente son selladas térmicamente.

Llenado: Después de termosellado a las baterías se les agrega el electrolito y se dejan en reposo con el fin de reducir la temperatura interna.

Carga: Las baterías entran a la sección de carga, donde mediante un sistema computarizado se les suministra la carga exacta.

Terminado: Después de superar todas las pruebas y controles de calidad internacional, las baterías son etiquetadas y empacadas.

Despachos: Las baterías son enviadas a la bodega de despachos para su correcta distribución.

Bodegas locales: Estas baterías son distribuidas a todos los puntos de venta del país.

Bodegas de exportación: Estas baterías son despachadas hacia los diferentes mercados de Latinoamérica.

Energiteca: En las energitecas del país, los clientes pueden adquirir su batería nueva y entregar la vieja, que posteriormente se trasladara a la planta para reciclada.

-Una vez terminado el análisis de ciclo de vida del producto se conocen los componentes de una batería plomo – ácido.

Las principales partes de un acumulador de energía son:

Rejillas: Armazón (rejilla) que sirve para los materiales activos; conducen la corriente. Están hechas de una mezcla de plomo, calcio, plata, estaño, que crean una aleación que le suministra características específicas a la rejilla. “Desempeñan también la misión de distribuir la corriente uniformemente en toda la placa”.

Placas: Compuestas por rejillas, impregnadas de una pasta o material activo. Esta pasta es una mezcla de oxido de plomo con otros elementos químicos.

Placas positivas: Compuestas de peróxido de plomo (PbO_2), que es un material cristalino de color marrón oscuro, constituido por partículas muy pequeñas y de alta porosidad para que el electrolito penetre libre mente en el interior de las placas.

Placas negativas: Compuestas por plomo esponjoso de color gris pizarra, en el que penetra libremente el electrolito, haciendo esponjar las placas, con lo que crece el área eficaz de las mismas, aumentando el rendimiento.

En estas placas se emplean en pequeñas cantidades, sustancias difusoras o expansoras para impedir la contracción y solidificación del plomo esponjoso, con lo que perdería capacidad y vida la batería

Separadores: El objetivo primordial de los separadores es impedir el contacto metálico entre las placas de polaridad opuesta. Al mismo tiempo, permiten la conducción electrolítica libre.

Entre los principales separadores están los de PVC, sobres de polietileno, plásticos microporosos, películas de celulosa, telas de dynel o vinyon, fibra de vidrio y materiales de vítreos porosos.

Los separadores son colocados en las baterías de 3 maneras: en forma de placas, en forma de sobres y en forma de sobres envolventes.

Electrolito: En las baterías plomo – ácido, es una solución de ácido sulfúrico en agua desmineralizada o desionizada en una proporción de 36 partes de ácido por 64 partes de agua. Su función es servir como medio conductor de energía, entre los componentes internos de la batería.

Caja de la batería: Recipiente que contiene el electrolito y elementos conductores de la corriente. La caja y la cubierta están fabricadas en polipropileno.

Tapón respiradero: Debido a que una batería plomo – ácido libera hidrógeno ($H_{2(g)}$) durante una carga, la carga no es completamente sellada. Las baterías poseen un respiradero en los tapones o en la cubierta que liberan al exterior dicho gas, y el vapor del ácido sulfúrico se condensa a los lados de los orificios llenando de nuevo la batería.

Accesorios complementarios: Se hace mención a los conectores de plomo, conjuntos de placas positivas y negativas, caja cubierta y tapones de seguridad.^{5 - 6}

⁵ La energía no se destruye, se recicla. [en línea]. Santiago de Cali. MAC SA. 2000 [consultado 11 de Mayo, 2005]. Disponible en Internet: <http://www.mac.com.co/gesam/laenergia.html>

⁶ MAC S.A. fundación. Manual de mantenimiento y servicio técnico de baterías. Componentes de una batería tipo plomo – ácido. Santiago de Cali. MAC S.A. 2001. 50 p.

5. MARCO TEORICO.

5.1. PROCESO DE FUNDICIÓN DEL PLOMO.

Para la preparación de la carga con el material aportante se lleva acabo el siguiente procedimiento.

Tara de la Retroexcavadora: Se toma la retroexcavadora y se pesa en la báscula. El valor registrado corresponderá a la tara empleada en el pesaje del material aportante. Tener en cuenta todas las condiciones de seguridad y operación del equipo.

Pesaje del Material Aportante Húmedo: Llene la pala de la retroexcavadora con el material aportante que se va a pesar según el programa de producción establecido, pese la retroexcavadora cargada, imprima el resultado (Peso bruto, peso neto material aportante, turno, operario y supervisor) y luego deposite el material aportante en el bunker de homogenización. Repita esta operación hasta completar una cantidad aproximada a la cantidad mínima requerida de acuerdo al tipo de material aportante que se está trabajando. Esta cantidad corresponderá al peso del Material aportante pesado húmedo, material aportante húmedo, al que se le debe descontar la humedad presente para que sea correspondiente con los valores establecidos.

Determinación del Material Aportante Seco a reportar: La cantidad de material aportante efectiva (seco) a reportar que se utiliza para el cálculo de las cantidades de las demás materias primas que conforman la carga la humedad del material aportante, se determina pesando una muestra representativa del material de aproximadamente 20 gramos usando una balanza de humedad como con la que se cuenta en el área de empaste de la compañía.

Determinación de las Cantidades de Fundentes: De ésta norma se encuentran especificados los porcentajes de cada uno de los fundentes necesarios el tipo y cantidad de material aportante pesado seco. Para determinar las cantidades exactas se cuenta con un programa de computador en la oficina del área el cual realiza el cálculo en forma automática. En caso de alguna anomalía o no disposición del programa, el cálculo se puede realizar de forma manual.

Peso de los Fundentes: Realice el pesaje de cada uno de los fundentes de acuerdo al cálculo hecho, según sea el caso. Se acepta un margen de tolerancia en las cantidades comprendido por los porcentajes mínimos y máximos que se encuentran. No se aceptan cantidades por fuera del rango.

Homogenización de la Carga: Deposite todos los fundentes pesados en el bunker de homogenización junto con el material aportante. Mezcle todos los materiales hasta obtener una mezcla en la que los fundentes se encuentren uniformemente distribuidos en el total de la carga utilizando la retroexcavadora. La carga no debe contener elementos duros o pesados como ladrillos, baterías o yumbos de plomo que puedan dañar internamente el refractario del horno.

Cargue del Horno: Para el cargue del horno se debe instalar la góndola o cuchara de cargue a la montacargas del área. La góndola se encuentra junto al bunker de homogenización. Cuadre la góndola o cuchara y verifique que quedó bien instalada en la máquina.⁷

AREA DE FUNDICIÓN DEL PLOMO

Después de dosificarse las cargas se debe pesar las materias primas. Dado que,

- Permite dar una mayor confianza sobre el producto a obtener.
- No genera sobrecostos.
- Facilita las operaciones de colado.

Debe efectuarse con:

- Registro de todos los datos (el registro lo manejan los supervisores del área de metalurgia).
- Información veraz y oportuna.
- Reporte de observaciones ante variaciones al proceso (tiempo, consistencia de escoria, etc.).

Carga de hornos: Se debe cargar la cantidad formulada.

- CARGA BAJA: Incremento en el costo/kg. plomo sobre consumos de oxígeno y gas (m³).
- CARGA ALTA: (plomo metálico): Puede deteriorar el sistema de rodamientos del horno y saturación.

⁷MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali. MAC S.A. 2002. 20 p.

Reacciones dentro del horno y variables de control:

- Se generan aproximadamente 33 reacciones químicas conocidas con compuestos gaseosos (CO_2 , CO principalmente), se identifican fácilmente por el burbujeo en la superficie.
- El final de la reacción se caracteriza por el cese en la formación de gases (la superficie debe estar totalmente lisa).

5.1.1. Efecto de materias primas (fundentes), en los hornos.

HIERRO: Remueve el azufre formando sulfuro y óxido de hierro (FeS y FeO).

ANTRACITA: Remueve el elemento oxígeno de los óxidos y los sulfatos formando monóxido y dióxido de carbono (CO y CO_2).

CARBONATO DE SODIO: Actúa como fundente. Participa en la remoción del azufre formando sulfuro de sodio (Na_2S).⁸

Etapas.

NOTA: Las etapas que se realizan dentro del horno rotatorio son controladas por un CONTROLADO LOGICO PROGRAMABLE (**PLC**) el cual nos muestra variables como: temperatura, presión de gas y oxígeno, nivel de los tanques de oxígeno, apertura del damper, flujo de gas y de oxígeno.

Primer Cargue: Diríjase al bunker de mezclado y permita que la retroexcavadora llene totalmente la góndola de cargue con la carga preparada.

Verifique que las condiciones de operación del horno sean correspondientes con las especificadas para Cargue 1. La góndola de cargue debe estar llena y compacta, sin montículo de material que se pueda derramar.

Abra la puerta del horno y diríjase directamente hacia ella. Introduzca la góndola completamente y empieza a girarla cada 90 grados hasta que de una vuelta completa. La góndola debe entrar siguiendo el eje o centro del horno.

⁸ MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali. MAC S.A. 2002. 20 p.

No debe tener contacto con el ladrillo refractario de la boca de carga que se encuentra caliente y así evitar el daño al ladrillo refractario.

Retírese del Horno y permita que cierren la puerta. Repita los pasos hasta que se complete la cantidad correspondiente al primer cargue que usualmente varía entre 8 y 10 góndolas dependiendo del material aportante y previniendo no ocasionar derrame del material. Se debe mantener la puerta del horno el menor tiempo posible abierta.

Primera fusión: A continuación se ajustan los flujos y rotación del horno para iniciar el proceso de Fusión 1. Nuevamente verifique que las condiciones de operación del horno sean correspondientes con las especificadas para ésta etapa. Durante la hora que dura el proceso de Fusión 1, el volumen de carga dentro del horno disminuye y se puede realizar el cargue del material faltante (Anexo A).

Segundo Cargue: Una vez finalizada la primera fusión se ajustan las condiciones de operación para el Cargue 2 y se procede a realizar el segundo cargue de manera similar al descrito para el Cargue 1. El tiempo transcurrido entre el primer y segundo cargue del horno no debe ser superior a 90 minutos.

Segunda Fusión: Completado el Cargue 2 se da inicio a la etapa de proceso de Fusión 2. Deje fundir el material dentro del horno hasta que se complete el tiempo de proceso estimado para cada material aportante. Durante cada etapa se debe llevar un registro horario de las condiciones de operación. Una vez cumplido el tiempo de proceso para la Fusión 2 se procede a colar la carga. Se debe tener en cuenta criterios cualitativos (carga totalmente fundida y sin burbujeo, superficie en calma o plana y sin volcanes) para asegurarse que se hayan completado las reacciones y se puede iniciar el proceso de colado (Anexo A).

