



D-13788

T
628.44866
C 117



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

"RECICLAJE DE CHATARRA DE BATERIAS PARA EX-
TRACCION DE PLOMO EN UN HORNO DE CUBILOTE"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Marcos Patricio Cabrera Paredes



BIBLIOTECA

Guayaquil - Ecuador

1993

AGRADECIMIENTO.



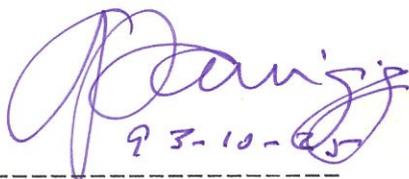
BIBLIOTECA

Al Ing. Rodolfo Paz, Director de tesis e
Ing. Ignacio Wiesner, por su dirección
brindada para la realización del
trabajo.

DEDICATORIA.

A la Madre misericordiosa de los
estudiantes "La Dolorosa del
Colegio".

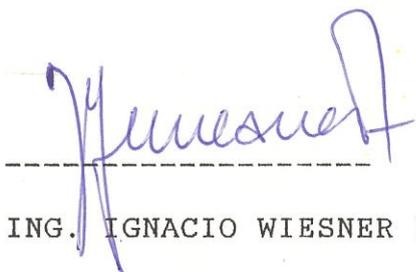
A mis Padres y Hermanos.


9 3-10-65

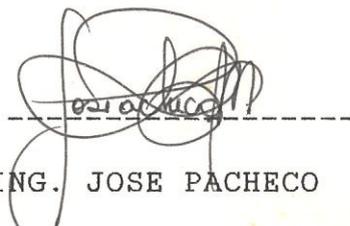
DR. ALFREDO BARRIGA
DECANO DE LA FIM



ING. RODOLFO PAZ M.
DIRECTOR DE TESIS



ING. IGNACIO WIESNER F.
CODIRECTOR DE TESIS



ING. JOSE PACHECO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA.

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente ; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."

(Reglamentos de Tesis de Grado).



.....*Patricio Cabrera P.*.....

Marcos Patricio Cabrera Paredes.

RESUMEN.



BIBLIOTECA

En este trabajo se experimenta con una metodología de reciclaje de chatarra de baterías (plomo-ácido), para extracción de plomo en un horno de cubilote.

En la experimentación se funde la chatarra (plomo metálico), la carga del horno la conforman además; piedra caliza, óxido de hierro y carbón.

Mientras se va fundiendo el plomo, se va llenando el crisol interno del horno, formándose una capa de escorias en la parte superior de la colada, las mismas que recolectan los contaminantes (impurezas) de la fundición, gracias a la acción de la caliza, a la vez protege que se oxide el plomo fundido con el aire de entrada por las toberas del horno. Los gases de combustión que contienen plomo gasificado se evacúan por la chimenea, permitiéndonos que operarios no estén expuestos a estos gases y que haya una mayor dilución de gases de salida.

Conciente del problema ambiental que provoca este tipo de reciclaje, se ha trabajado en la optimización del sistema de fundición. El trabajo de reciclaje se lo realiza con artesanos fundidores de baterías viejas, los mismos que

remodelarán sus hornos y aplicarán la técnica seguida en la investigación, incrementando su rendimiento metálico de 10 al 15% , controlando la contaminación ambiental, salud de sus operarios y pobladores de inmediaciones de estos lugares de fundición.

Luego de desarrollar la experiencia, se ha sacado conclusiones de los resultados y de la operación, y se hace un análisis de un horno mejorado y mas apropiado para este tipo de fundiciones de reciclaje de baterías. Realizamos al final del trabajo un folletito que contiene los resultados alcanzados en esta experimentación (técnica propuesta) y consejos sobre seguridad en el trabajo de fundición (reciclaje), poniéndolo a consideración de los artesanos recicladores de chatarra de baterías a nivel provincial.





INDICE GENERAL.

BIBLIOTECA

Pág.

RESUMEN.....

INDICE GENERAL.....

INDICE DE FIGURAS.....

INDICE DE TABLAS.....

INTRODUCCION.....

CAPITULO I.....

1. EL PLOMO.....

 1.1 Reseña historica.....

 1.2 Metalurgia extractiva no ferrosa.....

 1.3 La pirometalurgia.....

 1.4 Metales no reactivos.....

 1.5 Procesos pirometalurgicos.....

 1.6 Plomo aleaciones.....

 1.7 Compuestos inorgánicos del plomo.....

CAPITULO II.....

2. FABRICACION Y RECICLAJE DE BATERIAS EN EL ECUADOR...

 2.1 Acumuladores de plomo (baterías).....

 2.2 Montaje y desmontaje de la batería.....

 2.3 Características de funcionamiento de baterías...

 2.4 Averías y reparaciones de baterías.....

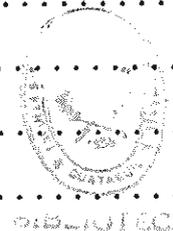
 2.5 Investigación sobre el proceso de fabricación de
 baterías en nuestro país.....

 2.6 Producción y reciclaje de baterías en el país....

2.7 Auditoría energética a los hornos artesanales que reciclan y extraen plomo de chatarra de baterías actualmente.....	
CAPITULO III.....	
3. FUNDICION Y EXTRACCION DE PLOMO DE CHATARRA DE BATERIAS.....	
3.1 Introduccion.....	
3.2 Especificaciones técnicas del material utilizado para el reciclaje.....	
3.3 Información sobre extracción de plomo de chatarra de baterías.....	
3.4 Métodos de extracción de plomo.....	
3.5 Método escogido para la realización de la experiencia.....	
3.6 Balance de materiales y energía.....	
CAPITULO IV.....	
4. PLOMO, INTOXICACION Y SEGURIDAD.....	
4.1 Distribución.....	
4.2 Metabolismo del plomo.....	
4.3 Metabolismo del plomo, efectos en el hombre.....	
4.4 Diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por el plomo.....	
4.5 Transtornos neurológicos como efecto tardío de la intoxicación por el plomo.....	
4.6 Exposición ambiental al plomo.....	



4.7 Factores nutricionales en la intoxicación por el plomo.....	
4.8 Ingestión de plomo en los lactantes y en los niños	
4.9 Compuestos de plomo orgánico.....	
4.10 Casos de intoxicación por el plomo en la ciudad de Guayaquil.....	
4.11 Sanidad y seguridad.....	
CAPITULO V.....	
5. TRABAJO EXPERIMENTAL.....	
5.1 Plan general de trabajo.....	
5.2 Reparación del equipo utilizado.....	
5.3 Obtención de plomo.....	
5.4 Analisis químico del plomo obtenido.....	
CAPITULO VI.....	
6. DISCUSION DE RESULTADOS.....	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
APENDICES.....	
BIBLIOGRAFIA.....	



INDICE DE FIGURAS

Nro.	Pág.
1.1	Horno de cuba para plomo tipo parte superior abierta
1.2	Desnatado de una paila de plomo.....
1.3	Sistema Plomo-Antimonioso.....
2.1	Acumulador de plomo.....
2.2	Placa de acumulador de plomo.....
2.3	Corte parcial de una batería de acumuladores de plomo
2.4	Uso de calentador eléctrico para reblandecer la pasta
2.5	Desmontaje de batería (correctamente).....
2.6	Circuito de carga de una batería de acumuladores....
2.7	Variaciones de la fuerza electromotriz de un acumulador de plomo para una carga de 3 horas.....
2.8	Variaciones de la fuerza electromotriz de un acumulador de plomo para una descarga de 3 horas.....
2.9	Escala de rectificaciones de la densidad, según la tem- peratura.....
2.10	Proceso de incremento de masa.....
2.11	Lingotes de plomo puro.....
2.12	Horno para fundir lingotes de plomo puro.....
2.13	Horno de crisol para fundir placas, escorias del primer horno y rebabas.....
2.14	Secado de las placas.....
2.15	Cargado de las baterías.....



BIBLIOTECA

2.16	Desmontaje de baterías.....	
2.17	Baterías colectadas y desmontaje.....	
2.18	Operación del horno.....	
2.19	Reciclaje de escorias del horno artesanal.....	
2.20	Chancadora para preparación de sustancia recubridora de teja común.....	
2.21	Humos tóxicos producidos en la segunda horneada.....	
3.1	Pozo-crisol para llenado de plomo.....	
3.2	Balance de materiales para producir plomo.....	
3.3	Balance de energía del horno.....	
3.4	Diagrama de SANKEY para el horno.....	
5.1	Horno de cubilote a reparar.....	
5.2	Refractario interno y canales reparados.....	
5.3	Horno reparado.....	
5.4	Horno de fundición de la chatarra de baterías.....	
5.5	Solera a desnivel y agujeros de sangrado.....	
5.6	Tapones de agujeros del horno.....	
5.7	Cargado del horno.....	
5.8	Gotas de plomo fundido hacia el crisol interno.....	
5.9	Sangrado de plomo fundido.....	
5.10	Lingoteado de plomo fundido en moldes.....	
6.1	Corte vertical del horno para fundiciones.....	
6.2	Corte vertical del horno, junto con una instalación filtro de bolsas para limpiar los gases.....	
6.3	Diagrama de reciclaje al 100%.....	

INDICE DE TABLAS.

Nro.	Pág.
I. Dosificación de las escorias por grados de silicato	
II. Propiedades físicas del plomo antimonioso.....	
III a VII. Importaciones nacionales de materiales relacionados con el plomo y la fabricación de baterías.....	
VIII. Composición química del plomo obtenido.....	
IX. Composición química de la escoria.....	
X. Composición química de la mata.....	
XI. Rendimiento obtenido en la fundición.....	
XII. Filtros usados en casa de filtros de bolsas.....	



INTRODUCCION.

Imagínese el daño que se puede causar al medio ambiente por descargar descuidadamente 18 libras de plomo, 2 libras de plástico y 1 galón de ácido: el contenido de una batería (plomo-ácido).

Ahora imagínese el daño causado por 250000 baterías: el número de baterías disponibles para reciclaje cada año en Ecuador.

Desafortunadamente, chatarra de baterías se reciclan muy inseguramente. En efecto, durante los últimos 35 años en la provincia del Guayas se ha venido reciclando baterías viejas, hoy en día estas baterías han alcanzado un alto porcentaje de reciclamiento, como otros productos desechables tales como papel periódico, cartón, hierro, por nombrar los pocos productos que se reciclan en nuestro medio.

Del porcentaje de baterías recicladas, apenas se obtiene un rendimiento metálico (plomo) del 50%, plástico (polypropylene) y ácido sulfúrico de baterías 0% (ya que no se los recicla). Osea que aproximadamente se riegan anualmente a las aguas subterráneas 73000 galones de ácido, se desechan como basura 150000 libras de plástico (solo en la

ciudad de Guayaquil), y se producen emisiones venenosas con contenidos del 60% de plomo gasificado como producto de fundiciones artesanales que se llevan a cabo en los alrededores de la ciudad.

El plomo es un metal que tiene cada vez un mayor requerimiento por parte de industrias, artesanos, trabajadores de este metal; tanto para fabricar nuevas baterías, recubrimiento de adornos en cofres mortuorios, pinturas blancas, caucho, balística, pesos de redes de pesca, imprentas viejas, recubrimiento de tejas vidriadas, vidriado de vajilla doméstica, vidrio, etc..

Se puede fundir este tipo de chatarra de baterías para extracción de plomo, en diferentes tipos de hornos como: hornos de reverbero, de crisol, etc. A nivel de todo el país se recicla en hornos artesanales tipo cubilote sin chimenea y se lo carga por la parte superior. Tratamos como un objetivo, que se hagan reparaciones de estos hornos artesanales y se aplique la técnica seguida en este trabajo experimental, adecuándoles una chimenea, cargándolos con los elementos debidos, que se utilicen ventiladores y no sopladores los que elevan mayores presiones de aire.

Otro objetivo, es dejar en este trabajo, una base de estudio para posteriores investigaciones. Este trabajo tiene un contenido extenso sobre el plomo, desde que sale de la tierra

como mineral, convive con todos nosotros diariamente, hasta que termina de una forma u otra en nuestra sangre o formando parte de nuestros huesos.



BIBLIOTECA

CAPITULO I.

EL PLOMO.



1.1 Reseña Histórica.

El plomo es uno de los seis metales llamados prehistóricos. Entre los egipcios primitivos (7000-5000 a. de C.) empezó a usarse para vidriar la cerámica. Una de las piezas de plomo más antiguas que existen es una figura conservada en el museo Británico, que es de una fecha anterior al año 3000 a. de C. El plomo fué usado por los chinos antes del año 3000 a. de C. Los antiguos romanos usaron el plomo para instalaciones de plomería. En Norteamérica y Sudamérica son muy raros los objetos de plomo de la época precolombina, pero han sido encontrados en sitios dispersos por todo el continente. Se dice que unos cuantos hombres de la expedición de Fernando de Soto cruzaron la región de Mine La Motta de Missouri en mayo de 1541 buscando plata y el propio De Soto visitó la región algún tiempo después, a la que ningún otro hombre blanco llegó hasta los comienzos del siglo XVII. En Virginia se extrajo plomo en 1621. Thomas Selby, en 1865, construyó en San Francisco una torre para fabricar perdigones con plomo

refinado importado de Inglaterra y de España. En 1868 trabajaba ya con plomo propio beneficiando los minerales de plomo extraídos en California y Nevada. La fábrica Seldy actual en la American Smelting and Refining Co., de Selby, California data del año 1884, [ref. 12].

1.2 Metalurgia extractiva no ferrosa.



Los procesos de extracción de metales se han desarrollado para recuperar y producir metales de alta pureza a partir de minerales y concentrados. La mayoría de los metales se encuentran en la naturaleza en forma de compuestos y se presentan en mezclas mas o menos complejas de sulfuros, óxidos, carbonatos y silicatos, en su mayoría, son de baja ley (no puro) y tienen que concentrarse por métodos de beneficio para separarlos y liberarlos de su roca matriz antes de los pasos de extracción que producen el metal mismo. Por lo general el beneficio de los minerales consiste en triturar y moler el mineral hasta su tamaño suficientemente pequeño para liberar los cristales de mineral de la roca de desecho que los contiene, y recolectar luego estos valores minerales por diversas combinaciones de métodos de separación por gravedad, por permeabilidad magnética o por flotación por espuma. Parte de la roca se desecha como material sin valor, mientras que el concentrado del compuesto mineral va al

proceso de extracción para producir el metal, ya sea por tratamiento pirometalúrgico o hidrometalúrgico.



BIBLIOTECA

1.3 La pirometalurgia.

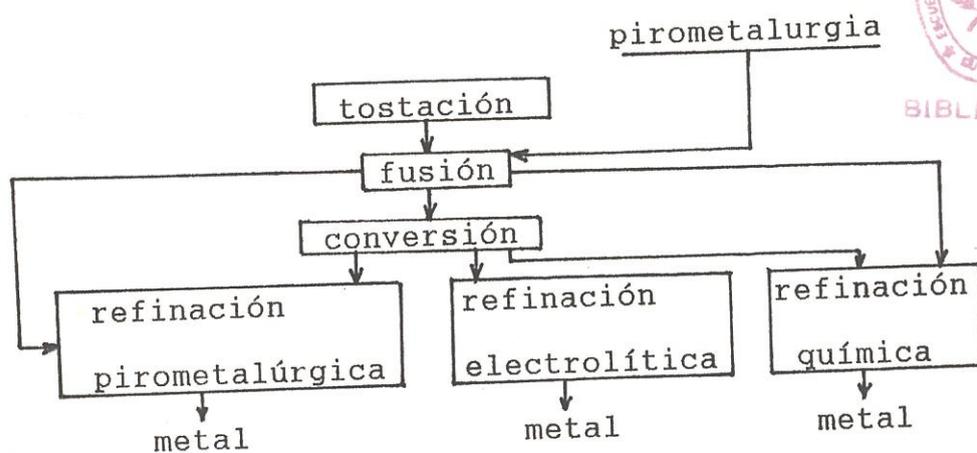
Incluye operaciones en las que se aplican tratamientos en hornos a temperaturas elevadas para separar los valores metálicos de la considerable cantidad de roca de desecho todavía presente en el concentrado beneficiado. En la mayoría de los casos se separa el producto de desecho, es decir, la escoria, y por lo general se tira.

Es común que el compuesto metalífero no esté en una forma de la que pueda separarse el metal ni fácil ni económicamente por un proceso simple, y primero es necesario convertir el compuesto metálico mediante un tratamiento químico preliminar a una forma en la que pueda procesarse con mayor facilidad. Es con esta finalidad que los sulfuros se convierten en óxidos, sulfatos y cloruros; los óxidos se convierten en sulfatos y cloruros y los carbonatos se convierten en óxidos.

La selección de los procesos unitarios a aplicar para la extracción y refinación reales debe ser de tal manera que éstos queden integrados en un patrón general. Existe entonces una liga entre los diferentes procesos, convirtiéndose el producto del primer proceso unitario

en el material de alimentación al segundo proceso unitario, y así sucesivamente, por toda una serie completa de tratamientos individuales. Ciertos tipos de compuestos metálicos de los minerales se prestan a una extracción mucho mas fácil por un método que por

Metales no reactivos.



otro, otra condición calificativa es el grado de pureza que se requiere, el cual puede ser mejor con un conjunto de métodos de extracción que con otro.