Colado de la Carga: Ajuste las condiciones para el proceso de colado. Detenga el giro del horno y proceda a retirar la cruceta de la piqueta para permitir la salida de la escoria y el Plomo crudo producido. No olvide usar todos los elementos de protección durante esta operación. La apertura de la piqueta se hace con ayuda de una porra y un cincel. En caso de no ser suficiente se hace uso de una lanza de oxígeno empleando un tubo galvanizado de ½ " x 6 m., y una conexión a la línea de oxígeno más cercana al horno.

Colado de Escoria: Inicie el colado de la escoria en las lingoteras y una vez se ha retirado totalmente este material, tome una muestra de escoria introduciendo una barra previamente calentada, ésta muestra se debe tomar a cada colada y se debe marcar especificando Fecha, Turno, # de Colada, Nombre del operario, supervisor de turno, y se debe llevar al laboratorio para que se analice y monitorear que el contenido de metales y el grado de acidez se encuentren dentro

de los valores permitidos. Ubique las lingoteras en el área designada para su enfriamiento y posterior desmolde en el bunker de escoria.⁹

Dosificación de Cargas.

Cada uno de los elementos debe agregarse en la medida precisa, esto ocasiona alta y bajo contenido de:

BAJO HIERRO:

- Baja remoción del azufre.
- Escoria pesada.
- Bajo rendimiento de plomo.

ALTO HIERRO:

- Dificultad para fundir la carga.
- Incremento en los tiempos de proceso.
- Mayor generación de escoria.
- Dificultad para extraer la escoria del horno.

BAJA ANTRACITA:

- Baja reducción del óxido de Plomo y sulfato de plomo a plomo metálico.
- Incrementos de los tiempos de proceso.
- Bajo rendimiento de Plomo.
- Mayor generación de escoria.

ALTA ANTRACITA:

- Mayor generación de escoria debido a su concentración.

⁹Aseguramiento de calidad. Instructivo de proceso. Santiago de Cali: MAC S.A. 2000. 10 p.

- Menor rendimiento de plomo.

BAJO CARBONATO DE SODIO:

- Dificultad para fundir la carga.
- Incremento en los tiempos de proceso.
- Escoria poco fluida.
- Bajos rendimientos de Plomo.

ALTO CARBONATO DE SODIO:

- Incremento significativo en el costo/kg Plomo
- Leve incremento en generación de escoria.
- Retarda los ciclos de operación.
- Incremento en los tiempos de proceso.¹⁰

6. ASPECTOS INTERNACIONALES.

ECOTOXICIDAD DE LAS ESCORIAS DEL RECICLADO DE BATERÍAS

El residuo proveniente del proceso de reciclaje de baterías de plomo produce escorias de plomo. Estas escorias, químicamente activas, pierden su actividad con el tiempo dando lugar a unas escorias más estables, escorias viejas. Las escorias tienen bajo contenido en humedad y presentan una coloración parda oscura debido a sulfuro de hierro de color negro. El Fe (II) se oxida fácilmente al Fe (III) cuando las escorias se almacenan al aire libre. Se realizó una valoración de la ecotoxicidad de los lixiviados producidos por la escoria generada en el proceso de reciclaje de plomo de baterías usadas (B. Coya, E. Marañón, H. Sastre de la Universidad de Oviedo).

¹⁰ MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali. 2002. 20 p.

Las escorias almacenadas temporalmente en depósitos al aire libre pierden sus componentes solubles y se estabilizan. Se evaluó la ecotoxicidad de las mismas después de un período de seis meses. Los tests fueron realizados con el Procedimiento de Extracción - EP (USA Environmental Protection Agency EPA, Solid Waste Leaching Procedure Manual SW-924, 1985).

Dentro de los métodos de caracterización de Residuos Tóxicos y Peligrosos, el ensayo de bioluminiscencia de *Photobacterium phosphoreum* es uno de los aceptados internacionalmente para la determinación de la toxicidad de lixiviados, considerando que un residuo es tóxico si su lixiviado presenta un EC50 (15 min., 15°C) 3000mg/L. La Ecotoxicidad se expresa como EC50, concentración efectiva media que representa la concentración de la sustancia en agua que se estima que causa una disminución de un 50% de la luz emitida por las bacterias expuestas a esa concentración. Otra forma es mediante Unidades de Toxicidad (UT) que se calculan como el inverso de la EC50, expresada ésta en tanto por ciento. Se considera tóxica cuando el valor de toxicidad en UT es mayor de 3.3.

Se tomaron varias muestras de escoria y se sometieron al ensayo de lixiviación con agua para posteriormente determinar la ecotoxicidad por el método de bioluminiscencia, así como el contenido de metales pesados. La muestra de escoria reciente resultó ecotóxica de acuerdo a la legislación vigente, mientras que las muestras con un período de almacenamiento de seis meses no resultaron ecotóxicas, ya que en todos los casos el valor de la EC50 fue superior a 3000mg/L. Se comprobó una relación directa entre el contenido de hierro, plomo y el valor de ecotoxicidad. Sin embargo, la conclusión más importante es la clara relación que existe entre el tiempo de almacenamiento de las escorias y la ecotoxicidad. Debido a la lixiviación de los carbonatos metálicos solubles, las escorias almacenadas durante un tiempo suficiente pierden su carácter ecotóxico. El tiempo necesario de almacenamiento dependerá de las condiciones climatológicas, y los aportes de agua de distintas fuentes¹¹.

6.1. ECOTOXICIDAD DE AGUAS Y LIXIVIADO.

TOMA DE MUESTRAS Y CONSERVACIÓN.

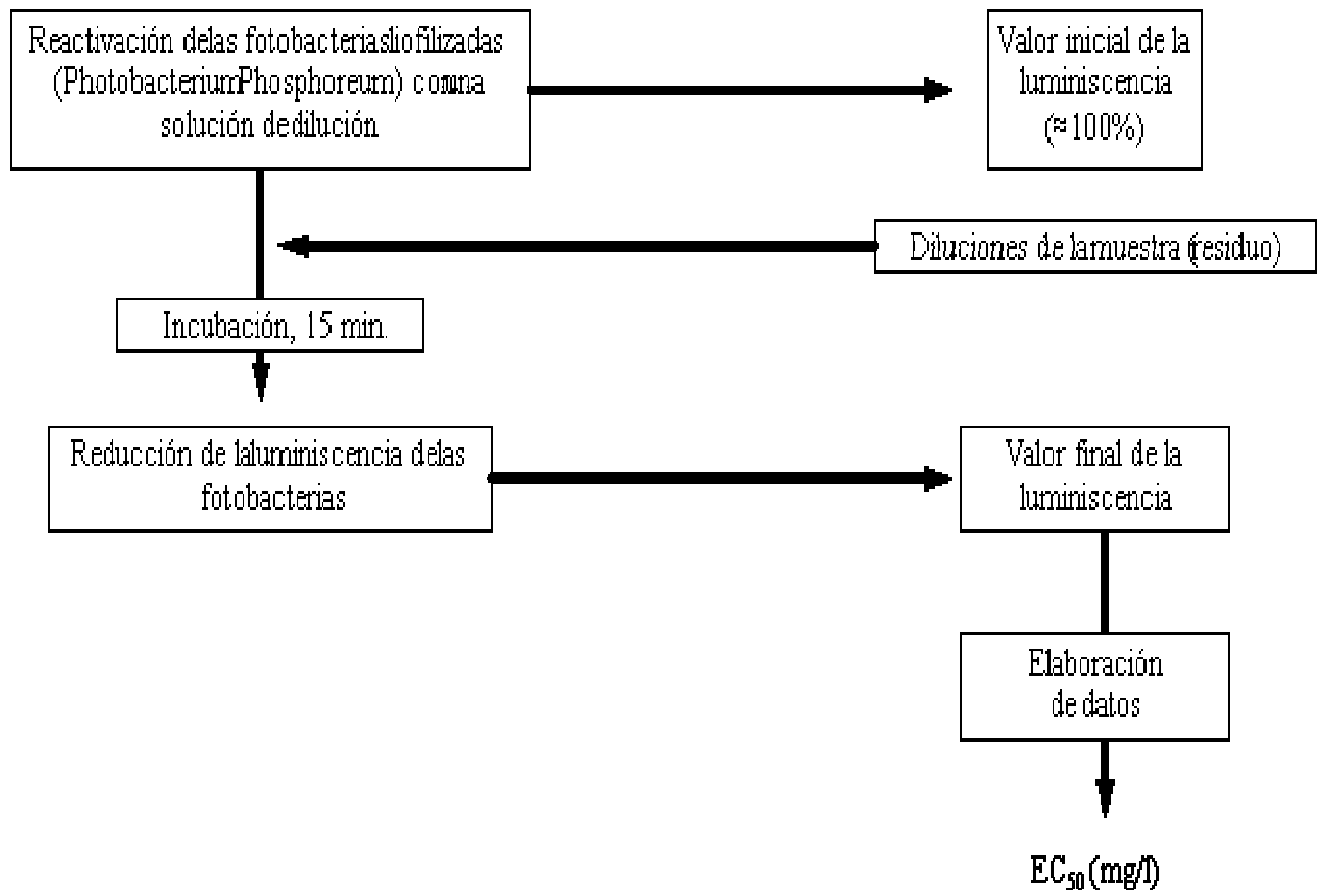
La forma de obtener información del efecto de las sustancias tóxicas sobre el medio ambiente y los ecosistemas es viendo el impacto producido sobre un ser vivo.

La ECOTOXICIDAD estudia los efectos tóxicos producidos por los agentes físicos y químicos sobre los seres vivos.

¹¹ Marañón, Eugenio. Ecotoxicidad de aguas y Lixiviado [en línea]. Madrid: Ecotoxicidad, 1999. [consultado 08 de junio, 2005]. Disponible en Internet: <http://www.aidisar.org/ecodirsa10.html>

El test de Ecotoxicidad consiste en observar la inhibición de la luminiscencia de un cultivo de bacterias bioluminiscentes como consecuencia de la presencia de productos tóxicos (Figura 2).

FIGURA 2. Esquema del procedimiento seguido en el bioensayo de Luminiscencia realizado en España.



Fuente: Maraño, Eugenio. Ecotoxicidad de aguas y Lixiviado [en línea]. Madrid: Ecotoxicidad, 1999. [consultado 08 de junio, 2005]. Disponible en Internet: <http://www.aidisar.org/ecodirsa10.html>

PARÁMETRO MEDIDO: EC (50)

Norma Análisis Española: UNE-EN ISO 11348-2

Otra Normas: NVN 6516, DIN 38412, AFNOR T90-320

Orden Ministerial de 13 de Octubre de 1989 (BOE, 1989) en la que se definen los métodos de caracterización y evaluación de la toxicidad de un residuo.