La recuperación de una impureza en particular que tenga un valor considerable como subproducto, es también un factor en el procesamiento de metales, [ref. 5].

1.4 Metales no reactivos.

Los metales no reactivos son el cobre, níquel, plomo, cobalto, oro y plata. Estos pueden procesarse

simplemente en atmósfera de aire sin problema alguno, es decir sin que ocurra oxidación durante las reacciones mediante las que los óxidos del metal son reducidos por carbón. El procesamiento para cada agrupamiento de los metales no reactivos, pueden considerarse en formas diferentes. Para hacer la comparación de los distintos procesos unitarios, se han agrupado considerando una subdivisión, ulterior de tratamientos pirometalúrgicos dentro de su categoría principal, este agrupamiento es:

Metales no reactivos --> cobre, níquel, plomo, cobalto, oro, plata.

Tratamientos pirometalúrgicos --> tostación, fusión, conversión, refinación.

METALES NO REACTIVOS, TRATAMIENTOS PIROMETALURGICOS.

▷ Método de tostación

Concentrado de sulfuro de plomo, sinterización.

▷ Método de fusión.

Sulfuros de plomo tostados - horno de cuba.

Sulfuro de plomo sin tostar - horno eléctrico.

▷ Método de conversión.

Plomo metálico con contenido de azufre-aire.

▷ Método de refinación a fuego.

Plomo metálico de horno de cuba-dross-suavizado-desargentizado-separación del zinc-desbismutizado.

▷ Método electrolítico de refinación.



BIBLIOTECA

Anodos de plomo suavizado-sistema múltiple.



1.5 Procesos Pirometalúrgicos.

Son los métodos más antiguos y de aplicación más frecuente de extracción y purificación de metales.

Los metales más comunes que se tratan por estos métodos incluyen el cobre, níquel, plomo y cobalto; son los procesos que utilizan una combinación de tostación, fusión, conversión, refinación a fuego, refinación electrolítica y refinación química, [ref. 9].

La tostación, que es el primer proceso, se emplea para cambiar los compuestos metálicos a formas de tratamiento más fácil por las operaciones que siguen, así como también para remover algunas impurezas volátiles en la corriente del gas.

Mediante la fusión y la conversión se funden los compuestos metálicos y se forman nuevos compuestos en el estado líquido, los cuales se separan en capas de valores metálicos pesados y escoria más ligera que se forma con la roca de desecho. Los valores metálicos, a los que se les ha separado la mayor parte de las impurezas iniciales, se purifican después por procesos de refinación electrolítica o química.

1.5.1 Tostación.

Es un tratamiento químico preliminar, y que consiste en la oxidación de los sulfuros a óxidos, ya que el metal no ferroso se presenta en forma de sulfuros. La tostación de los sulfuros es un proceso (de reacción de gas-sólido) en el que se pone en contacto aire en grandes cantidades, a veces enriquecido con oxígeno, con los concentrados del mineral de sulfuro. Esto se hace a una temperatura elevada a la que se combine el oxígeno del aire con el azufre del sulfuro para tomar SO_2 gaseoso y con los metales para formar óxidos metálicos. Al producto sólido de la tostación se le llama calcinado.

Esta oxidación debe hacerse sin fundir la carga, lo cual destruiría el área máxima requerida en las partículas para un buen contacto con el aire.

La agitación de la carga asegura también en cierta forma la exposición de todas las superficies de las partículas al gas oxidante. La única excepción a este procedimiento general es la tostación con soplo (sinterización), en la cual se funden parcialmente las superficies de las partículas y no se hace agitación de la carga.

El grado de eliminación de azufre se controla regulando el suministro de aire al tostador y por

el grado de afinidad que tienen los elementos minerales por el azufre y el oxígeno. Consecuentemente, minerales tales como el sulfuro de hierro que tienen mayor afinidad por el oxígeno que por el azufre, pueden oxidarse completamente, mientras que un mineral de cobre que vaya en la misma alimentación del tostador, con mayor afinidad por el azufre que por el oxígeno, aparecerá en el calcinado todavía como sulfuro. La tostación oxidante de un concentrado de sulfuro es una reacción exotérmica (cede calor).

Los concentrados de sulfuro de plomo.- Se tuestan con el fin de lograr una alta desulfurización y también aglomeración; logrando lo anterior constituyen una carga adecuada para el siguiente proceso de fusión reductora en horno de cuba.

1.5.2 Fusión.

Fusión es un proceso de concentración en el que una parte de las impurezas de la carga se reúne formando un producto ligero de desecho llamado escoria, el cual puede separarse por gravedad de la porción más pesada que contiene prácticamente todos los componentes metálicos deseados.

La carga que se alimenta a un horno de fusión esta

formada principalmente por sólidos, aunque también puede separarse en ciertas operaciones algo de material fundido. El calor suministrado para fundir esta carga sólida puede provenir de combustible fósil, electricidad, o bien, si se cargan sulfuros, del calor producido por la reacción exotérmica de oxidación de la carga misma. La carga del horno debe fundirse para que sea posible la separación por gravedad de las capas de escoria y metal, y también para facilitar la circulación y el contacto de los compuestos que reaccionan en el seno de la carga. Los componentes de la escoria estarán formados por los óxidos de la carga, tanto los que se encuentran en forma natural en el mineral como la sílice (SiO_2) y los que se han oxidado durante la tostación, como el Fe_3O_4 . Ya que estos óxidos tienen altos puntos de fusión, de hecho más elevados que los de los compuestos metálicos que contiene la carga, es necesario agregar fundentes, siendo los más frecuentes el SiO_2 o el CaO , para que se combinen con estos óxidos y formen una escoria de menor punto de fusión. Es necesario que la escoria se funda y esté completamente líquida a temperatura de operación del horno para que los componentes metálicos puedan separarse fácilmente y asentarse en la capa inferior, más densa, así como para



facilitar el manejo de la escoria y extraerla del horno en estado líquido.

Los componentes metálicos densos de la capa inferior en el fondo del hogar del horno y los gases de combustión junto con los cuales se producen algunas sustancias volátiles. Los gases llevan consigo algo de polvo del material fino de la carga y que pasan por el sistema de ductos del horno hacia un colector de polvos en el que se separan los sólidos para recircularlos y procesarlos nuevamente en el horno.

Los tipos de fusión.- existen dos tipos de fusión; por reducción, que produce un metal fundido impuro y una escoria fundida por la reacción de un óxido metálico con un agente reductor; y la fusión de mata, que produce una mezcla fundida de sulfuros metálicos y escoria (se forma la mata por la combinación de los sulfuros líquidos de cobre, níquel, hierro y cobalto en una solución homogénea, los metales preciosos presentes y las pequeñas cantidades de otros metales básicos se disuelven en la mata, la porción restante de la carga consistente en óxido de hierro, ganga y fundente silíceo se combina para formar una escoria).

Los Altos Hornos.- se usan para la fusión de plomo por reducción, alimentados por la parte superior y tienen hogares refractarios con chaquetas metálicas huecas enfriadas por agua en los lados y en los extremos arriba del hogar. Por las paredes del horno corren hileras de toberas a cada lado, que atraviezan las chaquetas de agua arriba del hogar.

El primer material de la carga es coque, seguido en orden por sinter, briquetas, material de retorno y mineral de horno de alta ley en trozos.

El calor para fundir la carga del horno lo proporcionan el coque, que puede constituir hasta el 10% del peso de la carga sólida, y en menor grado el calor producido por la oxidación de algo de sulfuro de hierro a óxido de hierro. La corriente de aire a baja presión se inyecta por las toberas del horno, suministra el aire para oxidar el carbono que hay en el coque a bióxido de carbono en una reacción frecuentemente exotérmico:



y una reacción menos exotérmica a monóxido de carbono:



A medida que la carga fría desciende en el tiro



del horno, se calienta por la corriente ascendente de gases calientes procedentes de la combustión exotérmica del combustible arriba de la línea de toberas, hasta que la temperatura se eleva lo suficiente para que se fundan los sulfuros metálicos y se combinen a la forma de mata líquida, mientras los óxidos se funden junto con los fundentes y forman la escoria. Los componentes principales de la escoria son el FeO y el SiO₂. Cuando no hay suficiente SiO₂ en la ganga de la carga para que ocurra la combinación apropiada con el FeO presente, se agrega SiO₂ adicional como fundente.

Los calcinados tostados de sulfuro de plomo.- se funden a escoria y plomo metálico casi exclusivamente en hornos de cuba, el proceso previo de tostación-sinterización aglomera y elimina la mayor parte del azufre de la carga del horno formada por concentrados de sulfuros mezclados mecánicamente, finos de sinter cribado, polvo de chimenea reciclado y productos para retratamiento de la fundición, junto con los fundentes requeridos, [ref. 9].

Los Hornos de Cuba.- por el alto porcentaje de recuperación de plomo (97 a 98%), sigue siendo el



BIBLIOTECA

método estandar para la reducción y fusión en el procesamiento de los concentrados de sulfuro de plomo tostado, un tipo de horno de la parte superior abierta con la toma de la chimenea en un nivel inferior del piso de carga, el tiro debe ser tal que los humos del mismo sean descargados aún cuando la parte superior esté abierta para la alimentación.

El coque constituye entre el 8 y el 14% de la carga.

Se carga una pequeña cantidad de chatarra de hierro (1%) la cual proporciona hierro para descomponer cualquier residuo de sulfuro de plomo, así como hierro para la formación de escoria, el hierro se combina también con costras de alto contenido de arsénico para formar espáis de bajo punto de fusión que puede ser extraído del horno por sangrado.

El plomo líquido reducido que se junta en el fondo del crisol del horno contiene hasta 5% de cobre en la forma de mata, y metales preciosos.

Graficamos el horno que se usa.

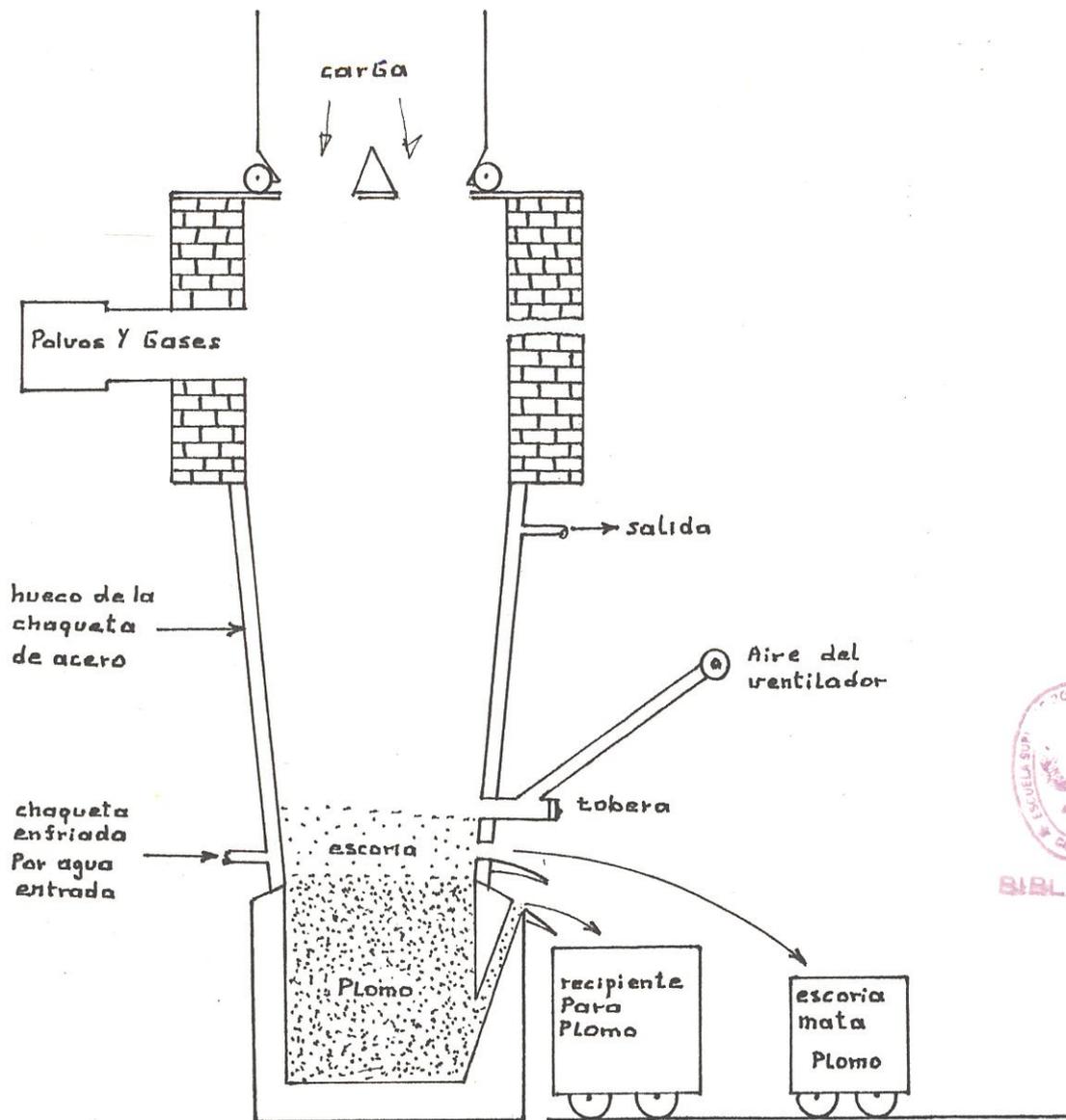


FIG. 1.1 HORNO DE CUBA PARA PLOMO, TIPO PARTE SUPERIOR ABIERTA.

El espáis, la mata y la escoria son relativamente insolubles unos en otros y se separan en capas líquidas. El espáis es un arseniuro de hierro, cobalto y níquel con densidad específica de 6, la

mata un sulfuro de cobre, hierro, cobalto y níquel con densidad de 5,2 y la escoria un silicato de hierro, cal, magnesia y alúmina con densidad de 3,6. La escoria no puede ser desechada ya que contiene aún un 16% de Zn y hasta 2% de Pb, un horno humeante para escoria se utiliza para recuperar estos valores.

Debido a las temperaturas menores que se requieren para fundir el plomo, los requerimientos de refractarios para el horno de cuba de plomo no son tan estrictos, es adecuado el ladrillo refractario para servicio de alta temperatura para la construcción del crisol, el ladrillo de magnésita en las cinco hiladas superiores de las paredes del crisol, contrarresta en forma eficaz la corrosión más severa.

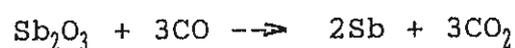
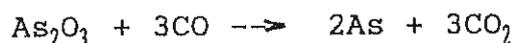
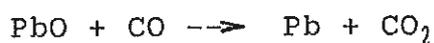
La temperatura del horno se mantiene baja para evitar la pérdida de plomo por volatilización y el ancho entre las toberas se restringe algo, en vista de que la excesiva presión de soplo necesaria para llegar hasta el centro de un horno muy ancho ocasionaría volatilización excesiva de plomo.

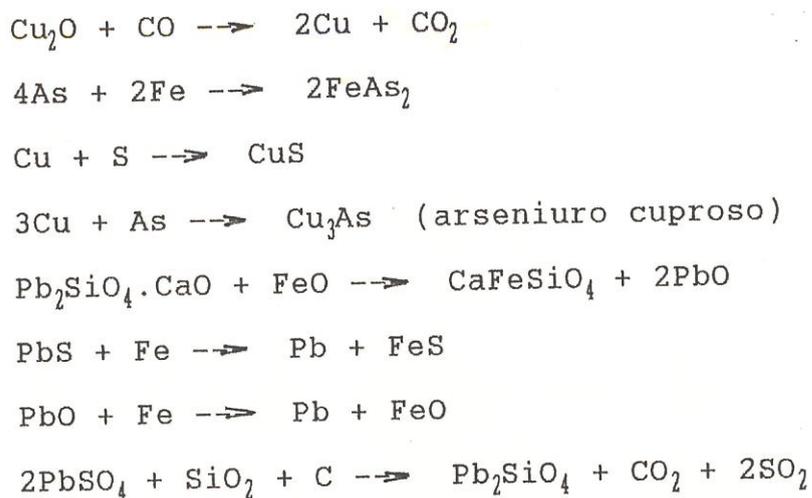
Con la temperatura de operación restringida del horno de cuba para plomo, es imperativo que la composición de la escoria sea tal que se funda y

fluya fácilmente a 1150°C para permitir la buena separación del plomo, la mata y el espáis de la misma.

Se agregan fundentes apropiados para lograr la escoria requerida de bajo punto de fusión. Se han trabajado los hornos de cuba con aire enriquecido con 2,5 a 5% de Oxígeno en las toberas y se han reportado incrementos del 15 a 25% en los regímenes de fusión, con ahorros de coque hasta del 10%.

Química del Alto Horno.- Las dos reacciones que ocurren en la fusión del alto horno son de reducción y la precipitación a temperaturas que varían de 1000 - 1400°C. en la zona de las toberas a 150 - 200°C. en la boca del horno. El carbono suministrado por el coque reduce los óxidos metálicos. A medida que la carga desciende cruzando zonas de temperatura cada vez alta, se producen las siguientes reacciones químicas:





Nombre	Razón de Oxígeno	Fórmula
Subsilicato	2:1	4RO.SiO ₂
Monosilicato	1:1	2RO.SiO ₂
Sesquisilicato	1:1,5	4RO.3SiO ₂
Bisilicato	1:2	RO.SiO ₂



TABLA # I CLASIFICACION DE LAS ESCORIAS POR GRADOS DE SILICATO.

Los productos formados en esas reacciones tienden a separarse en capas según sus pesos específicos que son: escoria 3.6; mata 5.2; arseniuros 6; plomo metálico 11, [ref. 12].

Concentrado no tostado de sulfuro de plomo.- se emplean hornos eléctricos en combinación con la fusión instantánea en el proceso más nuevo para la fusión de sulfuros de plomo; estos hornos son del

tipo de resistencia con electrodos sumerjidos en la escoria. El horno tiene ladrillo de magnesita en el fondo sermiredondo y ladrillo de cromo magnesita en las paredes y el techo.

1.5.3 Conversión.

Es la etapa segunda y final en la fundición de minerales o concentrados de sulfuros y es también una operación de concentración, como lo es la fusión.

La fase líquida del sulfuro metálico de la mata que se produjo en el horno de fusión ha experimentado la separación de la mayor parte de la ganga y una parte del contenido de hierro en forma de escoria durante el paso de fusión, después del cual quedó la mata como una solución compleja pero homogénea de cobre, níquel, cobalto, hierro y azufre con pequeñas cantidades de metales preciosos y otros metales básicos.

La mata debe procesarse para separar la mayor parte de los elementos indeseables presentes, principalmente el hierro y el azufre; esto se hace en un proceso intermitente, que ha veces es de dos pasos conocido como conversión.

El plomo metálico con contenido de azufre.- como se procesa en la fundición Ronnskar de Boliden, se sopla en un convertidor y se oxida el S formando una escoria, una mata y el plomo desoxidado.

El concentrado fino de sulfuro de plomo, de 77% menos 325 mállas, se funde primero por el método de fusión instantánea, en un horno eléctrico arriba del baño líquido para que reaccione la mayor parte del PbS con el aire y formar plomo metálico y SO₂.

El PbS restante que no se oxidó, llega al baño de escoria, en donde experimenta la reacción de tostación-reducción con el PbO retornado del polvo de chimenea y reducirse a plomo bullión con un contenido residual de 3% de azufre.

1.5.4 Refinación.

Es la operación final en la que se separan, y finalmente se recuperan las últimas cantidades de impurezas que aún quedan después de que los procesos extractivos mayores los elementos constitutivos metálicos de valor se han concentrado y separado en su mayor parte de la

gran cantidad de material de ganga asociado. La refinación se considera separado del proceso extractivo.

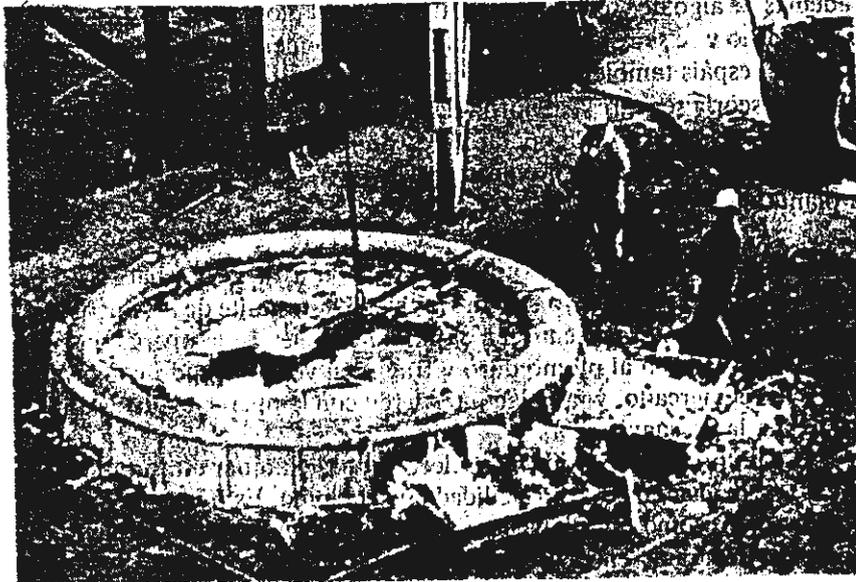
El tipo de refinación del metal impuro depende de las diferentes impurezas y de las cantidades a separar, así como de la pureza deseada del producto metálico refinado, sea que se traten de recuperar o no las impurezas como subproductos. Existen tres tipos de refinación: el de refinación a fuego, el electrolítico y el químico.



Proceso de refinación a fuego.

El plomo de horno de cuba.- el cual es el producto de valor que se obtiene de dicho horno, junto con algo de mata y espáis, contiene todavía pequeñas cantidades de impurezas de metales básicos, arsénico, antimonio, estaño, bismuto y cobre, que tiene que separarse antes de que este el plomo en su forma final, es decir blando y apto para la venta.

Todos estos elementos se separan en una serie de operaciones de refinación a fuego que se hacen en escala relativamente pequeña en pailas o en pequeños hornos de reverbero.



Tomado de la ref. 9.

FIG. 1.2 DESNATADO DE UNA PAILA DE PLOMO.

La formación de un dros.- o segregación de las impurezas es la primera etapa de la refinación, y se efectúa en pailas de hierro abiertas en su parte superior o en pequeños hornos de reverbero, que tienen una capacidad de 200 Tons de metal líquido. La operación consiste en mantener el plomo fundido a una temperatura baja para que las impurezas disueltas en el plomo a temperatura elevada en el horno de cuba, se separen y eleven a la superficie al disminuir su solubilidad en el plomo a menor temperatura.

El plomo de horno de cuba a 927°C se lleva a la

planta para formar un dros y se vacía en pailas, la temperatura se baja hasta 350 C, apenas arriba del punto de fusión del plomo, y alguna de las impurezas, inclusive una porción considerable de cobre, se elevan a la superficie en donde se las rastrilla y extrae, mientras la temperatura se mantiene cte., se la facilita con agitación mecánica o con aire, si aún hay cobre por remover, la agitación, junto con la adición de azufre elemental, hace que el cobre se eleve a la superficie como polvo negro de sulfuro de cobre, el cual se separa también por rastrillado. El producto separado por rastrillado se carga a un pequeño horno de reverbero, a este horno se agrega carbonato de sodio y coque pulverizado como fundentes para formar mata y espáis, los cuales se separan en dos capas, además algo de escoria que flota encima. El plomo líquido se acumula en el fondo del horno y se saca periódicamente por las piqueras para regresarlo a la paila.

El reblandecimiento.- es el segundo paso de la refinación a fuego; se hace a continuación de formar el dros y su objeto es remover el 1,5% restante de arsénico, antimonio y estaño que están aún presentes en el plomo después de la operación anterior. Estas impurezas vuelven al plomo duro

y frágil, en vez de blando y maleable, como se requiere en el mercado y también interfieren con la operación de desargentización que sigue a la suavivación. El reblandecimiento puede hacerse como operación continua o intermitente teniendo lugar en ambos casos las mismas reacciones generales de la oxidación del estaño, arsénico y antimonio.

La desargentización del plomo suavizado.- conocida como proceso Parker, separa también todo el oro presente, aunque éste se encuentre en cantidades mucho menores que la plata asociada con los minerales de plomo. Los metales preciosos no son impurezas indeseables, pero interesan como subproductos valiosos. La separación se lleva a cabo mediante una aleación con zinc metálico que se agita en el baño. Los metales preciosos tienen mayor afinidad por el zinc que por el plomo.



BIBLIOTECA

La separación del Zinc.- disuelto (0,5 a 0,7) en el plomo desargentizado se efectúa para que el plomo pueda ser aceptado en el mercado. Puede separarse por destilación a vacío y condensación del zinc metálico al aire destilado, inyectando cloro gaseoso en la masa fundida para formar cloruro de zinc y oxidando con aire para formar

óxido de zinc.

El desbismutizado.- separación del bismuto, es el proceso final de la refinación a fuego del plomo y se le conoce como proceso Kroll-Betterton.

Es el proceso que sirve para separar el bismuto del plomo desargentizado y sin zinc, y aprovechando la afinidad del bismuto por el calcio y el magnesio para formar aleaciones con estos elementos cuando están disueltos en el baño del plomo.

1.6 Plomo Aleaciones.

Muchos de los principales usos de las aleaciones de plomo se estudian sobre pilas eléctricas (acumuladores); metales para cojinetes; soldadura; metales para tipos de imprenta, [ref. 12].

El plomo es un metal blando y de densidad elevada, bajo punto de fusión y alto punto de ebullición. Es fácil de fundir, moldear, laminar y estirar por extrusión. Es muy maleable y flexible, lo que permite manejarlo con facilidad en sus aplicaciones. Sin embargo, en virtud de su escasa resistencia mecánica, la ductilidad es mala. Tiene un límite de elasticidad bajo, un



coeficiente de dilatación térmica elevado y excelentes propiedades antifriccionales. Si bien las impurezas presentes en el plomo varían y son pequeñas en cada calidad, son importantes químicamente y obligan a clasificar los plomos para diversos usos.

El plomo, con un punto de fusión bajo ($327,4^{\circ}\text{C}$) se alea con todos los demás elementos parejamente fusibles y forma una serie de aleaciones.

1.6.1 Plomo Antimonioso.

Las aleaciones de plomo y antimonio en proporciones 3-9% de antimonio tienen muchas aplicaciones en la industria.

En los acumuladores eléctricos (baterías), se usa para hacer rejillas, pasta de óxido de plomo para relleno de rejillas, talones y terminales de sus elementos.

En virtud de su excelente resistencia a la corrosión por muchas soluciones químicas, en especial las que contienen ácido sulfúrico, el plomo antimonioso se usa mucho en la industria química en forma de tubos, láminas, válvulas, bombas y accesorios de igual composición. Esta

es de 6 a 8% de antimonio y el resto (plomo duro), por su mayor dureza y resistencia comparadas con la del plomo ordinario.

El plomo que contiene 13% de Sb; 1% de estaño; 02,5% de arsénico y 0,1% de cobre, se usa mucho para fundir guarniciones de ataúdes y para fabricar juguetes.

Propiedad	1% Sb	4%Sb	6%Sb
peso específico (17,8°C)	11,27	11,04	10,88
contracción soldif. %	3,72	3,36	3,11
temp. líquidus (°C)	320	299	285
temp. sólidus (°C)	313	252	252
Coef. dilat. térm. lineal x C entre 20 y 100 Cx10 ⁻⁶	28,8	27,8	27,2
resist. tracción Kg/cm ²	211 ^a	282 ^b	237 ^a
alargamiento %	50	48,3 ^b	65 ^a
dureza Brinell	7 ^a	8,1 ^b	10,7 ^a
módulo elast. Kg/cm ²	140600	---	---
límite temp. vaciado °C	400-500	400-500	400-500



TABLA # II. PROPIEDADES FISICAS DEL PLOMO ANTIMONIOSO.

a) estirado a presión b) laminado

El plomo antimonioso expuesto a la atmósfera adquiere un revestimiento de óxido de plomo y carbonato de plomo que le protege contra la progresión del ataque.

Todos los compuestos de plomo son suficientemente solubles en los jugos digestivos para ser tóxicos.

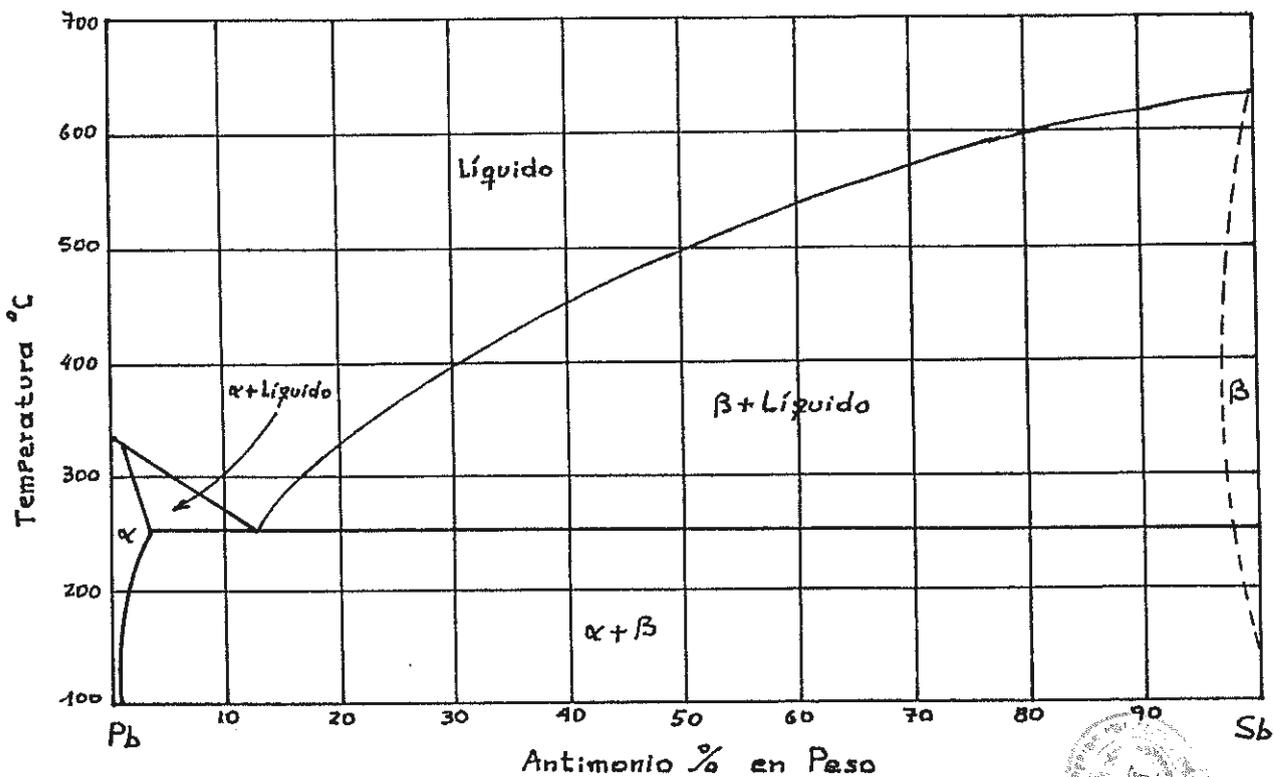


FIG. 1.3 . SISTEMA PLOMO-ANTIMONIOSO.

1.7 Compuestos Inorgánicos del Plomo.

La facilidad con que se combina el monóxido de plomo con el dióxido de silicio para formar un

silicato de punto de fusión relativamente bajo se aprovecha en la industria cerámica para preparar vidriados y en la fabricación del vidrio.

El acumulador eléctrico de plomo es posible gracias al elevado grado de reversibilidad que muestra la reacción química fundamental. En lo respecta al estado físico de los reactivos y a su condición química y eléctrica. El par Pb/PbO_2 especialmente útil por su elevada f.e.m. (72,2 voltios) en ácido sulfúrico diluído.

Casi todos los compuestos de plomo se preparan partiendo del monóxido (PbO) comunmente llamado litargirio, [ref. 12].

Monóxido de Plomo.- PbO , peso molecular 223,21. Existe en dos formas: cristales tetragonales rojizos (alfa - PbO ; litargirio), d. 9,32; estable a la temperatura ambiente y cristales ortorrómbicos amarillos (Beta - Pb ; masicote), d. 9,665; estable a $300^{\circ}C$.

El principal uso del monóxido de Plomo, es la preparación de placas de acumuladores. Para este fin, el polvo parcialmente oxidado obtenido por el procedimiento (el plomo metálico es parcialmente oxidado y molido hasta

convertirlo en polvo, que se carga en un horno de reverbero a 600°C para completar la oxidación), es referido al monóxido de plomo completamente oxidado.

El consumo de monóxido de plomo se da en: acumuladores eléctricos, cerámica, pigmentos de cromo, refinación de petróleo, insecticidas, barnices, caucho, recubrimientos para pisos.

Arseniato de plomo.- se usa en insecticidas.

Azida de plomo.- $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, se usa en explosivos.

Carbonatos básicos de plomo.- un carbonato básico de plomo, el dihidroxicarbonato $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, es comercialmente importante y se fabrica en grandes cantidades llamado albayalde o blanco de plomo (pigmentos).

Formiato de plomo.- $\text{Pb}(\text{CHO}_2)_2$, se usa en la fabricación de composiciones especiales de caucho.