TOMA DE MUESTRAS Y CONSERVACIÓN

La toma de muestras se realizó en recipientes de vidrio o plástico¹².

No adicionar conservantes, ácidos u otras sustancias que puedan modificar el pH de la muestra.

Volumen de muestra que se necesita: 200 mL.

Conservación de la muestra a baja temperatura.

6.1.1. Desechos contaminados con plomo. La tercera tendencia es que, a medida que las regulaciones en los Estados Unidos se tornan más severas y hacen cada vez más difícil disponer de escoria de plomo y de otros desechos contaminados con plomo ese país, aumentan las ofertas de plomo en el exterior. Estos desechos son generalmente presentados como materia prima útil para el reciclado y la construcción de viviendas y carreteras. De hecho, estos desechos son altamente tóxicos. Pequeñas dosis de plomo pueden afectar negativamente muchos órganos vitales y causar problemas de comportamiento y aprendizaje en los niños, mientras que una prolongada exposición a tales desechos puede causar daños al sistema nervioso central y al periférico.

En mayo de 1990 los ministerios guatemaltecos de economía y de minería habían dado su aprobación a una compañía local para la importación de alrededor de 245.000 toneladas métricas de escoria de plomo de una firma estadounidense que aparece en un documento bajo el nombre de “Bell Medical Corporation” y como “Southern Medical and Surgical, Inc.” en otro. La escoria sería triturada y utilizada como grava para el afirmado de carreteras y vías ferroviarias o para ser mezclada con asfalto en la construcción de carreteras.¹³

¹² Actualmente baterías MAC S.A. no realiza este tipo de toma de muestras debido a que no se realizan prácticas de bioluminiscencia.

¹³ Marañón Eugenio, Op cit, pag 35.

Fecha: Mayo de 1990.

Tipo de desecho: Escoria de plomo.

Origen: Estados Unidos

Exportador: Bell Medical Corporation

Destino: Afirmado de carreteras y vías ferroviarias.

Estado actual: Rechazado.

6.1.1.1. Manejo y disposición de las escorias resultantes del proceso de fundición de Plomo. El gobierno de las Filipinas no permite la eliminación de residuos de hornos de fundición en los vertederos sanitarios. De hecho, no existe ninguna instalación para la eliminación definitiva de residuos industriales en ninguna de las islas. Si bien la compañía *Philippine Recyclers, Inc. (PRI)*, la fundición secundaria más grande de las Filipinas, ofrece almacenamiento intermedio y aprobado por el gobierno para la escoria de fundición en sus instalaciones, la eliminación definitiva de estos residuos hasta ahora ha representado un desafío por resolver.

La mayoría de la escoria de fundición producida en países pertenecientes a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) es una fuente valiosa de lechos de grava y lastre para carreteras. No obstante, hasta la fecha, este mercado no ha estado abierto a la industria del plomo secundario de las Filipinas debido a la inestabilidad de los residuos de fundición. Por consiguiente, la compañía (PRI) se vio obligada a considerar métodos alternativos de utilización y eliminación de los residuos ante la ausencia de un vertedero adecuado.

El Sr. Edmundo Ezquerro, ingeniero de proceso y medio ambiente de (PRI), ideó una fórmula especial de cemento para las piedras y ladrillos de pavimentación a base de escoria que permite inhibir el lixiviado de plomo residual y para fomentar su asentamiento rápido, su resistencia y estabilidad. La fórmula actual ha pasado las pruebas del procedimiento de lixiviado de la toxicidad (TCLP - Toxicity Characteristic Leaching Procedure) para el plomo y otros metales. A la escoria encapsulada se le dio la forma de piedras y ladrillos ornamentales para pavimentación. Posteriormente, se utilizaron estos materiales para crear un pequeño parque con jardín en la parte posterior de la fundición de (PRI).

Para el segundo proyecto de recuperación de (PRI), se creó un singular método de separación neumática por gravedad para segregar la goma dura no metálica y el cloruro de polivinilo (PVC) y los separadores de papel de las baterías industriales trituradas y desintegradas. (PRI) tiene la intención de emplear parte de la goma dura como agente reductor en el proceso de fundición o bien de vender el

resto a la industria del cemento como combustible para los hornos de cemento. Se recuperarán las fracciones de polipropileno y PVC para volver a utilizarlas como armazones y separadores para baterías. De esta manera, resta solamente eliminar definitivamente o incinerar en los hornos el papel y los separadores de polipropileno.

Este proceso de separación es un procedimiento importante para numerosas fundiciones de plomo secundario en el Asia, ya que en el oriente todavía se utiliza la goma dura a gran escala como material resistente para armazones, y es difícil separar por completo del material más valioso para armazones de polipropileno utilizando únicamente métodos tradicionales de hidroseparación para la desintegración de baterías.

Actualmente, (PRI) está diseñando una unidad industrial completa que se instalará y se pondrá en servicio en la localidad de Bulacan, después de lo cual comenzarán los trabajos en pleno para despejar un amontonamiento inmenso de materiales de desecho triturados provenientes de la desintegración de baterías en los últimos años.¹⁴

¹⁴ Ezguerra, Edmundo. Manejo y disposición de escorias de Plomo [en línea]. Filipinas. 2000. [consultado 29 de Abril, 2005]. Disponible en Internet: http://www.ilmc.org/news_span_pdf/newscast8.pdf

7. MARCO LEGAL.

Resolución #00189

REGULACIONES PARA IMPEDIR LA INTRODUCCION AL TERRITORIO NACIONAL DE RESIDUOS PELIGROSOS.

Artículo 1: DEFINICIONES

Residuo: Cualquier objeto, material, sustancia o elemento, en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa. Que no tiene valor de uso directo y que es descartado por quien lo genera.

Residuo peligroso: Aquel que por sus características, infecciosas, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas puede causar daño a la salud humana o al medio ambiente.

Residuo tóxico: Aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana, animal o vegetal y al medio ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos que se clasifican de acuerdo a los criterios de toxicidad con efectos agudos, retardados o crónicos o ecotóxicos, aquellos que contienen una o más de las sustancias, elementos o compuestos que están presentes en la lista No 1.

Residuo combustible. Se entiende por residuo combustible, aquel que puede arder por acción de un agente exterior, como chispa o cualquier fuente de ignición y que contiene sustancias, elementos o compuestos que, al combinarse con el oxígeno son capaces de generar energía en forma de calor, luz, dióxido de carbono y agua, y tienen un punto de inflamación igual o superior a 60 °C, e inferior a 93 °C.

Residuo inflamable. Se entiende por residuo inflamable, aquel que puede arder en presencia de una llama o una chispa bajo ciertas condiciones de presión y temperatura y presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser gas y que a 20 °C y a una presión de una atmósfera arda en una mezcla igual o menor al 13 % del volumen de aire.
- Ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60 °C, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24 grados de alcohol en volumen.

- Ser un sólido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25 °C y una atmósfera de presión, producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas, quemar vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego.
- Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y como resultado estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

Residuo explosivo. Se entiende por residuo explosivo las sustancias o mezcla de ellas que son capaces por sí mismas y mediante una reacción química, de emitir un gas a una presión que pueda ocasionar daño a la salud humana y al ambiente y presenta una de las siguientes propiedades:

- Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua.
- Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25 °C y una atmósfera.
- Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

Residuo radiactivo: Se entiende por residuo radiactivo, cualquier material que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva por unidad de masa superior a 70 k Bq / kg (setenta kilo Bécquer Helios por kilogramo) ó 2 nCi / g (dos nanocuries por gramo), capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

Residuo volátil. Se considera que un residuo es volátil cuando:

- Tiene una presión de vapor absoluta mayor de 78 mm de mercurio a 25 °C.
- Tiene una constante de la ley de Henry igual o mayor a 10^{-5} atm³ / mol.

Residuo corrosivo. Se entiende por residuo corrosivo aquel que posee la capacidad de deteriorar o destruir tejidos vivos, degradar otros materiales y presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Que sea acuoso y tenga un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12,5
- Que sea un líquido y corroa el acero a una tasa mayor de 6,35 mm por año, a una temperatura de ensayo de 55 °C.

Residuo reactivo. Se considera residuo reactivo aquel que al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, pueda tener cualquiera de las siguientes propiedades:

- Ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar;
- Interactuar violentamente con agua.
- Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al medio ambiente cuando es mezclado con agua.
- Poseer, entre sus componentes, sustancias que por reacción liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al medio ambiente.
- Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.
- Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, agua o cualquier sustancia o elemento¹⁵.

7.1. CONVENIO DE BASILEA

CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN.

Basel Convention Series/SBC No: 99/001 (s)
Ginebra, Julio 1999

Artículo 2: Definiciones

A los efectos del presente convenio:

Por desechos se entienden las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se esta obligando a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.

Por manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos, se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar

¹⁵ Resolución # 00189. Regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos. Santiago de Cali: Ministerio de la Salud, 1994. 25 p.

que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos en el medio ambiente y salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

Por generador se entiende toda persona cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo o, si esa persona es desconocida, la persona que este en posesión de esos desechos los controles.

Por eliminación se entiende toda persona a la que se expidan desechos peligrosos u otros desechos y que ejecute su eliminación de tales desechos.

Artículo 4: Obligaciones generales

No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un estado o grupo de estados pertenecientes a una organización de integración económica y/o política que sean partes, particularmente a países en desarrollo, que hayan prohibido en su legislación todas las importaciones, o si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, de conformidad con los criterios que adopten las partes en su primera reunión.

Artículo 12: Consultas sobre la responsabilidad

Las partes cooperarán con miras a adoptar cuanto antes un protocolo que establezca las normas y procedimientos adecuados en lo que refiere a la responsabilidad y la indemnización de los daños resultantes del movimiento transfronterizo y la eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos¹⁶.

MANUAL DE INSTRUCCIONES CONVENIO DE BASILEA

Adoptado por la cuarta Reunión de la conferencia de las partes, Kuching (Malasia) Febrero de 1998

Serie Convenio de Basilea / SCB No: 98 / 003

Manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos

El objetivo del sistema normativo del convenio de Basilea es garantizar que los desechos peligrosos, y otros desechos se eliminen de forma ambientalmente racional, independientemente del lugar donde se haya de llevar a cabo la operación de eliminación. Para asistir a las autoridades competentes y a otros

¹⁶ Basel Convention Series. Control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos. Santiago de Cali. 1999. 55 p.

organismos en la evaluación y mejora del nivel de las operaciones de eliminación¹⁷.