Cloruro de plomo.- PbCl_2 , se usa como reactivo de laboratorio para fabricar el alcohol.

Bromuro de plomo.- PbBr_2 , se prepara tratando yoduro de plomo con bromo. El vidrio es atacado por el bromuro de plomo caliente.

Dióxido de plomo.- (platnerita), PbO_2 , peso molecular 239,2. Existe como cristales de color pardo a negro, de estructura tetragonal. Forma el electrodo positivo de los acumuladores de plomo y ácido, se usa en pararrayos de alto voltaje y como oxidante en las industrias de colorantes y de compuestos químicos.



BIBLIOTECA

Sulfatos de plomo.- los sulfatos básicos son importantes comercialmente como pigmentos para pinturas; el sulfato básico y el sulfato normal de plomo son componentes fundamentales del acumulador eléctrico. El sulfato de plomo ($PbSO_4$), PESO MOLECULAR 303,27. En la naturaleza el mineral anglesita, producto de oxidación de la galena. Cuando se calienta en el aire, se descompone a 500 C; la descomposición es así completa a $1000^{\circ}C$.

Sulfatos básicos de plomo.- como resultado de procesos de fusión se han descrito sulfatos de fórmula ($XPbO.PbSO_4$), en la que X puede ser igual a 1,2 o 4. La reacción del ácido sulfúrico con litargirio puede dar sulfatos básicos de plomo hidratados. Por ebullición de suspensiones de óxido de plomo y sulfato de plomo, se han formado los compuestos siguientes: $4PbO.PbSO_4$, $PbO.PbSO_4$ y

probablemente se forme $3\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Plomo tetraetilo.- $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$, peso molecular 323,4.

El plomo-tetraetilo se fabrica para usarlo como antidetonante en los combustibles para autos y motores de aviones. Por su volatilidad y por la facilidad con que penetra através de la piel intacta, el tetraetiluro de plomo es más peligroso que las sales inorgánicas de plomo.



BIBLIOTECA

CAPITULO II.

FABRICACION Y RECICLAJE DE BATERIAS EN EL ECUADOR.

2.1 Acumuladores de plomo (Baterías).

Además de las pilas que constituyen verdaderos generadores de electricidad, la física distingue a otros elementos similares con el nombre de pilas secundarias, las cuales no generan este fluido, sino que lo almacenan. Estos elementos son los acumuladores, y fueron construidos por Planté en 1858, consistía en dos láminas de plomo arrolladas y mantenidas con cierta separación entre sí por intermedio de unas cintas de caucho. Entre ambas placas había el electrolito de ácido sulfúrico diluído, todo esto se protegía por un recipiente aislante y a cada uno de los polos estaban unidos unos cables.

El acumulador de Planté tenía algunos importantes defectos que fueron superados en el acumulador de Fauré, en 1881. Este físico francés descubrió que, recubriendo los electrodos con una capa de óxido de plomo, se aceleraban los procesos de carga y descarga y construyó, por este procedimiento acumuladores cuya constitución fundamental no ha cambiado, en nuestros

días, de ahí se denominan los acumuladores de plomo (acumuladores FAURE), [ref. 5].

Una forma esquemática de reproducir los elementos de que consta el interior de un acumulador se lo aprecia en la figura 2.1.

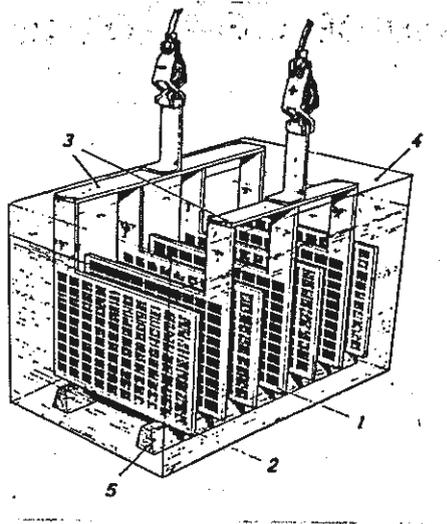


FIG. 2.1 ACUMULADOR DE PLOMO.

Aquí se observa la reunión de placas y separadas entre si, sin que se lleguen a toparse; placas (1 y 2) unidas entre si por una conexión en forma de puente (3).

Todo el conjunto de placas se sumerjen dentro del recipiente en un líquido, se aíslan del fondo del recipiente por unos aisladores de madera (5) que impiden que las placas se lleguen a tocar.

Las placas (1) constituyen las portadoras de la corriente de tipo positivo y las placas (2) del negativo, en el acumulador elemental hay una placa negativa más que positivas. Las placas se construyen de acuerdo a las ideas que preconizara el físico Fauré que se ha denominado procedimiento de los ácidos postizos.

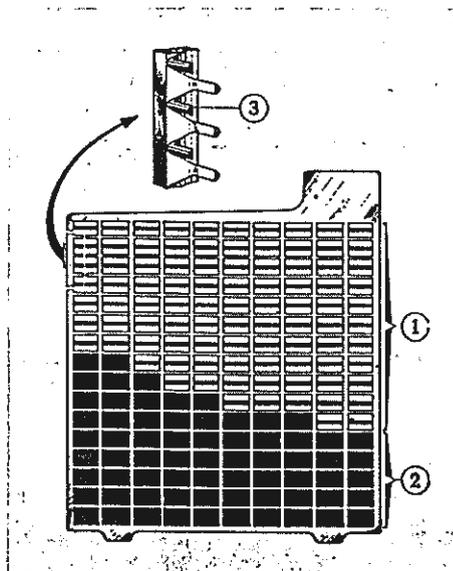


FIG. 2.2 PLACA DE ACUMULADOR DE PLOMO.

Constan de un soporte inactivo (3) que ocupa el lateral de la placa que posee la condición de ser buen conductor de la electricidad y que se construye de plomo y antimonio.

Este soporte inactivo posee una pasta especial obtenida amasando óxido de plomo (minio, litargirio...) con ácido, agua y un aglomerador (cola, gliserina, etc.). En la figura se representa con cuadros negros (2) los alvéolos que se hallan llenos de la pasta y los otros alvéolos

(1) se hallan sin rellenar de pasta. El líquido es una solución de ácido sulfúrico, rebajado con agua destilada o sea agua aciculada.

Desde el punto de vista químico disponemos dentro del acumulador, de los siguientes cuerpos:

- 1- El plomo (Pb).
- 2- El oxígeno (O) contenido en el agua y en el ácido sulfúrico.
- 3- El hidrógeno (H).
- 4- El azufre (S) contenido en el ácido sulfúrico.

Las combinaciones químicas que adoptarán al unirse unos con otros en virtud del paso de la corriente eléctrica, dará lugar a la formación de los siguientes cuerpos, que al transformarse efectuarán la labor de convertir la energía química en eléctrica y a la inversa, estos cuerpos son:

- a) Plomo esponjoso o plomo puro (Pb).
- b) Peróxido de plomo (PbO_2). c) Sulfato de plomo (SO_4Pb)
- d) Acido sulfúrico (SO_4H_2). e) Agua pura (H_2O)

El acumulador está compuesto por una serie de placas entre las que se establece la diferencia de potencial

que da origen a la corriente eléctrica. . . Entre las placas (+) y (-) se establece un circuito eléctrico. El material activo de la placa (+) es (PbO_2) y la placa (-) (Pb).

El ácido sulfúrico y el agua alrededor de las placas forman el electrolito. Para producirse el paso de la corriente eléctrica ha debido pasar lo que sigue: el SO_4H_2 del electrolito se ha descompuesto y parte de su azufre y de su Oxígeno se han unido al PbO_2 placa (+) formando SO_4Pb_2 . Otras partes de Oxígeno y asufre se han combinado con el Pb puro que se halla depositado en la placa (-) formándose SO_4Pb . Otra transformación química la del H que se ha quedado libre al producirse la combinación del SO_4H_2 , este H y parte de Oxígeno se han combinado formando agua.

Tenemos una batería cargada en su proceso quimicamente:

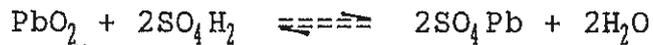
placa (+)	electrolito	placa (-)
PbO_2	$\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$	Pb



Tenemos una batería descargada en su proceso quimicamente:

placa (+)	electrolito	placa (-)
SO_4Pb	$\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$	SO_4Pb

La fórmula establecida por Tribe y Gladstone en 1882, llamada de doble sulfatación, fórmula reversible:



Cuando la corriente de carga introducida en la batería, la reacción se cumple de izq. a der. y cuando cede su corriente almacenada la reacción se cumple de der. a izq.

Cuando se efectúa un proceso de carga, la situación queda inadvertida y a medida que son atravesados por la corriente de carga, los elementos químicos vuelven al estado inicial. En este momento la corriente debe entrar por la placa (+) y salir por la (-) lo que explica la necesidad de la corriente continua para carga de la batería. Esta corriente ocasiona que parte del azufre y del Oxígeno se desprenda de las placas y en unión del agua del electrolito forme ácido sulfúrico.

2.1.1 Acumuladores de plomo, partes constituyentes.

Sus elementos son:

- 1) recipiente, 2) placas, 3) separadores, 4) electrolito,
- 5) conexiones.

Se representa el corte parcial de un acumulador:

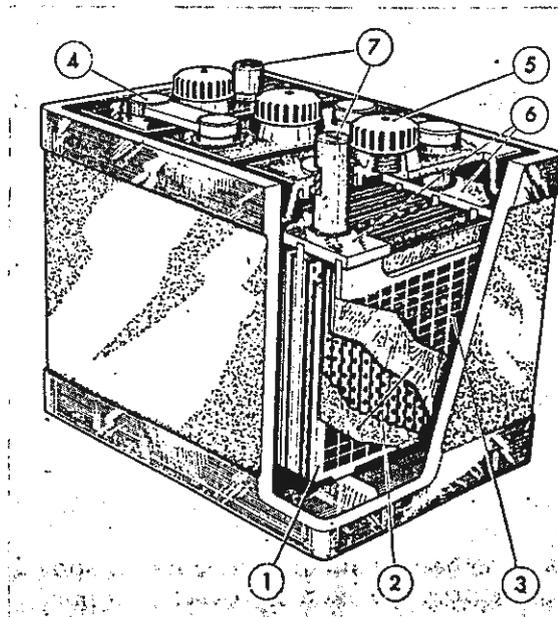


FIG. 2.3 CORTE PARCIAL DE UNA BATERIA DE ACUMULADORES DE PLOMO.

1) Recipiente.

No es mas que un receptáculo que sostiene en el interior las placas y demás accesorios y el electrolito siendo el ácido sulfúrico muy corrosivo el recipiente debe poseer buena resistencia mecánica al peso considerable de las placas de plomo y cualidades para no ser atacado por el ácido y desde luego gran aislante para evitar cortocircuitos que inutilizarían rápidamente su almacenamiento, o en caso de débiles contactos, rebajarían de manera considerable el rendimiento del mismo. El material más idóneo para cumplir todos estos requisitos es la bakelita.

2) Placas.

El objeto de las placas consiste en aprisionar sobre los múltiples agujeros de que se compone su plomo, la materia activa que se producirá al haber el intercambio de corriente eléctrica en química. Esta transformación se hace a base de pequeñísimas partículas que se adhieren sobre las placas cuando la corriente eléctrica atraviesa el electrolito.

En un conjunto de placas se observa las numerosas celdillas que se componen dentro de las cuales se adhieren las partículas. Se debe saber distinguir entre las placas (+) y (-) ya que ambas tienen diferente misión y no se deben confundir, las placas negativas son las de color más claro, las placas (+) siempre son una menos que las (-).

Todas las placas de un mismo signo se agrupan por medio de una pieza llamada puente de unión. Esta pieza es una placa en cuya parte superior se halla el borne, que saldrá al exterior de la caja de la batería y por medio del cual se recogerá la corriente del signo que las placas tengan.

3) Separadores.

Si las placas de diferente signo se llegan a contactar

entre sí, se producirá un cortocircuito. Para evitarnos ésto, se coloca entre placa y placa, unas finas láminas separadoras que generalmente son de madera de cedro, ebonita ondulado (perforado al 50%) y de madera, lana de vidrio y de madera, separador liso de ebonita (perforado al 50%) y de madera, a base de tiras de goma colocadas sobre una superficie de algodón. Con esto se consigue aproximar al máximo las placas de diferente signo cuya ventaja es reducir sus dimensiones y evitar cortocircuitos.

4) Electrolito.

Se compone de ácido sulfúrico y agua destilada, la mezcla de estos dos productos es forzoso que reúna unas condiciones determinadas para que el electrolito posea las cualidades requeridas que permitan su transformación en materia activa a través de la reacción química.

Este punto ha sido fijado en una densidad de 1.150 lo que viene a representar unos 18 grados Baumé. El ácido sulfúrico que se vende en el comercio acostumbra a tener una densidad que oscila entre 1400 a 1500 lo que equivale, aproximadamente, a unos 40 a 50 grados Baumé.

Para que esta densidad del ácido llegue a ser solamente de los 18 grados Baumé que hemos indicado, se comprende que es necesario diluirlo en agua destilada cuya densidad es, en este caso 1000.

La densidad del electrolito se mide con un densímetro o pesa-ácidos, sirve para conocer el estado de carga de la batería.

5) Conexiones.

La forman la tapa del acumulador, la pieza que una vez colocadas las placas en el interior del recipiente servirá para protegerlas del exterior.

La tensión del acumulador no puede ser mayor de 2 voltios, para mayores tensiones se acude a unir en serie los bornes y se usan los conectadores.

2.2 Montaje y Desmontaje de la Batería.

2.2.1 Desmontaje de la Batería.

En la práctica la batería se desmonta siempre completamente, puesto que todos los defectos parciales que pueda tener algún acumulador es casi seguro que habrán afectado también a los otros acumuladores que se hallan en contacto. Así, si una descarga excesiva de la batería ha producido en un elemento la sulfatación, no hay que ser tan optimista como para creer que los otros casos se

hallan en un estado aceptable.

Primero se debe realizar una buena limpieza de su exterior.

Luego se pasa al desmontaje de los conectadores.

Se sacan todos los tapones de aireación, para vaciar el contenido del electrolito, y se extraen los conectadores sujetos por medio de soldadura, luego de sacados los conectadores se ablanda la pasta del sellador de baterías a fin de poder extraer cada uno de sus acumuladores.

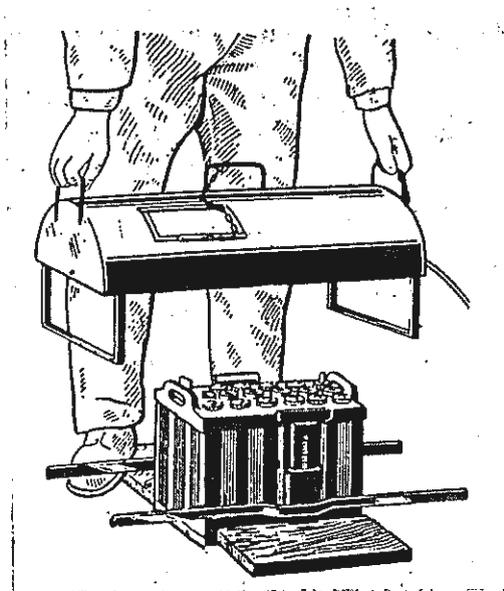


FIG. 2.4. USO DEL CALENTADOR ELECTRICO PARA REBLANDECER LA PASTA.

Se observa el desmontaje correcto con la ayuda de tenazas. A medida que se vayan sacando deben dejarse inclinadas, para que los acumuladores puedan, escurrir todo el electrolito que

haya podido quedar entre sus placas. Debe tomarse en cuenta que el aire ataca rápidamente al plomo (a su composición química).

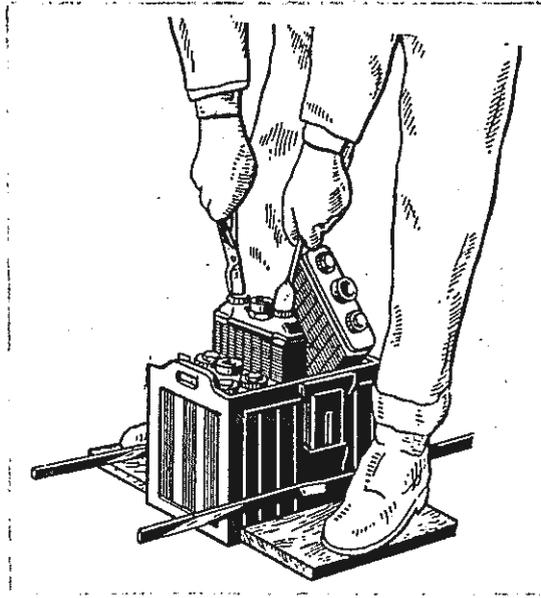


FIG. 2.5 DESMONTAJE DE BATERIA (CORRECTAMENTE).

2.2.2 Montaje de la Batería.

La operación descrita anteriormente se hace con el fin de desmontar la batería para repararla pero por su forma de separación, bien nos puede servir para el desmontaje correcto antes de preparar el material de carga para fundiciones.

Se comienza el montaje de las placas, con su respectivo puente de unión, así se procede con todos los conjuntos de placas de cada signo que componen todos los acumuladores que lleva la batería, se juntan las placas (+) con las (-). Una vez hecha esta operación es

necesario colocar entre cada una de las placas los separadores. Estas operaciones se efectúan previo al montaje propiamente de la batería, así como el montaje de la tapa en cada uno de los bornes del puente de unión. Luego se efectúa el montaje de cada uno de los elementos sobre el recipiente. Previo a esto se lava con agua caliente para sacar las impurezas depositadas en el fondo y para reblandecer el material del recipiente que facilitará el montaje del acumulador. Luego de comprobar el ajuste necesario se sella la batería reblandeciendo la pasta vertiendo el sellador sobre las ranuras de las tapas.



Luego se sueldan los conectadores cuidadosamente para no perjudicar el plomo de las placas. La suelda se da con muy poca llama, con una aleación de plomo y estaño.

Ahora se llena cada uno de los acumuladores con el electrolito, con una proporción precisa que oscila entre 8 a 10 mm por encima de las placas, y se colocan los tapones de aireación y la batería puede someterse a carga antes de utilizarla.

2.3 Características de funcionamiento de Baterías.

Se estudiarán las características eléctricas del acumulador de plomo, cómo pueden acoplarse para obtener determinadas condiciones de intensidad y de tensión.

a) Características de Carga.

El circuito de carga comprende un interruptor unipolar, un disyuntor automático unipolar de mínima tensión y un amperímetro.

La batería se carga directamente de un generador de corriente continua. Mediante el disyuntor, se corta automáticamente la carga antes de que la tensión entre el generador y la batería se anule; de lo contrario, llegaría un momento en que la fuerza electromotriz de la batería sería mayor que la del generador y la batería descargaría sobre este, que actuaría entonces como motor [ref. 5].

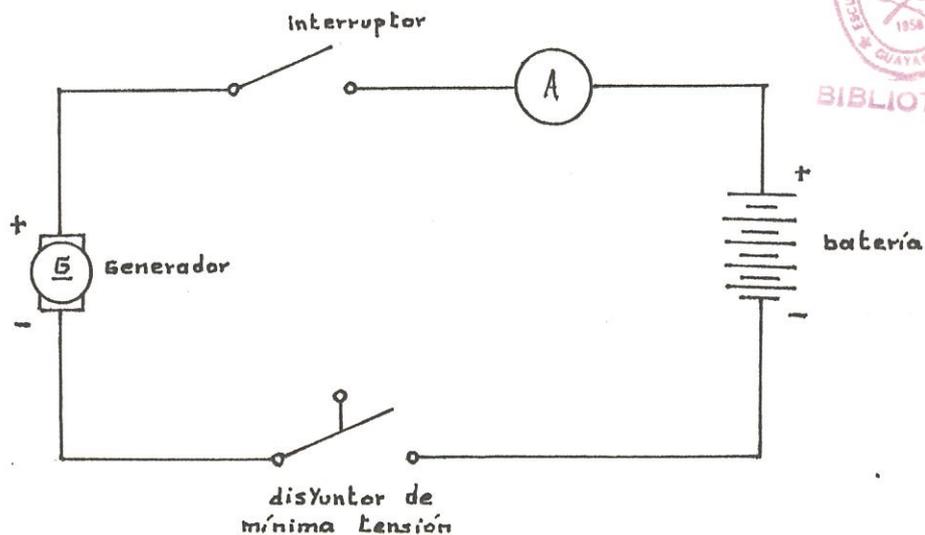


FIG. 2.6 CIRCUITO DE CARGA DE UNA BATERIA DE ACUMULADORES.

Durante la 1era. etapa, es necesario también un

reostato, no rep. en la figura, ya que esta lera. carga es la que produce la formación de las placas y la fuerza contraelectromotriz que opona la batería al generador es casi nula, la resistencia interior es muy pequeña, y la corriente que atravesaría el acumulador sería excesiva si no se impusiera una resistencia adecuada entre el generador y la batería. Se va regulando la resistencia del reostato de forma que la corriente (señalada por el amperímetro) no sobrepase un valor determinado que por lo general, es un dato suministrado por el fabricante. A medida que se va cargando la batería, va aumentando la resistencia interior de esta y se va disminuyendo progresivamente la resistencia del reostato, hasta suprimirla completamente. A partir de este momento, se mantiene la corriente de carga sensiblemente constante modificando da forma adecuada la fuerza electromotriz del generador de carga.

En estas condiciones, la batería funciona como un receptor de energía, con una fuerza contraelectromotriz a la que se llama E' . Si E es la fuerza electromotriz del generador y R la resistencia total del circuito comprendiendo la resistencia interior de la batería la corriente de carga sería:

$$I = (E - E') / R$$

Si llamamos (e) a la fuerza electromotriz de un elemento de la batería, siendo I la corriente de carga y (r) la resistencia interior de este elemento en un instante determinado de la carga, la diferencia de potencial entre los bornes de un elemento sería:

$$u = e + r \cdot I$$

de forma que la medida de esta diferencia de potencial no puede caracterizar el estado de carga del elemento si no a condición de cargarlo con una corriente determinada.



BIBLIOTECA

En la fig. se expresa la variación de la fuerza electromotriz de un elemento para una carga de 3 hrs., al comenzar la carga esta fuerza electromotriz vale aprox. 1.8 V. y sube rápidamente hasta 1.9 V. manteniéndose después a unos 2 V. durante toda la carga, al terminar la carga el valor de la fuerza electromotriz se eleva lero. rápidamente a 2.2 V. luego lentamente hasta 2.4 V. y finalmente de una manera brusca a 2.73 Voltios.

Es de interés poder reconocer el momento en que el elemento este completamente cargado.

Los elementos de juicio para determinar el final de la carga son:

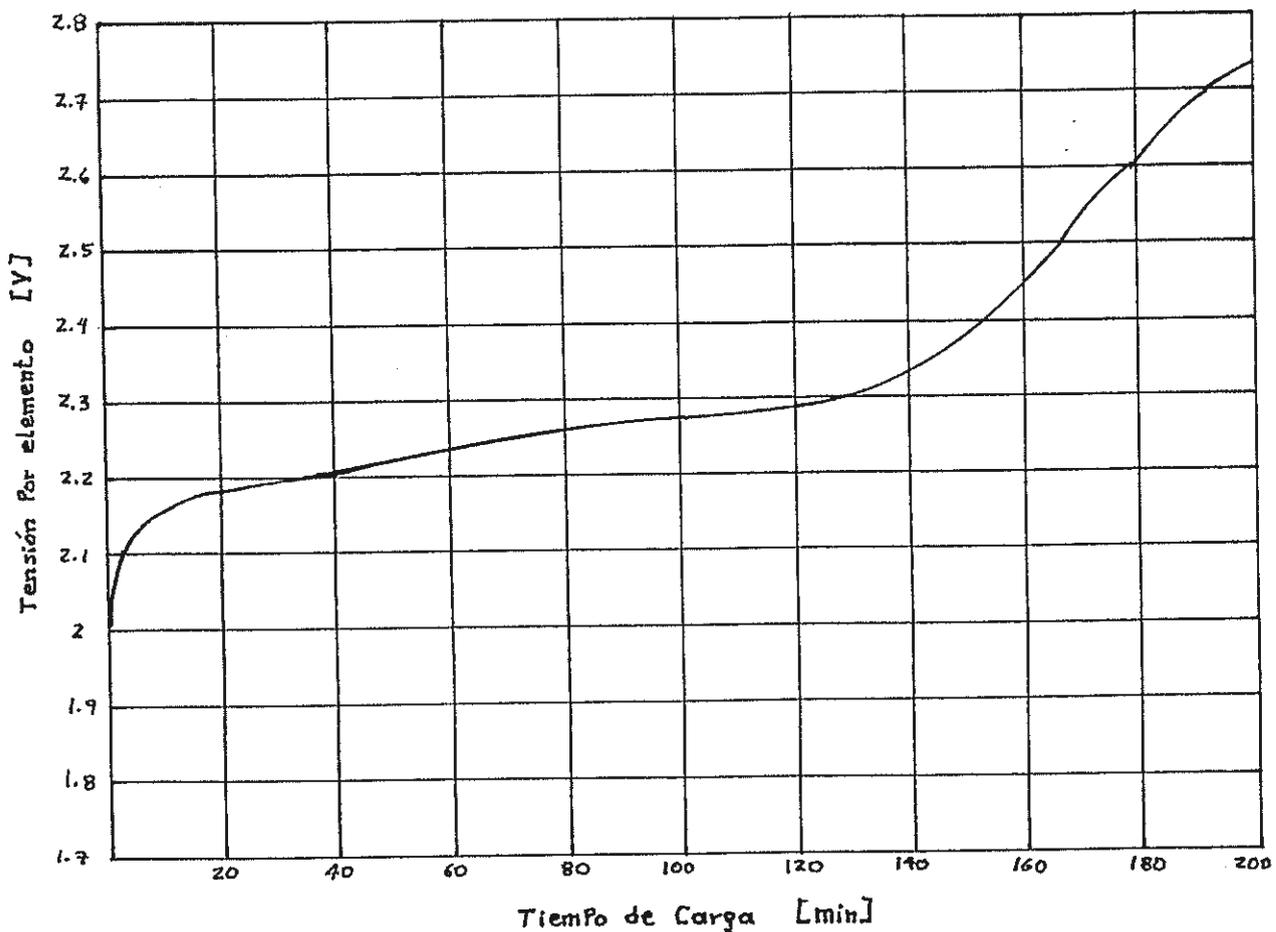


FIG. 2.7 VARIACIONES DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ DE UN ACUMULADOR DE PLOMO PARA UNA CARGA DE 3 HORAS.

Es de interés poder reconocer el momento en que el elemento esta completamente cargado. Los elementos de juicio para determinar el final de la carga, son:

- a) debe cesar la carga, cuando el voltímetro nos marque 2,2 V por elemento.
- b) Al final de la carga, la corriente descompone el electrolito y se desprenden abundantes gases que remueven las partículas depositadas en el fondo del recipiente, enturbiando el electrolito.

c) La densidad del electrolito aumenta de forma continua durante toda la carga.

b) Características de descarga.

Una vez se ha terminado la carga, el acumulador queda en condiciones de utilizarse como generador. En la figura 2.8 se expresan las variaciones de la fuerza electromotriz de un elemento, para una descarga de 3 hrs. Al comenzar la descarga la fuerza electromotriz que vale 2.2 V. cae bruscamente a 2 V. y se mantiene cte. en este valor hasta que ha terminado la descarga.

En este momento, cae bruscamente a 1.8 V. lo que marca que la batería ha quedado completamente descargada.

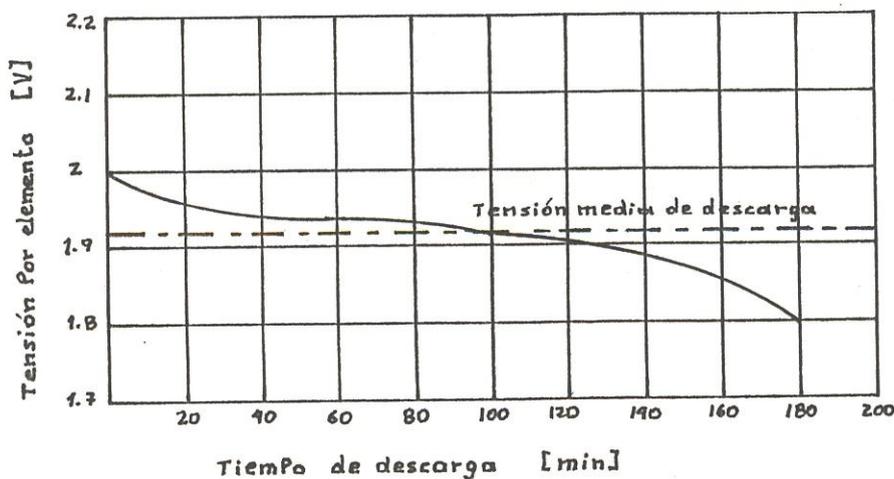


FIG. 2.8 VARIACIONES DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ DE UN ACUMULADOR DE PLOMO PARA UNA DESCARGA DE 3 HORAS.



Durante la descarga, la diferencia de potencial entre los bornes es siempre menor que la fuerza electromotriz y vale:

$$u = e - r \cdot I$$

donde I es la corriente de descarga y r la resistencia interior de un elemento. La corriente de descarga vale:

$$I = E / (R + r)$$

siendo E la fuerza electromotriz de la batería, r la resistencia interior de la misma y R la resistencia del circuito exterior.

Acoplamiento de acumuladores.

a) Acoplamiento en Serie.

Fuerza electromotriz total

$$E = ne$$

Resistencia interior: $r_t = nr$

Intensidad de corriente producida:

$$I = ne / (R + nr)$$

Tensión en los bornes de la batería:

$$U = ne R / (R + nr)$$

Potencia eléctrica suministrada:

$$P = n e R / (R + nr)$$

b) Acoplamiento en Paralelo.

Fuerza electromotriz total: $E=e$

Resistencia interior:

$$r_t = r/n$$

Intensidad de corriente producida:

$$I = ne / (nR + r)$$

Tensión en los bornes de la batería :

$$U = neR / (nR + r)$$

Potencia eléctrica suministrada:

$$P = n e R / (nR + r)$$

c) Acoplamiento Mixto.

Fuerza electromotriz total: $E = ne$

Resistencia interior:

$$r_t = nr / n'$$

Intensidad de corriente producida:

$$I = nn'e / (n'R + nr) = Ne / (n'R + nr)$$

Tensión en los bornes de la batería:

$$V = NeR / (n'R + nr)$$

Potencia eléctrica suministrada:

$$P = N e R / (n'R + nr)$$

Los símbolos literales representan:

e = fuerza electromotriz de un elemento



r = resistencia interna de un elemento
 n = número total de elementos (serie y paralelo)
 n = número de elementos en serie (mixto)
 n' = número de grupos en paralelo (mixto)
 $N = nn'$ = número total de elementos (mixto)



BIBLIOTECA

2.4 Averías y reparaciones de baterías.

Una batería que se halla bien estudiada, en cuanto a su capacidad para un determinado circuito, solamente empieza a tener averías cuando su vida puede darse por finalizada, de modo que las reparaciones son aconsejables en condiciones normales de suministro, ya que han de resultar mas caras que la compra de una nueva. Luego de unos años de funcionamiento, la batería empieza a presentar síntomas anormales, luego en la raparación se sustituyen muchas piezas fundamentales (placas, separadores, etc.) cuyo precio por unidad suelta es superior al conjunto de una batería nueva.

a) Cortocircuitos Internos.

No debe existir en el interior de la batería, ninguna conexión eléctrica entre las placas positivas y las negativas, si así lo fuera, se producirá una descarga eléctrica que mantiene a la batería por debajo de su capacidad y voltaje, determinando el bajo rendimiento.

Las causas principales por las que se producen estos cortocircuitos internos suelen ser:

- Por contacto indebido entre dos placas de diferente polaridad.
- a travéz de una formación conocida como rama de material de placa a placa.
- por contactos mutuos entre las placas a travéz de los sedimentos que deben depositarse en el fondo del recipiente.

b) La Sulfatación.

Las impurezas afectan a las placas dentro de la batería, como los residuos metálicos, los ácidos y los componentes orgánicos.

La sulfatación de la batería es la más grave de las averías, consiste en la transformación en sulfato de plomo de la materia activa de las placas, seguida por una progresiva cristalización del sulfato de plomo (placa de color blanquinoso que ya no se transforma luego en materia activa). Con ésto, la tensión entre bornes de un elemento disminuye. La sobresulfatación, casi siempre se encuentra en el hecho de someter la batería a una descarga rápida con fuerte salida de corriente, por ejemplo; el uso exagerado del motor de

arranque durante el invierno. Por esta misma razón una carga excesivamente rápida, efectuada con una corriente de carga excesiva, produce efectos de sulfatación.

Causas probables de sulfatación:

- 1- El mejor enemigo de la sulfatación es el hecho de que la batería se halle bien cargada. Hay que cuidar que la corriente proporcionada por el regulador sea siempre exactamente la que la batería precisa para su funcionamiento.
- 2- Hay que impedir que la batería se halle largos períodos de Tiempo inactiva.
- 3- Un uso excesivo de corriente en un auto con muchos accesorios eléctricos, cuyo dinamo produce una corriente de carga insuficiente.
- 4- La inversión de la polaridad en las placas, haber montado, por ejemplo, una placa (-) entre las (+) o a la inversa, descarga muy rápido la batería.
- 5- Exponer las placas (-) al aire, produce una rápida oxidación de su superficie en la parte donde se encuentra el plomo esponjoso, la misma que endurece las placas y constituye la base de la sulfatación.
- 6- Con un bajo nivel del electrolito.



La sulfatación (sulfato de plomo) es un aislante eléctrico, entonces la batería queda inactiva para cumplir su función. Con sulfato de plomo en las placas, resulta indiferente al paso de la corriente de carga.