Trafico ilícito

Con arreglo al artículo 9 del convenio de Basilea, todo movimiento transfronterizo de desechos peligrosos u otros desechos se considerara tráfico ilícito si:

Se realiza sin notificación de conformidad con las disposiciones del convenio de Basilea.

Se realiza sin consentimiento de conformidad con el convenio de Basilea.

El consentimiento se obtiene de los estados interesados mediante falsificación, falsas declaraciones o fraude.

- No corresponde a los documentos pertinentes en u aspecto esencial.
- Entraña la eliminación deliberada de los desechos peligrosos o de otros desechos en contravención del convenio y de los principios generales del derecho internacional.

¹⁷ Ibid., p. 44

8. METODOLOGÍA.

El trabajo se realizó en la empresa productora de baterías plomo ácido MAC S.A. En el área de metalurgia (fundición) de plomo, en dicha área se genera un residuo llamado escoria de plomo, el cual es producto de las materias primas (fundentes y material aportante), que se utilizan en las coladas en los hornos rotatorios. Se trabajaron 40 coladas (Anexo C)

A medida que se está fundiendo el plomo con una duración aproximada de 6 horas, se genera escoria de plomo la cual es retirada en sus respectivas lingoteras y luego es almacenada en el bunker de escoria durante 3 días.

Después de que la escoria está almacenada bajo condiciones ambientales adecuadas, se analiza determinando si cumple o no con los parámetros ambientales vigentes, se realizan análisis tanto internos como externos, el análisis interno es realizado en el laboratorio para determinar toxicidad mediante la técnica de TCLP, y el externo (contra muestra) es realizado por medio de la empresa análisis ambiental Ltda., bajo la misma técnica utilizando la metodología de la EPA.

Para dar cumplimiento con los objetivos específicos se llevaron a cabo los siguientes pasos:

8.1. CONOCER LAS VARIABLES DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DEL PLOMO.

- Se tomó nota de las variables del proceso por medio del PLC (programa lógico controlable) como son: temperaturas en los 4 compartimientos, flujo de gas y de oxígeno, apertura del damper, presión de aire, gas y de oxígeno. Todas las anteriores variables sirven para controlar las distintas etapas del proceso de fundición de plomo como son: cargue 1, fusión 1, cargue2, fusión 2 y así poder manejar con exactitud los tiempos en cada de las etapas.

8.2. REALIZAR PRUEBAS TCLP EN EL RESIDUO SÓLIDO RESULTANTE (ESCORIA).

- Antes de tomarse las muestras se tuvo en cuenta que las 2 primeras lingoteras tienen residuos de plomo o material aportante, por lo tanto se tomó la muestra a partir de la tercera lingotera. La escoria de Plomo sale totalmente fluida de color rojiza.

- Se tomaron diariamente 3 muestras de escoria con 3 barras de acero (piqueras), de distintas lingoteras. Para la toma de las muestras se utilizó casco para esmerilar y guantes de carnaza.
- Retiradas las muestras se deben dejar enfriar durante 45 minutos mínimo en un lugar aparte y aireado para evitar la contaminación en el área de fundición del Plomo.
- Después del enfriamiento se tomaron las 3 muestras y se homogenizaron para realizar el muestreo por el método de cuarteo.
- Las muestras de escoria de Plomo fueron trituradas (pulverizadas), con un mortero, posteriormente se pesaron 100g y para la medición de pH (pH metro Orión modelo 420A) se midieron 10g.
- Se trituró y tamizó la escoria de Plomo, se adicionaron 2 litros de agua desionizada con 11,4 mL de ácido acético glacial para que la escoria fuera lixiviada, agitándose durante 18 horas a 30 rpm.
- Terminado el proceso de agitación se separaron 100 mL de agua desionizada con escoria para ser centrifugada o filtrada durante 45 minutos aproximadamente.
- Apenas terminada la centrifugación se adicionaron 5 mL de ácido nítrico concentrado para digerir el plomo (SEPARACION DE METALES).
- Terminada la digestión del Plomo, inmediatamente se ubicó en un agitador magnético con una temperatura de 200 – 250 °C, durante una hora hasta que su volumen disminuyo hasta 50 mL, posteriormente se dejó enfriar 25 minutos. Observándose un color transparente con partículas de azufre.
- Luego que la muestra de escoria estuvo totalmente fría se filtró con papel rundfilter 595 para impedir el paso de impurezas.
- Una vez se obtuvo la escoria lixiviada a través de los procesos anteriormente empleados, se llevó la muestra al equipo de absorción atómica, para que el equipo por medio de un capilar indicara cuáles son los elementos que componen el lixiviado y cuántos mg/L tiene la muestra de escoria.
- En el laboratorio de la empresa se siguió el procedimiento^{18,19} para la obtención de la concentración del lixiviado leído en mg/L de Plomo.

¹⁸ Method EPA. Methods atomic absorption . 1992. 88 p.

- Condiciones instrumentales para la determinación del lixiviado de las escorias de plomo: se uso el método de absorción Atómica por aspiración directa, para la determinación de plomo se utilizó un espectrofotómetro PU 9100 marca Philips con las siguientes características: (Lámpara de plomo de cátodo hueco, longitud de onda, 217.0 nm; tipo de llama, aire-acetileno oxidante; sensibilidad, 0.08 mg/L; rango óptimo de trabajo, 1 – 20 mg/L).
- Todos los reactivos utilizados eran grado analítico, debidamente certificadas para trabajos en Absorción atómica: Agua grado reactivo con una conductividad menor de 16 mega ohm, ácido nítrico concentrado, ácido clorhídrico concentrado, solución estándar de referencia certificado por laboratorios internacionales de 1000 mg/L de plomo, con este estándar se prepararon por dilución cinco soluciones de concentración conocida.
- La Lectura de la muestra la realizó el Químico de la empresa (Germán Torres), siguiendo la siguiente metodología.
 - a) Se lavó el nebulizador aspirando agua que contenía 1.5 mL de ácido nítrico concentrado/L.
 - b) Se llevó a cero el instrumento.
 - c) Se atomizó la muestra y se determinó la absorbancia.
 - d) Se atomizaron los estándares al comienzo y al final de cada serie de mediciones, y a intervalos, si las series son de muchas muestras.
 - e) Se atomizó entre cada muestra, el estándar, y el blanco, para verificar la estabilidad. La exactitud de todas las determinaciones del lixiviado de Plomo de la escoria, sé controlo con la utilización del estándar de referencia certificado por laboratorios internacionales con una concentración de 1.000 mg/L de plomo.
- Al ser obtenido el resultado del lixiviado de la escoria de fundición del plomo, se envió una muestra al laboratorio de análisis ambiental y una contra muestra al laboratorio de calidad, para así tener un registro en la base de datos de la empresa sobre el lixiviado, y así establecer acciones correctivas y preventivas si el lixiviado se encuentra fuera de norma. A los 15 días la empresa Análisis Ambiental reporta los resultados, que ratifican si la escoria cumple con la legislación vigente.
- La escoria de Plomo después de analizada se guarda en una bolsa de plástico, con su respectivo código y nombre del supervisor de turno, en una caja abierta (L3540), para contar siempre con una contra muestra.

¹⁹ Method EPA. Lead (Atomic absorption, direct aspiration). 1986. 69 p.

8.3. REVISAR Y VERIFICAR CUMPLIMIENTO A LA FORMULACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS:

- Se revisó diariamente la formulación de las materias primas para así determinar que la carga era exacta y que componentes contenía. Al mismo tiempo se cumplió con la formulación exacta de las materias primas sin ser alterada por parte de los supervisores de turno.
- Se llevó un control y registro diario de pesaje, lingoteras de Plomo y escoria, baterías chatarras para triturar, de materias primas y de humedad en el material aportante.

8.4. CONOCER LA LEGISLACION NACIONAL E INTERNACIONAL PARA LA DISPOSICIÓN DEL RESIDUO:

- Para recopilar la información de legislación nacional e internacional para la disposición final del residuo. Se consultó en la base de datos y documentos que posee la empresa MAC S.A. (Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación, libro otorgado a los supervisores de calidad. Págs. 4 – 22. Fundación MAC S.A., Libro de MAC S.A. 40 años. Una generación con energía. Págs. 3 – 10. Fundación MAC S.A., Manual de mantenimiento y servicio técnico de baterías. Componentes de una batería tipo plomo – ácido. Capítulo VIII. Páginas 31 – 33. Apoyo técnico del centro de desarrollo automotor (CDA). Fundación MAC S.A., páginas en Internet de la empresa http://www.mac.com.co/gesam_laenergia.htm, además se consultó en la biblioteca de la Universidad Autónoma de Occidente y en las bases de datos de Internet como:
 - Norma 052. Aplica para residuos peligrosos: baterías gastadas y escorias.
 - <http://cidta.usal.es/cidta/Analisis/Ecotoxicidad/BOE270.PDF>
 - <http://www.epa.gov/epaoswer/general/espanol/pullout.pdf>
 - <http://www.encolombia.com/medioambiente/hume-ley979.htm>
 - <http://www.aidisar.org/ecodirsa10.html>

Luego esta información se organizó en tablas (Anexo B) (legislación ambiental de residuos sólidos), divulgando toda la información encontrada.

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL RESIDUO ESCORIA.

9.1. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL RESIDUO ESCORIA.

El histograma de todas las coladas indican que solo 3 de los resultados obtenidos se acercan a norma interna 2mg/L son: 1.92 mg/L, 2.1mg/L y 2.15 mg/L, mientras que 19 resultados están muy cerca del límite superior entre 4.04mg/L y 4.89mg/L, indicando que el plomo lixiviado no es el apropiado para disponer en el relleno sanitario de Navarro a pesar que se encuentra dentro de norma nacional. Debido a esto hay que tomar medidas preventivas y correctivas, teniendo en cuenta que 3 de los resultados se encuentran fuera de norma que son: 6.43mg/L, 8.6mg/L y 8.75mg/L (Gráfica 1).

En conclusión MAC S.A. se mantiene dentro de norma nacional encontrándose entre 3.5 y 4 mg/ L muy cerca del límite superior, esto se debe a que el proceso no es homogéneo y esta compuesto por diferentes tipos de coladas:

- PASTA + RIPIO
- PASTA + RIPIO + SCRAP
- **PASTA + RIPIO + GRUPOS (es la formulación más utilizada).**
- PASTA + RIPIO + LODOS DE EMPASTE
- PASTA + RIPIO + SCRAP + GRUPOS
- PASTA + RIPIO + DROSSES
- PASTA + RIPIO + DROSSES + SCRAP
- PASTA + RIPIO + GRUPOS + DROSSES
- PASTA + RIPIO + GRUPOS + DROSSES + SCRAP

Las otras coladas se realizaban dependiendo de cuanto material había disponible, debido a que no se encontraba mucho plomo en sus componentes. Además se debe contar que en todas las coladas no se tiene en cuenta el Plomo vertido en el suelo (25 Kg. a 35 Kg.), que cae por la ruptura de las lingoteras, este plomo vuelve al horno y así sucesivamente.