Para el caso de baterías grandes (por su costo), se debe desmontar los acumuladores y revisar una a una, las placas, rascando la parte sulfatada (cuando ésta es pequeña), o cambiar las placas más afectadas.

c) Comprobaciones con el densímetro.

Para conocer el valor de la densidad que tiene el electrolito se utiliza el densímetro, con este aparato podemos conocer, si el peso específico resulta muy bajo, o muy alto (si existe una irregularidad o desigualdad en este valor para los diferentes acumuladores) primordialmente deben realizarse lecturas con el voltímetro, ya que, si han existido pérdidas de electrolito y se ha adicionado ácido sulfúrico la lectura del densímetro nos dará una imagen falsa de lo que ocurre realmente en el interior del acumulador.

Se debe tomar la temperatura ambiente para hacer una lectura correcta de la densidad del líquido. En la figura, tenemos una escala de rectificaciones de la



BIBLIOTECA

densidad según la temperatura.

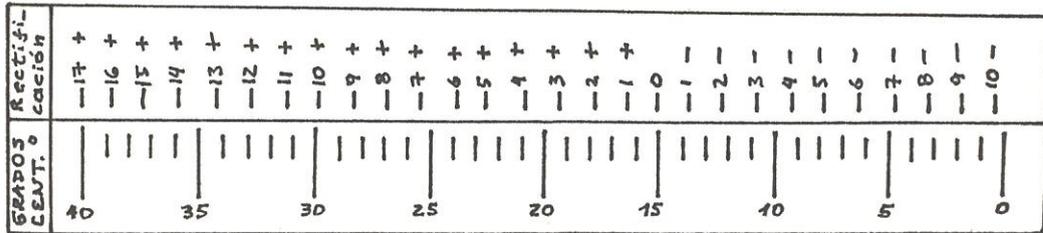


FIG. 2.9 ESCALA DE RECTIFICACIONES DE LA DENSIDAD, SEGUN LA TEMPERATURA.

En la figura anterior se ve la manera de efectuar la corrección de la lectura, por ejemplo; si el electrolito está a 30° C, con el densímetro éste marca 1,260 la densidad real será $1,260 + 0,010 = 1,270$.

A una temperatura de 2 grados, la densidad real será $1,260 - 0,009 = 1,251$.

La densidad normal de las baterías acostumbra a ser:

Totalmente cargada ----- 1,275

A media carga ----- 1,230

Totalmente descargada ----- 1,110

Para el uso del voltímetro, tener una escala de quince voltios para medidas de tres voltios (para medir la

tensión máxima de cada acumulador independiente de los demás), también de ocho voltios para baterías de seis y de quince voltios para baterías de doce. Al final de la carga cada acumulador debe dar una medida que oscila entre 2,4 a 2,6 voltios, [ref. 5].

Sí, luego de haber salido de la carga, la batería acusa un rápido descenso de su voltaje dándonos lecturas por debajo de 2,2 o 2,1 voltios, es señal que existe un cortocircuito interno.

Sí, después de la carga la batería da tensiones muy elevadas; tensiones del orden de 2,7 a 2,8 voltios por elemento, nos indica envejecimiento de la batería y que la materia activa se halla reblandecida o excesivamente porosa.

d) Averías generales de una batería de acumuladores de plomo.

* Placas positivas.- una placa positiva averiada presenta una vista al tacto (superficie cristalina y de color brillante). El defecto puede ser debido a:

- Bajo estado de carga.
- Mucho tiempo sin carga.
- Electrolito de baja densidad.

- Si presenta la materia activa un color blanquecino, debido a grandes descargas.



Si la placa presenta regiones diferentes de colores y de aspecto diferente de la materia activa, este defecto se produce cuando el nivel del electrolito es insuficiente.

Otro aspecto de placas (+) en mal estado se presenta con la materia activa blanda color anaranjado y se nota muy acentuado el relieve de las rejillas, estos defectos pueden deberse a cortocircuitos de placas, las que tienen rejillas corroídas, causadas por sobrecargas. También este estado puede presentarse en el caso de que se halle en muy bajo estado de carga, [ref. 5].

* Placas Negativas.- las placas en mal estado se presentan con pequeñas ampollas debidas a sobrecargas. Pueden sulfatarse enteramente, la pasta es dura y de un color blanquecino. También se presentan, con su materia activa muy blanda, que ha desaparecido de muchas partes de la rejilla. En este estado acostumbran a quedar las placas que han trabajado con un electrolito de elevada densidad. Otro caso de mal estado de placas, es la falta de nivel correspondiente del electrolito, se observa diferentes coloraciones de placa.

* Separadores.- averiadas, se muestran corroídos, esto se debe a baterías que se han sometido a vibraciones.

2.5. Investigación sobre el proceso de fabricación de baterías en nuestro país.

Nos hemos centrado para esta parte del trabajo, en el proceso de fabricación de las placas de baterías, siendo éstas de mayor interés y con las que trabaja en las experiencias.

Se realizó la investigación del proceso de fabricación de placas de baterías, en la Fábrica de Baterías Yuasa (Auto Parts Japonés S.A., baterías perfecta de polipropileno) ubicada en la ciudad de Cuenca, este proceso es en realidad similar en todas las fábricas de baterías del país.

Fabricación de las placas de plomo.

Flujo de material.- el proceso es de ensamble o de unión (expresado algunas veces como $dM > 0$) caracterizado de la siguiente forma: La geometría final se obtiene ensamblando o uniendo componentes, de manera que la masa de la geometría final es aproximadamente igual a la suma de las masas de los componentes, [ref. 1].

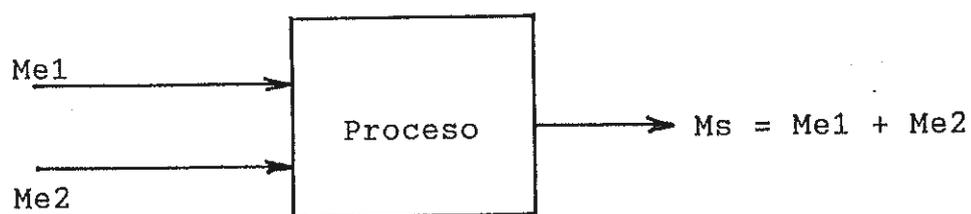


FIG. 2.10 PROCESO DE INCREMENTO DE MASA.

El estado del material en el proceso de las placas de plomo, es un proceso de material compuesto, ya que puede aparecer al mismo tiempo en diferentes estados.

Como material para las rejillas se emplea plomo puro, exento de otros metales, como cobre, oro, plata, estaño y sobre todo arsénico.

Las fundiciones suministran, por lo general, el plomo de una pureza de 99.98%, por ejemplo, el suministro a la Industria de baterías referida, lo hace una fundidora Peruana COIPSA, la que también provee litargirio y minio, para la preparación de las pastas.

Siempre se somete a este material a un análisis previo.

Lingotes de plomo puro es un metal grisazulado, brillante en los sitios donde se ha cortado y muy dilatado (vease la foto), pero resistencia mecánica reducida.

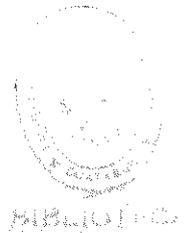
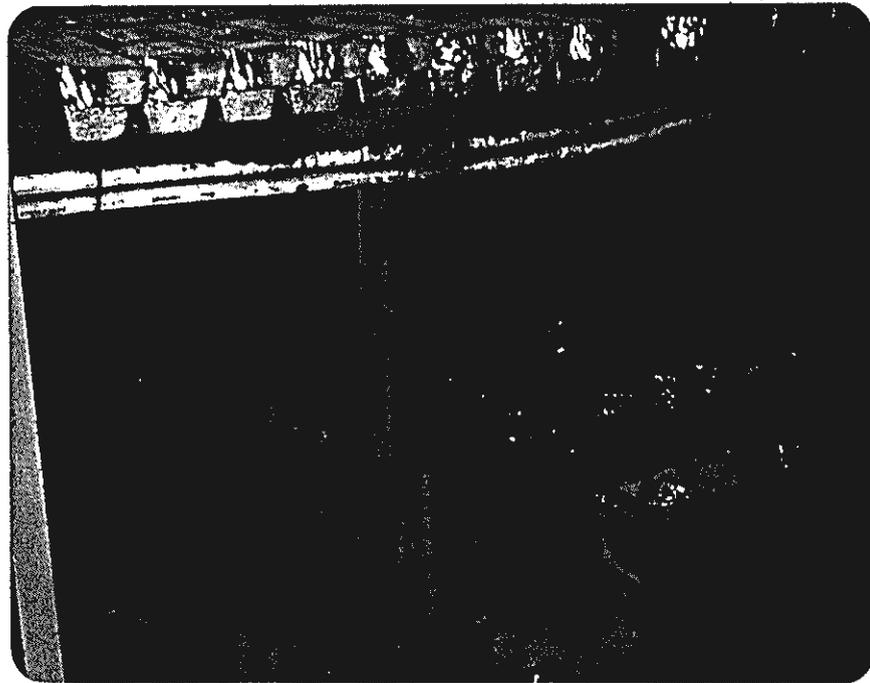


FIG. 2.11 LINGOTES DE PLOMO PURO.

Este plomo se rompe sometiéndolo a una carga de 1,3 Kg/mm²; comprimiéndolo, a una de 5 Kg/mm², su punto de fusión es 340°C; al solidificarse se contrae mucho (un 1/92 de su longitud), por lo cual los moldes quedan mal llenados, [ref. 12].

Al calentar plomo al aire libre, se forma primeramente plomo gris sucio, y luego óxido de plomo amarillo o litargirio (PbO), que, al calentarlo más, absorbe más oxígeno y se convierte en minio rojo (Pb₃O₄). Ambos óxidos de plomo, lo mismo el litargirio que el minio; tienen mucha importancia como masa de relleno de las



placas.

Este plomo de fabricación de placas debe ser muy puro, ya que la menor impureza de otro metal da lugar enseguida a los llamados procesos químicos locales, los mismos que dan lugar fácilmente a que el cuerpo de plomo se destruya, o bien a que la masa de las placas se transforme en sulfato de plomo, originando que el elemento se descarguen continuamente y por si mismo, y entorpeciendo el que pueda recargarse de nuevo porque una capa demasiado grande de sulfato de plomo impida el paso de la corriente.

Unicamente el antimonio es una excepción, y por tal motivo se añade al plomo, el antimonio (Sb), es un material brillante como la plata, cristalizado y de propiedades análogas a las de los metales. Su punto de fusión se halla hacia los 440°C ; su solubilidad en los ácidos es análoga a la del plomo.

Fundiéndolo con este último, lo endurece mucho, resultando la placa de plomo mucho mas resistente contra los efectos electrolíticos corrosivos que se producen en el elemento. Esta aleación empleada aquí es el metal Julien, compuesto de plomo y 6% de antimonio.

Para la obtener el metal de las rejillas, primero se funden los lingotes en un horno de crisol, como vemos en

la foto:



FIG. 2.12 HORNO PARA FUNDIR LINGOTES DE PLOMO PURO.

En la foto anterior se observa parte de la escoria (óxido de plomo) en la superficie, así como parte de la bomba succionadora de plomo líquido (feed pipe a 480°C , mientras el horno permanece a 500°C , lead melting furnace Chino Works Ltd). Esta escoria se la saca continuamente con un cazo, y se la lleva a un segundo horno de crisol pequeño, para volver a formar lingotes como se ve en las fotos, aquí se funden rebabas de placas, rejillas y residuos, así como placas que no pasan el control de calidad.

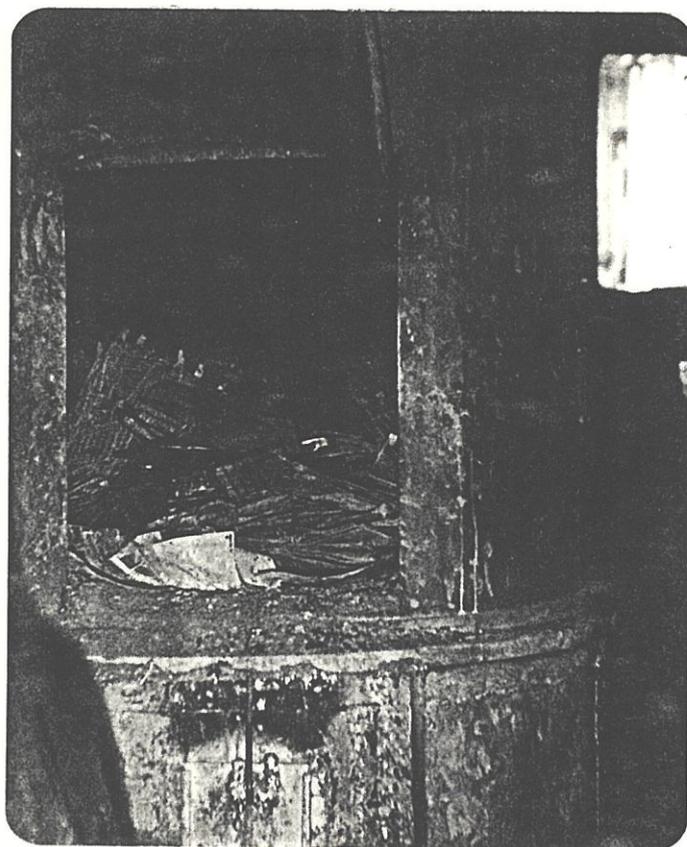


FIG. 2.13 HORNO DE CRISOL PARA FUNDIR PLACAS, ESCORIAS DEL PRIMER HORNO Y REBABAS.

En estos hornos de fundición, la superficie del plomo líquido queda constantemente en contacto con el aire atmosférico, por cuyo motivo se forma mucho residuo de óxido y cenizas de plomo. El material del crisol es una mezcla de arcilla refractaria y grafito.

Luego para conseguir una fundición perfectamente lisa, los canales y huecos se graban y pulen a posteriori o a veces se fresan en una placa metálica maciza y las que no pasan el control de calidad se vuelven al horno secundario junto con las rebabas.

De la misma manera se fabrican los puentes de plomo de sección rectangular o angular para unir las placas y los elementos. La unión de las placas entre sí, se hace con un soplete de soldadura por hidrógeno, la llama de hidrógeno actúa, no solo por su elevada temperatura, sino también por el hecho de que el hidrógeno sobrante hace imposible se forme una capa de óxidos, que impediría la soldadura, gracias a su propiedad reductora.

Luego viene el empastado de las placas, construídas según el sistema Fauré; la capa activa no está formada del mismo cuerpo de plomo, si no que se obtiene aplicando a la rejilla una pasta de plomo. Los materiales empleados son: litargirio para las placas negativas y minio para las positivas.

El litargirio (PbO) empleado en la fabricación de los electrodos negativos se forma al calentar plomo sobre una llama. Calentándolo largo tiempo al aire libre, absorbe oxígeno, transformándose en óxido de plomo rojo (minio Pb_3O_4), que es un polvo cuyo color varía del amarillo vivo al rojo, sus propiedades son análogas a las del óxido de plomo.

Los materiales empleados en la fabricación de la pasta, óxidos de plomo o polvos de plomo, se amasan bién en

ácido sulfúrico diluido hasta formar una masa espesa, plástica y no demasiado fluída. La masa se extiende sobre las placas a mano.

Primero se lavan y cepillan bien las rejillas con agua de cal, para quitarles todo rastro de grasa adherida; luego se colocan sobre placas lisas de vidrio de espejo mateado, y luego se aplica la masa sobre los orificios de las rejillas, luego se les pasa un rodillo para regular su distribución.

Las placas terminadas se colocan sobre bastidores de madera poco separadas entre sí, dejándolas que se sequen varios días en un lugar que no es muy caliente, como se ve en la foto:

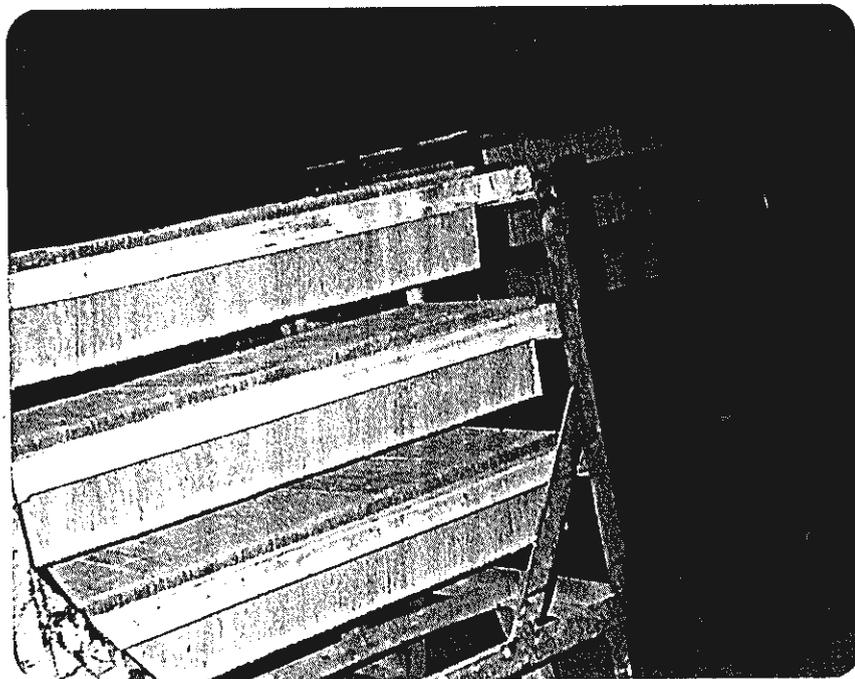


FIG. 2.14 SECADO DE LAS PLACAS.

Como se presentan grietas, se sumerjen las placas en ácido sulfúrico diluído a unos 5 Bé (peso específico 1,037), y se dejan dentro de este baño de 6 a 10 hrs., según la dureza deseada.

Al final de la fabricación se montan las placas en los recipientes contenedores y se llevan a cargar las baterías aproximadamente por 3 días, como se ve en la fotografía: luego de ésto las baterías estan listas para ser almacenadas luego ser distribuídas y salgan al comercio de las mismas.

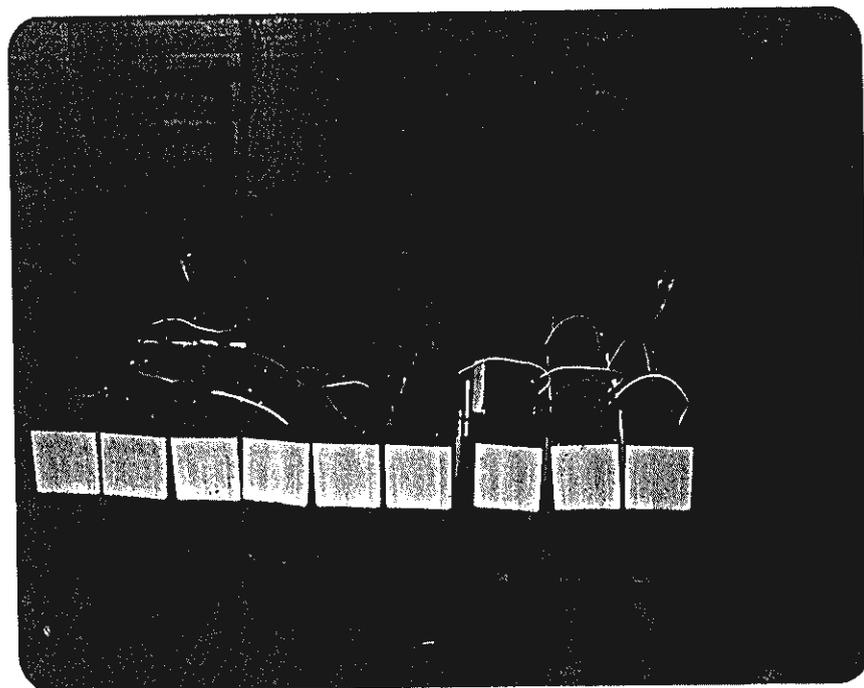


FIG. 2.15 CARGADO DE LAS BATERIAS.

2.6 Producción y reciclaje de baterías en el país.

2.6.1 Producción de baterías en el país.

Alrededor de 500000 vehículos constituyen, en los actuales momentos el parque automotor del país, y en funcionamiento un total de 400000 vehículos, solo en las provincias de Pichincha y Guayas representan el 63 %, en la provincia del Guayas hay 160000 vehículos de los cuales 140000 están en funcionamiento, de acuerdo con un estudio elaborado por el Ministerio de Información y Turismo basado en las estadísticas de la Asociación Ecuatoriana Automotriz del Interior (AEADI).

El parque automotor nacional lo integran:

- 166825 automoviles (33.94%).
- 181715 camionetas (36.97%).
- 70551 vehículos de transporte de pasajeros (14.35%).
- 50134 de doble tracción (10.20%).
- 19620 station wagon (4%).
- y otros 2677 que representan el 0.54%.

El ensamble, al mismo tiempo que incorpora nueva tecnología para el país, genera fuentes de trabajo



y permite un ahorro en el flete de importación.
Existen alrededor de 20 industrias que proporcionan llantas, cristales, baterías, resortes y elementos para la tapicería de los vehículos.

Entre las baterías de nuestro país y las importadas tenemos:

- Baterías SUPER VULCANO, fabricado por SALTALVA S.A. Ambato.
- Baterías LUX S.A., elaboradas en el Ecuador para ROBERT BOSCH CMBH, Guayaquil.
- Baterías YUASA Perfecta, Cuenca.
- Baterías ANDES.
- Baterías Julio Guerra A. (JG), Guayaquil.
- Baterías EXIDE SURE START, Guayaquil.
- Baterías DACAR.
- Baterías ECUADOR, Quito.
- Baterías TUDOR, Suecia.
- Baterías importadas ROCKET producida por Global Yuasa, battery Korea.
- baterías WILLARD, Heavy duty.
- Baterías DELCO FREEDOM, maintenance-free battery, never needs water, wrought lead-calcium construcccion, USA.
- Baterías DEKA, americanas.



Cada año en la ciudad de Guayaquil se podrían reciclar alrededor de 70000 baterías, como resultado tenemos 630000 Kg de placas de baterías para reciclar. Anualmente el mercado debe proveer la misma cantidad de baterías nuevas, para reemplazar las que se desechan. No se pudo obtener mayor información de datos, por falta de colaboración de las Instituciones a las que se acudió a investigar.

Importaciones nacionales de materiales relacionados con el plomo y la fabricación de baterías.

Datos proporcionados por el Banco Central del Ecuador (permisos de importación).
 acumulados Enero-Noviembre 1992.



BIBLIOTECA

TON: Toneladas.

CIFT: Costo, Seguro y Flete en miles de dólares.

Acido Sulfúrico.		
País	TON	CIFT
USA	1000	100,2
Perú	4208	295,5

Monóxido de plomo, litargirio, masicot.		
País	TON	CIFT
México	135	113,8
Colombia	420	377,7
Perú	668	516,2

Cromatos de plomo.		
País	TON	CIFT
USA	4,9	17,6
Colombia	5	12,5

Plomo		
País	TON	CIFT
Perú	23,9	26,2
USA	3	18,5
Rep. Fed. Alem.	33,4	66,5
Rep. Pop. China	6,5	5,6
China Taiwán	101	66

De cristal al plomo		
País	TON	CIFT
USA	552,7	611,8
Italia	208,5	201
Colombia	1209,5	973

TABLAS # III A VII. IMPORTACIONES NACIONALES DE MATERIALES RELACIONADOS CON EL PLOMO Y LA FABRICACION DE BATERIAS.

2.6.2 Reciclaje de chatarra de baterías para extracción de plomo.

El reciclaje de la chatarra de baterías para la extracción de plomo, se ha venido dando en Guayaquil aproximadamente desde hace 30 años, según relato del artesano fundidor Edison López, quien recicla metales como zinc, bronce, plomo, y ha trabajado por éste tiempo.

Se extrae plomo de la chatarra para proveer a diferentes industrias y artesanos, quienes requieren este metal para la realización de sus trabajos respectivos. Actualmente los fundidores recicladores de chatarra de baterías, del Sitio Las Iguanas funden entre las 10000 a 12000 baterías mensuales, dependiendo de la efectividad de recolección.

Se provee plomo en lingotes, usándoselos en la fabricación de: pinturas blancas, balística, recubrimiento de bronce en los cofres mortuorios, material de imprenta, cables, soldadura, como sustancia estabilizadora de plásticos, vidriado de tejas (tejeras), y para volver a fabricar placas de batería.

El reciclaje comienza con el desmontaje de la batería, se separan las placas y sus separadores, amontonándose las placas (+) y (-), estando listas para fundirlas, para molerlas, o de la forma que se prepare el material base para los diferentes procesos de fabricación, algunos de estos procesos los revizaremos a continuación:

-Fundición de placas de baterías en un horno artesanal.

Primeramente se deben conseguir las baterías, para esto hay personas encargadas para su recolección, que se realiza en los diferentes talleres mecánicos automotrices y talleres en general.

Las baterías viejas se compran no solo aquí en la ciudad de Guayaquil, también se da en Machala, Manta, etc. Cuando cada dueño de un horno adquiere un número entre las 150 a 300 baterías (algunos consiguen 500 baterías y más) para una fundida, se llevan al lugar de fundición, donde son desmontadas rústicamente como se observa en la foto:

Luego se separan las placas y separadores, amontonándose las juntas las (+) y (-), estando mojadas, sucias con material que contamina la

fundición, y listas para fundirlas en un horno pequeño artesanal (llamado por sus artesanos-operarios, horno de tanque).

Este horno de tanque para fundir placas de baterías, según el relato del Sr. López, fué copiado a un fundidor Español hace 30 años.

Desde ahí se ha venido utilizando este tipo de horno en reciclaje por diferentes artesanos, sin que se haya cambiado la metodología de la operación y sin haberse realizado ninguna clase de ayuda en lo referente a contaminación ambiental.

En las fotos vemos el desmontaje de baterías.



FIG. 2.16 DESMONTAJE DE BATERIAS.



FIG. 2.17 BATERIAS COLECTADAS Y DESMONTAJE.

Momentos antes de comenzar la fundición, se monta y se lo repara al horno (en cuanto a su ladrillo interno, se usa ladrillo común) el lodo usado y ladrillo común mojado se prepara minutos antes de dar inicio a la fundición, lo que se adiciona a que haya una gran producción de gases venenosos.

Listo el horno, se prepara una cama de carbón vegetal y soplo de aire de un soplador (15 min), para comenzar a cargar las placas y carbón continuamente.

Fundir de 150 a 200 baterías les lleva un tiempo de 5 a 6 horas, aquí no se usa fundentes, también

se funde óxido de plomo (escorias de fábrica de baterías) y litargirio.

Por la gran cantidad de gases producidos y por su coloración griz-verdosa, se ve que estos gases son muy venenosos con grandes porcentajes de plomo gasificado, todos los operarios (fundidores) así como las personas que viven en las inmediaciones de este sector incluidos niños, están expuestos durante todo este tiempo que puede ser de 10 de la mañana a 6 de la tarde (inclusive la noche), como vemos en la siguiente foto:



FIG. 2.18 OPERACION DEL HORNO.

Como ejemplo del rendimiento metálico de la fundición artesanal de chatarra de baterías en 5 horas:

Aproximadamente de 175 a 200 se sacan 20 lingotes de 70 lb. cada uno. En porcentaje por pesos (placas entran-colada sale) tenemos que; fundición de 175 baterías de las cuales 79 son pequeñas y 96 son grandes.

79 baterías * 16 lb c/una = 1264 lb.

96 baterías * 30 lb c/una = 2880 lb.

Placas en peso desmontadas = 4144 lb (80% Pb).

Luego de la fundición artesanal se sacan:

27 lingotes * 70 lb c/uno = 1890 lb en lingotes.

Lo que significa que se recupera en el reciclaje el 47% del plomo que se fundió, y se han perdido en los gases y escoria un 53%.

La producción de este horno artesanal es de 378 lb/hr.

En la siguiente foto se observa como personas reciclan las escorias que salen de un horno artesanal, la vuelven a reciclar en fuentes y el combustible usado es el recipiente de las baterías (carcasa), aquí no obtienen buenos resultados ya que la energía necesaria para fundir estas escorias debe

ser alta, con esta operación se produce una contaminación muy peligrosa, con el solo hecho de estar presente en el lugar e inhalar estos gases tóxicos se presenta una picazón a la piel, dolores de cabeza, irritación a la vista de consideración.



FIG. 2.19 RECICLAJE DE ESCORIAS DEL HORNO ARTESANAL.

-Preparación de substancia recubridora de tejas para su vidriado, (Cuenca-Ecuador).

En la población El Racar, cerca de la ciudad de Cuenca, se realizó una visita a los artesanos que trabajan en la fabricación de tejas, en especial para inspeccionar visualmente el trabajo que realizan con la teja vidriada y el uso de plomo en su proceso, específicamente en el horno del Sr. José Sinche.

Primero se adquiere el material de plomo para el recubrimiento, 2 quintales alcanzan para 4000 tejas, este material esta formado de lodos, tierras, escorias de óxido de plomo, pedazos de placas de batería (rejillas y pasta).

Una vez que se prepara y se moldea el lodo arcilloso para obtener las tejas, se las somete a una primera horneada, éstas tejas salen del horno primario como siempre se ve una teja común. Luego se prepara la substancia recubridora de esta teja común, llamada "chocolate". La preparación se realiza; mezclando el material de óxidos de plomo, como escorias, lodos de plomo, tierras con plomo, pedazos de baterías (rejillas y pastas), con agua y llevándosela a una chancadora como se



ve el foto:

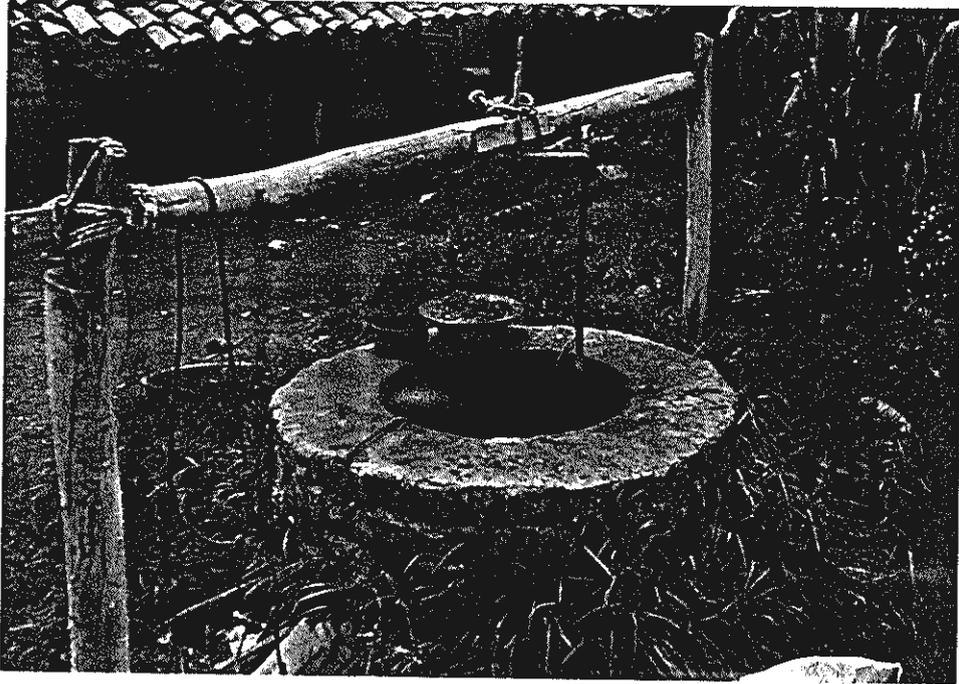


FIG. 2.20 CHANCADORA PARA PREPARACION DE SUBSTANCIA
RECUBRIDORA DE TEJA COMUN.

Esta chancadora consta de una piedra y una palanca, las cuales se hacen girar dentro de un molde, a la vez que va chancando el material por un lapso de aproximadamente 2 horas, hasta que se obtiene la substancia recubridora viscosa, con la cual se recubre la teja comun. Este recubrimiento se lo realiza sin las medidas de seguridad debidas, sin protecci3n de las piel. Luego de recubrir todas las tejas, se las somete a una segunda horneada por un lapso de 3 a 5 d1as,

dependiendo del número de tejas, pudiendo ser 4500 a 6000 tejas. Los humos producidos son contaminantes y están expuestos todos los pobladores del lugar. Luego de este tiempo las tejas quedan vidriadas-brillosas, listas para venderlas.

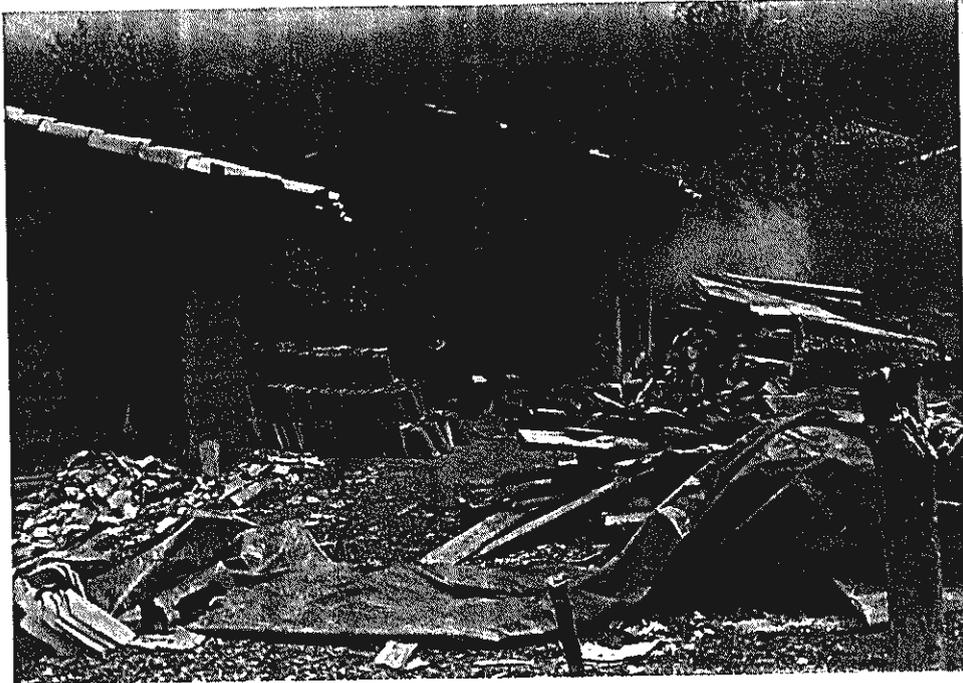


FIG. 2.21 HUMOS TOXICOS PRODUCIDOS EN LA SEGUNDA HORNEADA.