P + R + G: Este tipo de cargue es muy característico en MAC S.A., dado que del total (40 muestras) el 30.5 % pertenecen a este tipo y caen dentro de norma nacional, podemos notar que 2 de sus resultados se encuentran muy cerca de la norma interna 2 mg/L, lo cuál no quiere decir que sea malo sino que se ha querido

parametrizar (LIE, LSE). Se recomienda realizar más seguido este tipo de cargue, debido a que sus resultados con respecto a plomo lixiviado son más homogéneos, además la concentración de plomo en los grupos es abundante por ende este tipo de colada se debe realizar a diario (Gráfica 2).

La metodología utilizada en el análisis estadístico es la **capacidad de proceso o control estadístico de proceso**.

CP: Capacidad de proceso para cumplir las especificaciones o requerimientos del cliente.

CPK: Capacidad de proceso para cumplir las especificaciones o requerimientos del cliente con un constante.

Con este método se puede apreciar la distribución de cualquier de los componentes y así mismo confirmar o rechazar la(s) hipótesis.

LIE: limite inferior de las especificaciones.

LSE: limite superior de las especificaciones.

LSC: Limite superior de control.

LSI: Limite inferior de control.

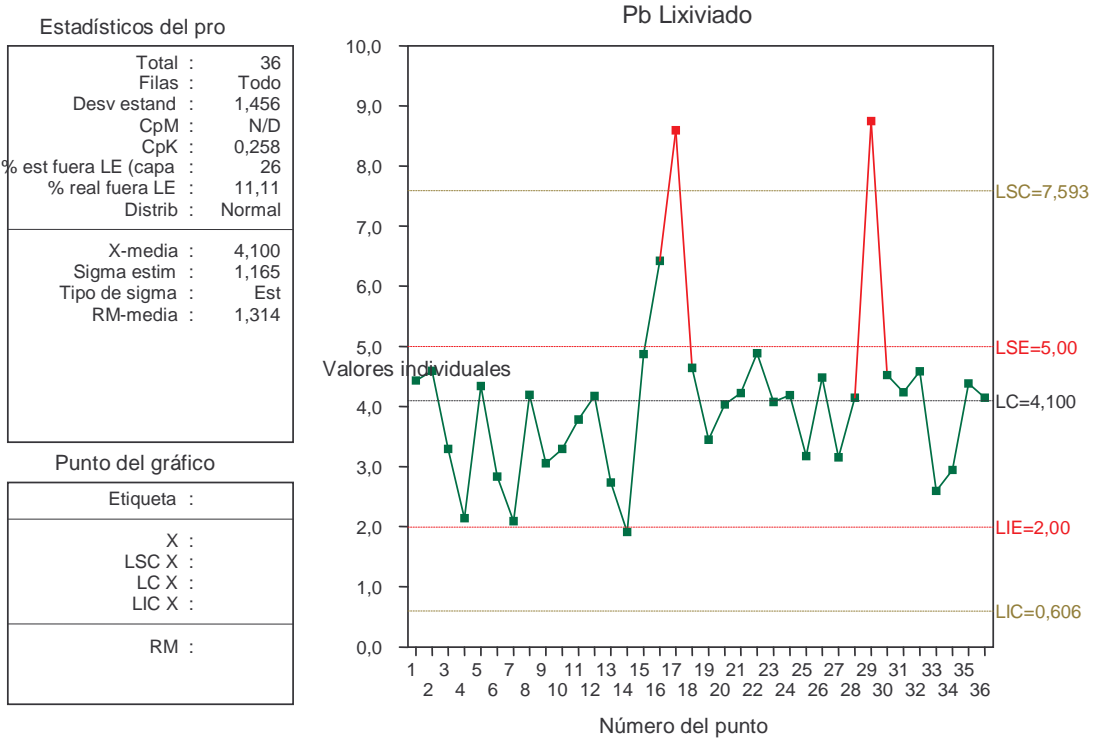
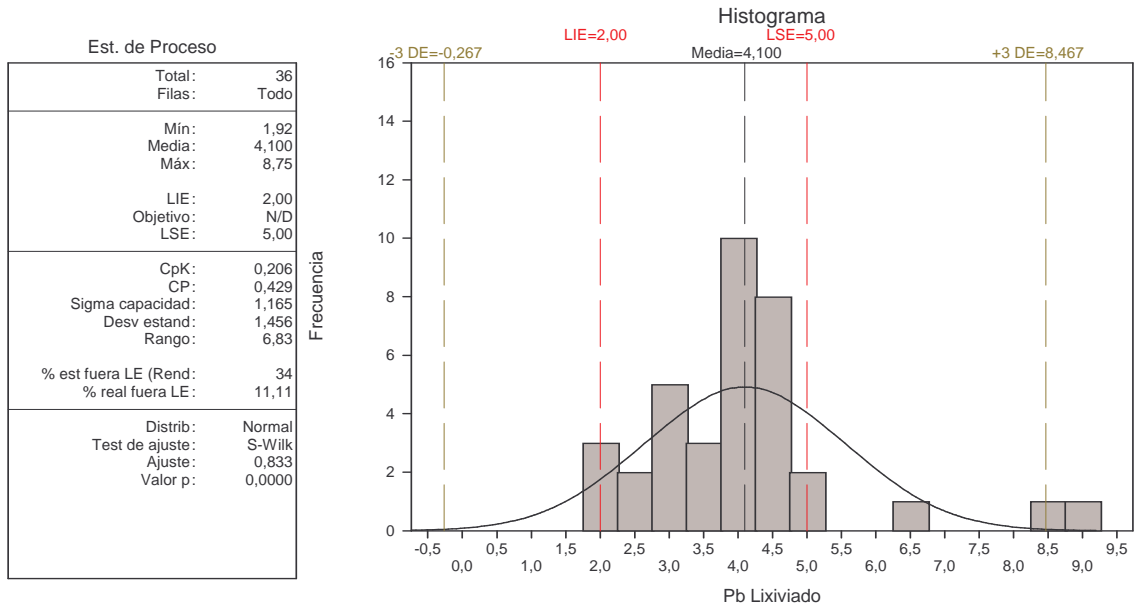
LC: Limite central.

9.1.1.PROCESO DE FUNDICIÓN.

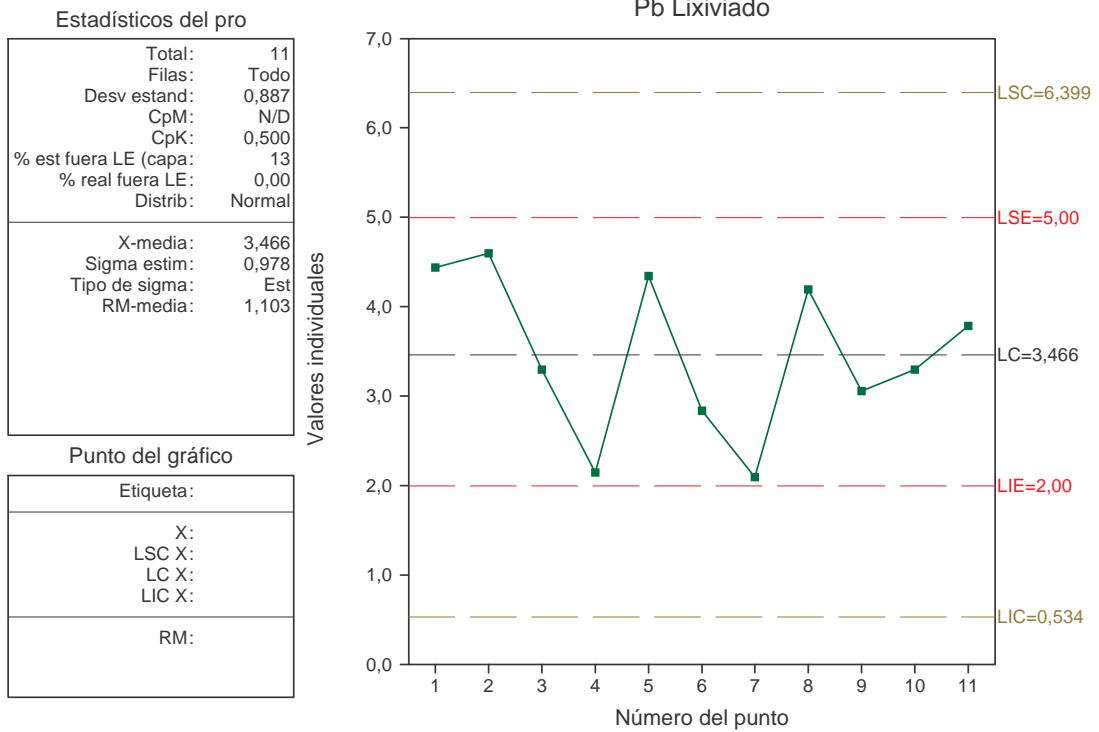
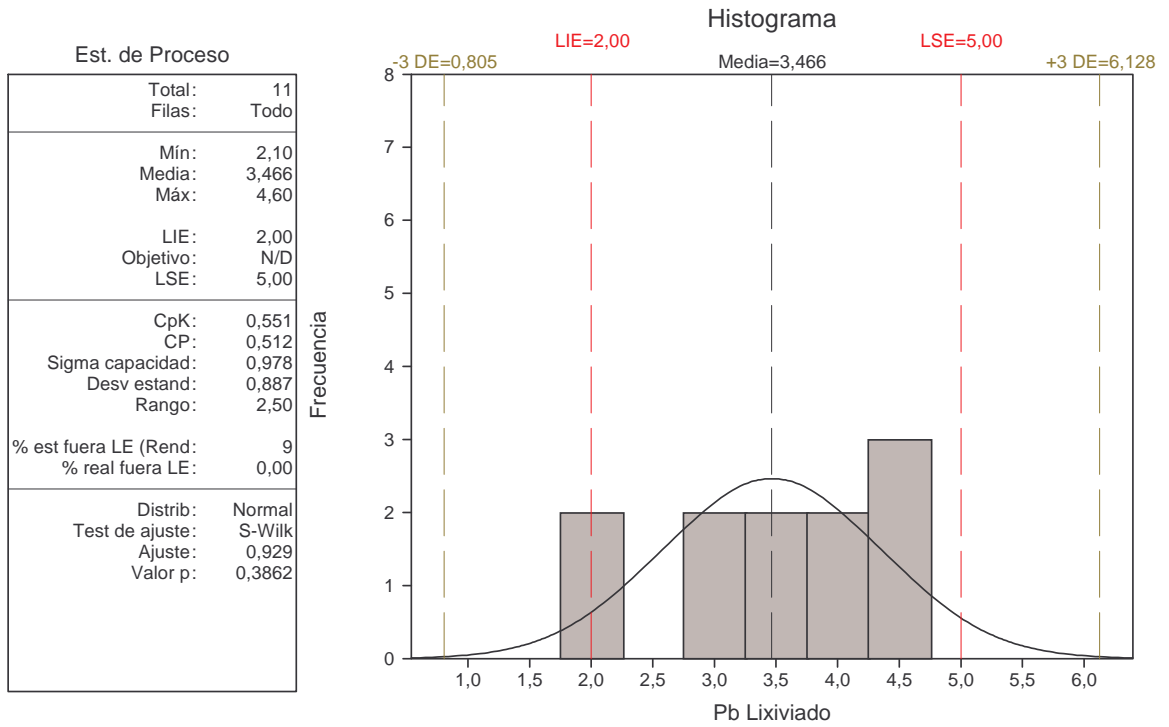
Al analizar y caracterizar el proceso de fundición de Plomo se debe tener en cuenta el peso y la humedad de todo el material aportante (pasta, ripio, grupos, drosses, lodos de empaste, scrap, fundentes y sobrantes de anteriores coladas), para que la carga que se realiza por medio de la retroexcavadora sea exacta y se cumpla con los datos de la formulación de las materias primas, permitiendo mayor confiabilidad sobre el Plomo a obtener.

Antes de introducir la carga al horno rotatorio, el operario del panel de control debe examinar el programa lógico controlable (PLC), el control de proceso de flujos de combustibles y temperaturas para dar cumplimiento a las etapas (primera fusión, segundo cargue, segunda fusión, colado de la carga y colado de la escoria), en el horno rotatorio se realizaran sin inconvenientes. Lo anterior debe efectuarse con el registro de todos los datos otorgando una información veraz y oportuna.

Gráfica 1. Histograma general del plomo lixiviado del residuo escoria de las 40 coladas analizadas.



Gráfica 2. Histograma del cargue (Pasta + Ripio + Grupos).



Punto del gráfico	
Etiqueta:	
X:	
LSC X:	
LC X:	
LIC X:	
RM:	

9.1.1.1. ANÁLISIS DEL pH DE LA ESCORIA EN EL TIEMPO.

Dentro de las características de la escoria resultante del proceso de fundición de plomo se encuentra el pH, el cual debe mantenerse por debajo de (12,5) correspondiente a la norma nacional vigente y dentro de norma MAC correspondiente a (11,5). Para lo anterior se conoció el comportamiento de la escoria sometiéndose a un proceso de maduración, analizando el impacto del muestreo y su periodo de almacenamiento (Gráfico 3, Tabla 1, Tabla 2, Foto 1, Foto 2, Foto 3).

Gráfico 3. Datos de variación del pH de la escoria de Pb en el tiempo.

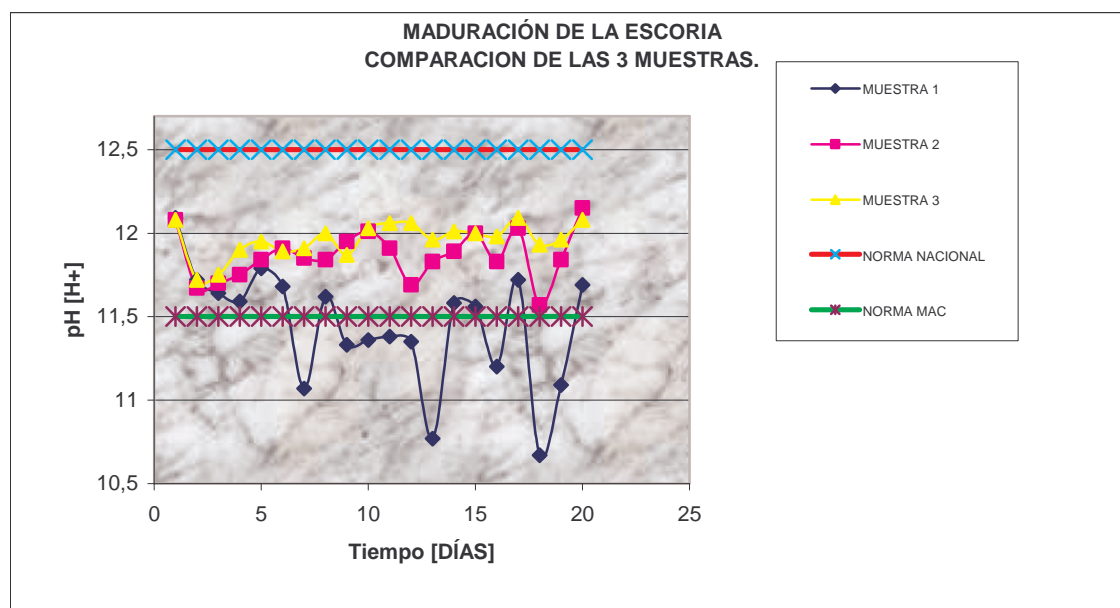


Tabla 1. Etapa de maduración de la escoria de Pb, en 20 días y la relación con el valor de pH.

ETAPA DE MADURACION DE LA ESCORIA DURANTE 20 DÍAS.

fecha	DÍAS	pH MUESTRA 1	pH MUESTRA 2	pH MUESTRA 3
11/07/2005	1	12,09	12,08	12,08
12/07/2005	2	11,72	11,67	11,72
13/07/2005	3	11,64	11,7	11,75
14/07/2005	4	11,59	11,75	11,9
15/07/2005	5	11,79	11,84	11,95
16/07/2005	6	11,68	11,91	11,89
18/07/2005	7	11,07	11,85	11,91
19/07/2005	8	11,62	11,84	12
21/07/2005	9	11,33	11,95	11,87
22/07/2005	10	11,36	12,01	12,03
23/07/2005	11	11,38	11,91	12,06
25/07/2005	12	11,35	11,69	12,06
26/07/2005	13	10,77	11,83	11,96
27/07/2005	14	11,58	11,89	12,01
28/07/2005	15	11,56	12	12
29/07/2005	16	11,2	11,83	11,98
30/07/2005	17	11,72	12,03	12,09
01/08/2005	18	10,67	11,57	11,93
02/08/2005	19	11,09	11,84	11,96
03/08/2005	20	11,69	12,15	12,08

- El color azul nos indica el pico más bajo, el color rojo el pico más alto y el verde el pH inicial.

Al final del proceso de maduración podemos conocer la caída del pH diaria y total con respecto a los picos más bajos.

Tabla 2. Comparación de la disminución del valor del pH, de tres muestras en el tiempo.

	pH inicial	pH más bajo	caída de pH total	caída de pH diaria
muestra 1	12,09	10,67	1,42	0,047
muestra 2	12,08	11,57	0,51	0,025
muestra 3	12,08	11,72	0,36	0,018

MUESTRA 1

El pH de la muestra 1 expuesta al oxígeno y sin alteración alguna muestra una caída en su pH a un valor menor a 11.00, debido a que el muestreo fue hecho en la parte superficial, cuando el muestreo es realizado en el fondo o por los laterales su pH incrementa notablemente entre 11.5 y 11.8. Comprobándose que la oxidación de la escoria ocurre a mayor velocidad en la parte superficial y no ocurre cambio alguna en su interior. La muestra 1 nos indica que al décimo día ocurre su punto de quiebre donde el pH se estabiliza. El color cambia a rojizo a partir del 6 día. Proceso de maduración acelerado.

Foto 1. Muestra de escoria sin alterar.



MUESTRA 2

Los análisis realizados para la muestra 2 son muy variables debido a que los muestreos realizados se hacían en dos partes (húmeda y la parte seca – al fondo), cuando se muestreaba la parte húmeda, se presenta un pH fuera de norma interna entre 11.55 y 11.9, y el muestreo en la parte seca era un pH de entre 11.85 y 12.2

muy cerca de la normatividad existente. El método realizado no presentó una mejora continúa ni las condiciones óptimas para el almacenamiento de escorias. Proceso de maduración lento.

El proceso de oxidación que presenta la muestra 2 no es el adecuado debido a que el oxígeno del aire no penetra en gran cantidad la muestra ya que la parte superficial se encuentra húmeda por la acción del agua desionizada.

Foto 2. Muestra de escoria rociada con agua desionizada.



MUESTRA 3

Los resultados de pH obtenidos de la muestra # 3 no eran los esperados, ya que empezando el muestreo el pH descendió a 11.72 demostrando que el proceso de oxidación era acelerado, a medida que se hacía el seguimiento se agregaba agua desionizada y se mezclaba homogéneamente con la escoria, los resultados de pH fueron aumentando (11.75 – 12.1).

La escoria se removió en su totalidad con el fin de humectar todas las áreas con el agua desionizada y obtener así un muestreo parejo. La superficie de la escoria presenta un proceso de secado y una capa semibrillante no húmeda indicando que esa parte se encuentra en oxidación muy lenta y poco constante.

Foto 3. Muestra de escoria con rociada con agua desionizada y mezclada.



Con relación a las otras 2 muestras el pH inicial de la muestra 3 (12.08), termina siendo el mismo pH final, obteniendo como resultado un proceso de oxidación demasiado lento no apto para el almacenamiento de escorias.

10. CONCLUSIONES.

- Desde el punto de vista, medio ambiental, el área de fundición presenta problemas por contaminación visual, atmosférica y auditiva, estos problemas se presentaron durante 4 meses en el momento de realizar la práctica empresarial.

CONTAMINACIÓN VISUAL: La vista que se tiene en fundición es poco agradable, existe un desorden incomodo.

CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA: a pesar que se tienen filtros de manga las cantidades de humo y polvo que se emiten a la atmósfera son exageradas.

CONTAMINACIÓN AUDITIVA: seria más enfocada a la seguridad industrial, hacer cumplimiento que toda persona que se dirija al área de fundición debe utilizar tapa oídos.

- De acuerdo a los ensayos hechos a las muestras de escoria referentes al pH, se concluye que no se deben alterar las condiciones de la escoria, dado que el proceso de oxidación es acelerado demostrando excelentes resultados.
- La pasta actualmente esta siendo agrupada y por ende se obtiene un proceso de secado incompleto, ya que solo se secan sus alrededores, mientras que en el centro se encuentra húmeda. El proceso debe tener una pasta totalmente seca en su mayoría. Procurar intentar producir pasta para las 3 coladas diarias (15 o 20 toneladas), debido a que el bunker de pasta no es lo suficientemente grande para su almacenamiento.
- En el momento no se tiene ningún tipo de información correspondiente al reuso de la escoria de plomo, resultante de la fundición de plomo, ya que la escoria sigue siendo considerada un residuo peligroso y su transporte transfronterizo o dentro del territorio nacional no es permitido. Solamente es dirigida al relleno sanitario de Navarro.
- Con investigaciones realizadas en MAC S.A. la escoria de fundición de plomo sigue siendo considerada un residuo peligroso, por ende no se le atribuye un valor tanto económico como ambiental. Por lo tanto es meritorio que la empresa MAC S.A., se imponga la meta interna de reducción de la concentración de Plomo del residuo escoria, esta meta se logro con la formulación pasta + ripio donde el resultado fue 1,92 mg/L, en este sentido es importante que la empresa considere, analice e investigue esta formulación, la cual le permitirá cumplir con la meta interna.

- Las pruebas de TCLP que se realizaron para el residuo sólido resultante (escoria), indican que MAC S.A. no tiene ningún problema con el lixiviado y pH de sus escorias, por ende cumple con la normatividad vigente nacional y su disposición final al relleno sanitario de Navarro se puede realizar cumpliendo dicha normatividad (ver anexo C: Tabla reporte de todas las coladas).

11. RECOMENDACIONES.

- Se debe tomar la temperatura del horno rotatorio de todas las coladas con un termopar tipo “R” o “S”, para saber con exactitud que temperatura se necesita para fundir el Plomo y que temperatura hay en el momento, dado que actualmente no se realiza.
- Se recomienda tener separadores ya sea por espacio o muros para cada uno de los componentes del cargue (pasta, ripio, grupos, drosses, scrap y lodos de empaste).
- No se deben realizar coladas con mezcla de drosses de antimonio con sobrantes de escoria debido a que al mojarse generan estibina que es un gas muy tóxico, cuyo efecto es la destrucción de los glóbulos rojos y las emisiones a la atmósfera son muy contaminantes.
- Mantener la escoria y drosses de antimonio bajo techo para evitar el contacto con la humedad.
- Analizar la probabilidad que el uso del plomo será cada vez más restringido en el futuro. En el ámbito laboral, esto dará lugar a una mayor automatización de los procesos, de modo que se aparte al trabajador del riesgo.
- Tener en cuenta el tiempo que permanece la boca del horno rotatorio abierta cuando se esta cargando (consumo de gas y oxígeno), para minimizar costos.
- Al pensar en la nueva planta, MAC S.A. necesitará un depósito de almacenamiento para las escorias en un área totalmente plana (cemento) y cubierta.
- Realizar un diseño experimental teniendo en cuenta el tipo de muestreo y el impacto que se tiene en el muestreo. Las muestras deben ser tomadas de todas las áreas posibles para así dar certeza en la confiabilidad de los datos.
- Se debe realizar más seguido cargas de pasta + ripio debido a que los resultados del Plomo lixiviado se aproximan a la meta interna 2 mg/L.

- Almacenar la escoria en un periodo mínimo de 10 días, ocurriendo aquí el punto de quiebre donde el pH de las escorias comienza a descender y además se debe mantener la escoria a ras de la superficie entre 5 y 10 cm., para permitir el escurrimiento de los lixiviados de carbonato de plomo.
- En el área de fundición se deben tomar medidas preventivas y correctivas, por lo tanto se deben encontrar soluciones técnicas, económicas y ambientales, implicando formas de producción más eficientes para minimizar la generación y concentración de escorias de fundición, y la disminución de impactos ambientales de las operaciones.
- En estos momentos el área de fundición pasa por una situación crítica, no existe un lugar adecuado para realizar la mezcla homogénea de los fundentes con el material aportante (cargue), a la hora de mezclar el cargue se termina juntando con una parte de pasta.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aseguramiento de calidad. Instructivo de proceso. Santiago de Cali: MAC S.A. 2000. 10 p.
- Control Estadístico de Procesos [en línea]. Capacidad de proceso CP. Buenos Aires, 2002 [consultado 20 de Junio, 2005]. Disponible por Internet: www.calidad.com.ar/calid111.html
- Dirección general de Calidad Ambiental [en línea]. Regulador de la producción y gestión de residuos. La Rioja: Calidad Ambiental 1998 [consultado 14 de Julio, 2005]. Disponible por Internet: www2.larioja.org/pls/dad_user/G031.
- Ecotoxicidad de aguas y lixiviado [en línea]. Ecotoxicidad. Madrid, 2000 [consultado 10 de Mayo, 2005]. Disponible por Internet: <http://cidta.usal.es/cidta/Análisis/Ecotoxicidad/BOE270.PDF>
- Ezguerra, Edmundo. Manejo y disposición de escorias de Plomo [en línea]. Filipinas. 2000. [consultado 29 de Abril, 2005]. Disponible en Internet: http://www.ilmc.org/news_span_pdf/newscast8.pdf
- Gerencia de asuntos ambientales [en línea]. Medio Ambiente. Santiago de Cali, 2001 [consultado 01 de Agosto, 2005]. Disponible por Internet: <http://www.andi.com.co/dependencias/ambiental/Normatividad/RESOLUCION%20NUMERO%20DG307%20DE%202004.doc>
- La energía no se destruye, se recicla. [en línea]. Santiago de Cali. MAC SA. 2000 [consultado 11 de Mayo, 2005]. Disponible en Internet: http://www.mac.com.co/gesam_laenergia.html
- MAC S.A. 40 años. Una generación con energía. Santiago de Cali, MAC S.A. 1998. 60 p.
- MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali, MAC S.A. 2002. 20 p.

- MAC S.A. fundación. Manual de mantenimiento y servicio técnico de baterías. Componentes de una batería tipo plomo – ácido. Santiago de Cali., MAC S.A. 2001. 50 p.
- Marañón, Eugenio. Ecotoxicidad de aguas y Lixiviado [en línea]. Madrid: Ecotoxicidad, 1999. [consultado 08 de junio, 2005]. Disponible en Internet: <http://www.aidisar.org/ecodirsa10.html>
- Medio Ambiente [en línea]. Ley 9 /79. Santiago de Cali, 2002 [consultado 25 de Mayo, 2005]. Disponible por Internet: <http://www.encolombia.com/medioambiente/hume-ley9/79.htm>
- Norma 052. Aplica para residuos peligrosos [en línea]. Ciudad de México: Norma 052, 1993 [consultado 02 de Julio, 2005]. Disponible por Internet: www.profeba.gob.mx
- Reciclaje de baterías de desecho [en línea]. Santiago de Cali: MAC S.A. 2000 [consultado 10 de Junio, 2005]. Disponible por Internet: <http://www.tecnologiaslimpias.org/html/archivos/casos/Caso%20ID21.doc>
- Resolución # 00189. Regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos. Santiago de Cali: Ministerio de la Salud, 1994. 25 p.
- Resolución 109]. Identificación de los residuos sólidos industriales de control prioritario [en línea]. Santiago de Cali: CVC, 2003 [consultado 25 de Junio, 2005]. Disponible por Internet: www.avancejuridico.com
- Resolución 2309. Cumplimiento a residuos especiales [en línea]. Santiago de Cali: Ministerio de la salud, 1986 [consultado 06 de Julio, 2005]. Disponible por Internet: www.rds.org.co/resoluciones.htm
- Resolución DG # 307. Residuos sólidos de control prioritario [en línea]. Santiago de Cali: CVC, 2004 [consultado 03 de Agosto, 2005]. Disponible por Internet: www.andi.com.co/dependencias/ambiental/default04.htm
- Tabla de códigos de residuos sólidos [en línea]. Madrid: EPA, 1999 [consultado 08 de Agosto, 2005]. Disponible por Internet : <http://www.epa.gov/epaoswer/general/espanol/pullout.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1. Temperaturas de fusión de los diferentes elementos y compuestos que intervienen en la fundición del plomo.

COMPONENTES	PUNTOS DE FUSIÓN ° C
Plomo	327,5
óxido de plomo	888
sulfuro de plomo	1120
sulfato de plomo	1170
Hierro	1375
sulfuro de hierro	1193
óxido de hierro	1420
Carbono	3500
carbonato de sodio	851
óxido de sodio	1132
sulfuro de sodio	1170
óxido de calcio	2570

Fuente. MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali, MAC S.A. 2002. 20 p.²⁰

²⁰ MAC S.A. fundación. Capacitación en aspectos de calidad en el área de fundición y refinación. Libro otorgado a los supervisores de calidad. Santiago de Cali. MAC S.A. 2002. 20 p.

Anexo 2. Requisitos legales aplicables al sector.

LEGISLACION AMBIENTAL RESIDUOS SOLIDOS			
NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
DECRETO LEY 2811 DE 1974	Código de Recursos Naturales	Art. 9	Debe hacerse sin que lesione el interés general de la comunidad, o el derecho de terceros
		Art. 32	Para prevenir deterioro ambiental o daño a la salud del hombre y los demás seres vivientes, se establecerán requisitos y condiciones para la importación, la fabricación, el transporte, el almacenamiento, la comercialización, el manejo, el empleo o la disposición de sustancias y productos tóxicos o peligrosos.
LEY 9 DE 1979	Código Sanitario Ambiental	Art. 130	Medidas y Precauciones: En la importación, fabricación, almacenamiento, transporte, comercio, manejo o disposición de sustancias peligrosas deberán tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana, animal o al ambiente, de acuerdo con la reglamentación del Ministerio de Salud.
		Art. 131	Prohibiciones y Precauciones El Ministerio de Salud podrá prohibir el uso o establecer restricciones para la importación, fabricación, transporte, almacenamiento, comercio y empleo de una sustancia o producto cuando se considere altamente peligroso por razones de salud pública.
		Art.132	Transporte, Empleo o Disposición. Las personas bajo cuya responsabilidad se efectúen labores de transporte, empleo o disposición de sustancias peligrosas durante las cuales ocurran daños para la salud pública o el ambiente, serán
		Art.133	Clasificación, Requisitos y Normas. El Ministerio de Salud reglamentará lo relacionado con la clasificación de las sustancias peligrosas, los requisitos sobre información, empaque, envase, embalaje, transporte, rotulado y demás normas requeridas para prevenir los daños que
		Art. 134	Registro de Sustancias. El Ministerio de Salud determinará las sustancias peligrosas que deben ser objeto de registro.
		Art.135	Educación, Investigación y Control. El Ministerio de Salud deberá efectuar, promover y coordinar las acciones educativas, de investigación y de control que sean necesarias para una adecuada protección de la salud individual y colectiva contra los efectos de sustancias peligrosas.
		Art. 231 Parágrafo	Las basuras resultantes de procesos industriales serán convenientemente tratadas antes de su

NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
RESOLUCION 2309 DE FEBRERO 1986 Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del Titulo III de la parte 4 del libro 1 Decreto Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales		
	Capitulo I	Art.1-23	Definiciones y disposiciones generales en las cuales determina que los residuos especiales son de tipo patógeno, tóxico, combustible, inflamable, explosivo, radioactivo o volatizable e incompatible; como también lodos, cenizas y similares
			En el manejo de residuos incompatibles o reactivos, determina los residuos incompatibles y prohíbe su mezcla a menos que se garantice que no se provoquen reacciones o con el propósito de neutralización o dilución para impedir efectos dañinos que atenten contra la salud humana y/o el medio ambiente
	Capitulo II	Art. 24-28	Establece los criterios para identificar los residuos especiales: inflamables, volatizables y tóxicos; estos son definidos y se establece la concentración máxima de dichas sustancias que puede estar presente en un residuo, bajo el método de análisis de extracción
	Capitulo III	Art.29-39	Se establecen criterios para almacenamiento de los residuos especiales, Localización del sitio de almacenamiento, tipo de residuo que se va a almacenar, recipientes para residuos especiales
	Capitulo IV	Art. 40-51	Reglamenta los distintos sistemas de transporte del transporte de residuos especiales por sistemas terrestres, ferroviarios, aéreos, fluviales y marítimos.
	Capitulo V	Art.52-56	Tratamiento de residuos especiales. Se entiende por tratamiento de residuos especiales el proceso de su transformación física, química o biológica utilizado para modificar sus características, con el propósito de disponerlos
	Capitulo VI	Art. 57-61	Requisitos para trámite de autorización Sanitaria para disposición de residuos especiales
	Capitulo VII	Art.62-63	Establece acciones a tomar en casos de emergencia y una vez superada la misma
	Capitulo VIII	Art.64-85	Se establece la presentación de planes de cumplimiento, cuando sea requerido, los temas de contenido del plan y el respectivo trámite de evaluación del mismo.
	Capitulo IX	Art.86-144	Vigilancia, control, medidas sanitarias de seguridad y las sanciones

NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA		Art. 49	Establece la obligación del Estado de prestar los servicios públicos de saneamiento
		Art. 78	Consagra la posibilidad de regular la calidad de bienes y servicios ofrecidos o prestados a la comunidad y establece la posibilidad de hacer responsable a quien produzcan bienes y servicios que atenten contra la salud y la seguridad
		Art. 79	Consagra el derecho a un ambiente sano y el deber del Estado de protegerlo y prevenir los factores que puedan afectarlo
		Art. 81	Prohíbe la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al país de residuos nucleares o desechos tóxicos
		Art.333	Las empresas además de las actividades de desarrollo deben cumplir las obligaciones que derivan de la función social, a la cual es inherente una función ecológica, en virtud de lo cual la ley puede llegar a delimitar o definir el alcance de esa libertad económica cuando así lo exija el medio ambiente, la preservación de un ambiente sano.
LEY 99	Por medio de la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, las Corporaciones Autónomas Regionales y todo el Sistema Nacional Ambiental -SINA.	Art. 1 principio 6	La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente
		Art. 5 Numeral 10	Determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse los centros urbanos y asentamientos humanos y las actividades mineras, industriales, de transporte y en general todo servicio o actividad que pueda generar directa o indirectamente daños ambientales.
		Art.5 Numeral 11	Dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir las contaminaciones geoesférica, hídrica, del paisaje, sonora y atmosférica, en todo el territorio nacional.
		Art.5 Numeral 39	Dictar regulaciones para impedir la fabricación, importación, posesión y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, así como la introducción al territorio nacional de residuos nucleares y desechos tóxicos o subproductos de los mismos.
		Art.31 Numeral 2	Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente.

NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
LEY 142 DE 1994	Regula el regimen de los servicios públicos domiciliarios, entre los cuales se encuentra el aseo		
RESOLUCION 0189 DE JULIO 1994 Ministerio del Medio Ambiente	Manejo y disposición de residuos especiales ; por el cual se dictan regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos sólidos peligrosos y lista las sustancias, elementos y compuestos que confiere toxicidad a un residuo	Art.1	Definiciones Residuo, residuo peligroso, residuo infeccioso, residuo combustible, residuo inflamable,Residuo explosivo, Residuo radioactivo, residuo volátil, residuocorrosivo, residuo reactivo,Residuo tóxico, listado de residuos que confieren toxicidad a un residuo.
		Art.2	Ninguna persona podrá introducir al territorio nacional residuos peligrosos
LEY 253 DE 1996	Por medio de la cual se ratifica el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación hecho en basilea el 22 de marzo de 1989		Clasificación y guía de definición de residuos peligrosos según lo establecido en el anexo 1 y lista A adjuntas del convenio. En ella se consagra entre otros asuntos, la obligación que tienen los Estados de tomar las medidas apropiadas para el adecuado manejo y Disposición final que se debe dar a los desechos peligrosos y el compromiso de reducir al mínimo la generación de estos, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos respectivamente.
LEY 430 DE 1998	Regula todo lo relacionado con la prohibición de introducir desechos peligrosos al territorio nacional y la responsabilidad por el manejo integral de los generados en el país	Art.2	Se debe minimizar la generación de residuos peligrosos evitando que se produzcan o reduciendo sus características de peligrosidad
			Impedir el ingreso y tráfico ilícito de residuos peligrosos de otros países que Colombia no este en capacidad de manejar de manera racional y representen riesgos exclusivos e inaceptables
			Diseñar estrategias para estabilizar la generación de residuos peligrosos en industrias con procesos obsoletos y contaminantes
			Establecer políticas e implementar acciones para sustituir procesos de producción contaminantes por procesos limpios
			Reducir la cantidad de residuos peligrosos que debe ir a los sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas , energía y recursos naturales utilizados, cuando sea factible y ecológicamente aceptable los residuos derivados de los procesos de producción

NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
LEY 430 DE 1998			Se debe generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que necesariamente se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización
			Disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándolos previamente, así como a sus afluentes, antes de que sean liberados al ambiente.
		Art.6	Responsabilidad del generador. El generador será responsable de los residuos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente.
		Art.10	Es obligación del generador o productor de los residuos peligrosos realizar la caracterización físico-química de los mismos a través de laboratorios especiales debidamente autorizados por los organismos competentes e informar a las personas naturales o jurídicas que se encarguen del almacenamiento, recolección y transporte
RESOLUCION 1096 DEL 2000 Ministerio Desarrollo Económico	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.”		
NORMATIVIDAD	TITULO O CONTENIDO	ARTICULO	DESCRIPCION
RESOLUCION 307 JUNIO 2004 CVC	Sistema de identificación de los residuos industriales de control prioritario. RiCoPri.		
		Art. 1	El Generador de un residuo industrial puede requerir exención de la característica de RiCoPri para un determinado residuo. La exención le será concedida por el plazo de un (1) año ante la inexistencia de las características de peligrosidad en el residuo (infeccioso, combustible, inflamable, explosivo, volátil, corrosivo, reactivo y tóxico)
		Art. 2	El generador de RiCoPri debe minimizar, prevenir, reciclar, separar y aprovechar sus RiCoPri;
		Art. 3	Período de temporalidad para almacenamiento de RiCoPri. De acuerdo al desarrollo local actual del mercado de soluciones y/o prestación de servicios para el destino final (como aprovechamiento, tratamiento, eliminación o disposición final) de RiCoPri, la CVC concede un plazo máximo de doce (12) meses para su almacenamiento, a partir de la fecha de terminación del plazo de presentación del plan de cumplimiento
		Art. 4	Planes de cumplimiento, contenido y reportes. Las empresas que generen alguno de los residuos deberán presentar a la Oficina de Gestión Ambiental Territorial de la CVC correspondiente, el plan de cumplimiento en un plazo de cuatro (4) meses, contados a partir desde la vigencia de la presente resolución. El mismo debe diseñarse y desarrollarse para una duración máxima de doce (12) meses.

Anexo 3. Tabla reporte de todas las coladas.

	LOTE	PASTA	RIPIO	GRUPOS	DROSSES	SCRAP	LODOS DE EMPASTE	SOBRANTE	TOTAL
1	50538	6176	3418	820					10414
2	50541	5871	4350	874					11095
3	50545	5880	1218	1000				2000	11098
16	50623	4729	3300	1000				2000	11029
22	50655	6782	3500	2500					12782
23	50668	5356	3364	2556					11276
24	50672	3694	1216	1268				5000	11178
31	30737	5441	2768	3110				1000	12319
33	30744	5169	3264	1918					10351
36	30761	5946	4024	1809					11709
37	30772	5783	4602	620					11005
40	30792	3723	4494	2856					11073
4	50555	5958	4660						10618
5	50558	5633	4670						10303
21	50652	-----	5345						11705
26	50690	5990	4470					600	11060
27	50694	4024	1054						8078
28	50697	4343	4005						8348
29	30702	6214	4343						10557
30	30717	5917	4066						10037
38	30786	5968	5171						11139
6	50562	5426	3802		660			612	10600
8	50569	5404	4794			200		600	10998
11	50588	4443	4810			1312			10565
18	50642	5880	4006			634			10570
19	50646	6567	4426			486			11479
7	50566	5127	3200		708	720			10355
9	50580	5166	4244		874	846			11130
10	50583	4828	4404		978	644			10854
12	50591	4633	4050	2016		536			11235
17	50635	3996	3200	2450		1534			11180
25	50679	5253	1196	2606		2364		1000	12415
32	30741	4559	3200	610		1960			10329
34	30747	5059	3188	2386		740			11373
35	30751	4720	3500	2842		540			11602
13	505106	6205	3037	2332	1334				12908

14	50606	2046	6420	3028	998	474		12966
15	50613	2259	2546	2792	500	490		8587
20	50649	3742	2768				5000	11510
39	30789	5118	3954				2000	11072

Se tomaron 40 muestras las cuales son:
1, 2, 3, 16, 22, 23, 24, 31, 33, 36, 37, 40 PASTA + RIPIO + GRUPOS
4, 5, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 38 PASTA + RIPIO
6 PASTA + RIPIO + DROSSES
8, 11, 18, 19 PASTA + RIPIO + SCRAP
7, 9, 10 PASTA + RIPIO + DROSSES + SCRAP
12, 17, 25, 32, 34, 35 PASTA + RIPIO + GRUPOS + SCRAP
13 PASTA + RIPIO + GRUPOS + DROSSES
14, 15 PASTA + RIPIO + GRUPOS + DROSSES + SCRAP
20, 39 PASTA + RIPIO + LODOS DE EMPASTE