2.7 Auditoría energética a los hornos artesanales que reciclan y extraen plomo de chatarra de baterías actualmente.

Los hornos artesanales que funden actualmente la chatarra de baterías, operan a elevadas temperaturas, catalogándose los como muy ineficientes usuarios de energía, con esto se genera una alta gasificación de

plomo.

Al seguir los pasos que se deben llevar en una auditoría energética, nos hemos dado cuenta que estos hornos artesanales, adolecen de una infraestructura básica en cuanto a equipos, instrumentación y operación, siendo éstos: materiales refractarios, control de gases de chimenea (que no la tienen), detalles operacionales mínimamente tecnificados, sistemas auxiliares, cuadernos de registro, lecturas e instrumentación, control de contaminación, etc.

Al no contar con estos puntos básicos, se espera que el rendimiento metálico sea muy bajo, como se demostró anteriormente, en el reciclaje de baterías, el rendimiento metálico es del orden del 50%.

En general los hornos artesanales, no se prestan para realizar una auditoría energética bien detallada.

Auditoría Energética.

El primer paso en la evaluación de los hornos artesanales (hornos de tanque), se recogen datos de placa de fabricante, información sobre el horno, sistemas de aire de combustión, así como las características de operación.

recolectada en un tanque, en el que se forma una capa de escoria y óxido de plomo.

- Se usan sopladores (electric blowers Brigeston, 5 hp), que funcionan con gasolina.

- No hay instrumentación alguna, ni equipos de seguridad.

- Se usa carbón vegetal, como combustible del horno y no se usan fundentes, también se carga litargirio y minio continuamente con pastas y lodos de sedimentos de baterías que se consiguen en las fábricas de baterías.

- Los hornos tienen de 1 a 5 años de servicio.

- Las pérdidas altas del metal se producen por las altas temperaturas que se registran dentro del horno, sobrepasando los 1500°C . El humo que se genera es muy alto, su coloración azul-verdoso nos demuestra que el plomo se gasifica en grandes cantidades, y al no contar con chimenea, éstos humos cubren con una nube venenosa el lugar de fundición.

- La apariencia física es descuidada, con puertas que descargan la alta presión de aire, en las que se pierde alta energía en llamas y plomo en trozos que salen a

presión. El refractario no es el adecuado, se usa ladrillo común mojado y preparado momentos antes de iniciar la fundición, el lodo de unión de ladrillos esta mojado al momento de fundir la chatarra, adicionando las pérdidas en humos.



- Los gases de combustión tienen elevado porcentaje de dióxido de carbono y plomo gasificado.

- La calidad del producto debe ser mejorado, ya que al no usarse caliza ni mineral hierro para reunir en capas de escoria, los elementos contaminantes quedan en el plomo que se solidifica.

- Pérdidas de calor debido al efecto bajo de chimenea:
pérdida de calor en Kj/hr por metro cuadrado de abertura
temp. del horno (salida de llamas) 875°C.

$$\text{Pérdida de calor} = 10049 \text{ Kj/hr m}^2 * 0,0625 \text{ m}^2$$

$$\text{Pérdida de calor} = 628 \text{ Kj/hr.}$$

- Pérdida de calor a través de las paredes del horno:
temp. pared exterior 260°C = 6200 watio/m² * 1,98 m²
Pérdida de calor = 12271 vatios = 3762 Btu/hr.

- Los sopladores en cada horno son distintos, algunos

trabajan con motores de 5 hp., 3 hp., etc., por lo que mediciones de caudal de aire y presiones son en cada horno distintas, "se trabaja con lo que haya para cada ocasión".



CAPITULO III.

FUNDICION Y EXTRACCION DE PLOMO DE CHATARRA DE BATERIAS.

3.1 Introducción.

Esta industria es una de las que ha sido desarrollada por un considerable número de especialistas de Centros Europeos, y en muchas plantas secundarias en USA, desde plantas con sus unidades grandes de fundición hasta pequeños talleres con sus procesos en la clandestinidad.

Algunos de los métodos han sido patentados, algunas de las técnicas especiales de refinamiento han sido conocidas por los fundidores, [ref. 13].



BIBLIOTECA

En solo 10 meses, a comienzos de 1960, la industria de baterías reemplazó 19`969.000 baterías de automóviles. El consumo de Pb para esta industria en 1960 se estimó en 380.000 tons. El suministro de Pb en USA en 1960 se estimó en 1`250.000 tons, de las cuales 330.000 tons se obtuvieron de minerales; 430.000 tons de de minerales importados y de base metálicos; 490.000 tons de metales secundarios.

Chatarra de baterías consiste de unidades completas, placas, y óxidos, y son fundidas en hornos de reverbero o alto horno. Fusión y reducción ocurre de los materiales en la zona de fundición y los productos separados en tres capas: metal fundido, mata y escoria. Las baterías son drenadas de su contenido ácido, se remueven el recipiente y envoltura, y el resto del contenido incluyendo rejillas, separadores, placas y el lodo-sedimento del fondo de las celdas son cargadas sin desmantelarlas dentro de un alto horno o un horno de reverbero de fundición. Las partes de otros tipos de baterías incluyendo celdas de nickel-hierro y nickel-cadmio se excluyen cuidadosamente de fundir de la chatarra de las baterías puesto que indicios de estos elementos causan un incremento de corrosión de aleaciones de plomo y acortan la vida de la celda.

La composición del plomo fundido obtenido de la carga de la chatarra de baterías puede variar de acuerdo a la mezcla de la rejilla, conector (osea de su composición) y con la proporción de mezcla de cable y otros tipos de chatarra de plomo. Sin embargo, la composición con antimonio generalmente difiere mucho a la composición de plomo puro comercialmente, de las rejillas aleadas, por la siguiente razón: "del plomo en promedio de las baterías, cerca del 80% se dice estar en forma de placas de plomo puro o pastas de óxido y solo el 20% en forma

de rejillas y conectores".

El porcentaje de antimonio en rejillas de las baterías ranguea de 5 a 12%. El contenido de antimonio de la aleación de recubrimiento puede ser ajustada a los porcentajes requeridos por adición de plomo o antimonio, pero ensayos de laboratorio son necesarios para asegurar el grado requerido de pureza, si los materiales son usados para rejillas recubiertas u otras partes de baterías. Especificaciones de baterías para su fabricación, difieren considerablemente por la cantidad de impurezas permitidas.

3.2 Especificaciones técnicas del material utilizado para el reciclaje.

A primera vista el problema se muestra simple porque el plomo esta ya en forma metálica, y realmente una pequeña porción de el plomo y antimonio puede ser facilmente recuperado. Pero para ganar más que el costo de coleccionar el material, lo que nos queda de sobrante osea 9-10 de los químicos combinados al plomo también pueden ser recuperados.

Las baterías coleccionadas pueden estar en alguna de las varias etapas de desintegración; se pueden desechar placas, separadores de madera, conectores (lead lugs),



BIBLIOTECA

fragmentos de cobre y tapas de caucho. Es difícil probar el material y calcular la cantidad de químicos requeridos para obtener un plomo libre.

Nuevas placas (ánodo) consisten de dióxido de plomo poroso llevado sobre una armazón de plomo, y nuevas placas (cátodos) son de plomo poroso.

La placa (ánodo) completamente descargada consiste de placas de dióxido de plomo impregnadas con sulfato de plomo. La placa (cátodo) completamente descargada consiste de plomo poroso que contiene sulfato de plomo en todo su volumen. Calcio y sodio se puede haber sumado al cátodo (0,1% de calcio y 0,02% de sodio).

Las placas se pueden haber mojado y requieren lavado y secado. Si no se han mojado, podrían tener 2-20% de humedad. En otras palabras plomo metálico, varios óxidos de plomo, sulfato de plomo, antimonio, cobre e indicios de otros metales, madera, caucho, vidrio, plástico y humedad del mineral del que el plomo ha sido obtenido.

En adición viejas baterías contienen un sedimento consistente en gran parte de dióxido de plomo y sulfato de plomo, la cantidad de este material es incrementado por caídas de sulfato de plomo desde los ánodos.

Material en bruto contiene como mínimo 80% de plomo en varias combinaciones 5% de antimonio, 0.01 a 0.06% de cobre, 0.05 a 0.20% de arsénico y 0.20 a 0.60% de estaño.

A cuenta de las variaciones en la calidad de el material en bruto y recursos, diferentes tratamientos han sido desarrollados, cada uno con sus buenos y malos puntos.

Fundidores proceden con grandes cantidades y separan el sedimento (lodo) de los electrodos.

3.3 Información sobre extracción de plomo de chatarra de baterías.

Cerca del 25% del consumo total de plomo en USA se da para plomo ácido para baterías del cual aproximadamente el 80% de plomo es recuperado de la chatarra. Otra gran fuente de consumo de plomo en USA es para recubrimiento de plomo en cables eléctricos.

3.3.1 Hornos.

La Compañía MACE, 2762 Blake Street, Denver, Colorado, ha comercializado un libro describiendo pequeños hornos de alimentación superior para fundir chatarra de baterías y referidos materiales en capacidades de 1 a 2.5 Tons/hora.

Lo mas notable de estos hornos es la longitud total con camisas de agua, "agua para enfriamiento del cubilote es usado fundamentalmente como un medio de minimizar el consumo de refractarios en la zona de fundición" [ref. 8], de toberas de alimentación a bajo nivel y un crisol removible aislado.

La chatarra de baterías se carga con coque y fundente por la parte superior, el aire soplado desde el ventilador que entra al fondo de el horno y el plomo fundido fluye en una continua corriente desde el crisol dentro de un grande recipiente de hierro.

Los residuos (escoria) son colados una vez por hora dentro de una olla de escoria y enviada al vertedero **dump** "dump slag: puede contener no mas de 0.7% de plomo".

El plomo es colado después al recipiente de hierro llenándolo y fundido en un carruaje de moldeo (matriz) enfriado con agua. En la fundición de placas de batería hay una pérdida en la chimenea de 5% a más. Para recuperar este metal y controlar los humos, cualquier de los dos sistemas se emplean, un sistema de filtro de bolsas



automático o depurador con un colector de polvos de tipo ciclón.

3.3.2 Estudio de comparación entre horno de reverbero y cubilote.

Una comparación de las ventajas de horno reverbero y de cubilote requiere una revisión de varios factores de localización, fuentes de chatarra, escala de producción, varios factores económicos, etc. Estos y muchos otros puntos deben evaluarse individualmente y por personas calificadas.

3.3.3 Procesos de fundición.

Antimonio puede ser removido de la fundición de plomo por:

1- soplando con aire comprimido la fundición cerca de 705°C a 816°C . El contenido de antimonio se reduce a 0.05% por conversión a una escoria de plomo negro antimoniato la cual puede ser desescoriada (ver patente U.S. 1,731,365).

2- tratar la fundición a 538°C con aluminio la cual forma un aluminio antimoniato dross "para obtenerlo se usan pailas de separación, se forma en la superficie del baño para formar un dros en



trozos que lleva grandes cantidades de metal fundido atrapado, drosses son importantes porque bajan el contenido de cobre del plomo, un constituyente importante del dross es óxido de magnetita de hierro en cantidades de 2 a 5%.

3- adicionar metales alcalinos a la fundición (ver patente U.S. 2,129,445, Sept. 6,1938).

Estaño puede ser removido de la fundición de plomo por:

1- oxidación selectiva con aire seco, óxido de plomo o agitar con varas de madera de 705 a 760°C.

2- adicionar soda caustica para formar escoria estannato sodica, ordinariamente si la contaminación por estaño es alta no se debe pagar para removerlo, pero en cambio para vender la aleación como chatarra para soldar o para revestir de metal antifricción.

3- realizar una composición de 54.5% de estaño, 41.9% de plomo y 3.6% antimonio para congelar a la mas baja temperatura en este sistema. El metal previamente congelado contiene cantidades mas bajas de estaño.

Cobre puede ser removido de la fundición de plomo por:

Tratando la fundición con azufre en polvo

(pulverizado) o sulfuro de hierro para formar una capa mata (matte). Esta requiere un especial tipo de horno bajo cuidadosa supervisión, separando el cobre puede ser mayormente removido por la escoria de la fundida en una olla abierta.

Hierro o calcio puede ser removido soplando a la fundida aire comprimido. La fundición que esta también contaminada en zinc, antimonio, arsenico y azufre puede ser purificado por tratamiento de 441 a 496 °C, con soda cáustica con adición de Nitrato de Potasio para producir plomo de aproximadamente 99.8% de pureza.

3.3.4 Plomo de chatarra de baterías.

Ensayos conducidos en el Dominion Physical Laboratory, Gracefield, New Zealand, indican una recuperación de plomo aleado en peso de 73% de el peso de la chatarra de baterías cuando se cargó en un horno (shaftsmelting furnace) y usando camisas enfriadas por agua entre las toberas y la puerta de carga. Adicionando 7.3% por peso de coque, 2% de carbonato de sodio (fusionado), y 1.8% de hierro (como mineral hematita). Una alta temperatura fué requerida para formar una escoria líquida y una substancial pérdida en humos de

plomo que resultó inevitable. El material usado de la aleación de plomo contenía 2 a 4% de antimonio.

Si se necesitó, el antimonio pudo ser oxidado soplando aire através del metal fundido en un contenedor separado usando un fundente conteniendo cenizas de soda 40%, carbonato de potasio 30%, borax 20% y fluorita 10%. El fundente llegó a ser enriquecido reusándolo y cuando se saturó pudo ser reducido por carbón para producir antimonio bien aleado.

3.4 Métodos para extracción de plomo.

Desde 1915, con la rápida expansión de la industria de automotores y con un general uso de plomo para algunos tipos de baterías (storage battery), particularmente en la industria aeronáutica y de radio, el mejoramiento del plomo de la chatarra de baterías ha llegado a ser una industria por si misma. Las placas pueden contener 15% de materia extraña y 2 a 20% de humedad. Las placas limpias secas, pueden contener aproximadamente 80% de plomo, 5% de antimonio, 0.01 a 0.06% de cobre, 0.05 a 0.20% de arsénico y 0.20 a 0.60% de estaño.

Cuatro diferentes métodos de tratamiento han sido

desarrollados, cada uno de los cuales tiene ventajas y desventajas, siendo éstos los siguientes:

1- La batería puede ser fundida en un horno de alimentación superior (blast furnace) o en un horno de reverbero, "tal como se funde un mineral", para recuperar el plomo y antimonio aleado, usualmente conteniendo alrededor de 5% de antimonio.

Este método tiene tres desventajas:



Primero, la alta temperatura requerida para fundir propiamente la mezcla escoria-mata, resultado de la fundición de tales materiales impuros la cual puede causar alta pérdida en humos.

Segundo, el azufre en la carga produce considerable mata la cual no solo es de tan bajo grado como hacer difisil su realización, pero también resulta en serias pérdidas en plomo y antimonio.

Tercero, el plomo antimonial producido no puede ser usado directamente para hacer nuevas placas sin adicionar mas antimonio, y a veces esta llega a ser un artículo de poca venta en el mercado, [ref. 2].

2- La chatarra puede ser fundida sin un fundente en un horno de fogón (hearth furnace) o un fogón rotatorio (rotary Kiln) dándonos como productos un plomo dúctil

(soft lead) y una escoria plomo-antimoniosa. Tal plomo puede ser fácilmente vendido, pero el tratamiento y la distribución de la escoria son un problema. Este podría ser reducida por un segundo tratamiento a plomo antimonial, pero otra vez la escoria y la pérdida en humos es alta. Aún entonces, solo grandes compañías producen suficiente de tal escoria por el tratamiento económico.

3- Las porciones oxidadas de la chatarra pueden ser separadas desde la fundición por tratamiento mecánico o licuación. Sin embargo esto produce un plomo dúctil comerciable, el tratamiento de los óxidos y sulfatos de plomo y antimonio inevitablemente resulta en baja recuperación y altos costos de tratamiento, particularmente en pequeñas plantas.

4- Un método que ha sido propuesto por el Profesor Carle Hayward del Massachusetts Institute of Technology, "how to smelt battery plate scrap", quien dió solución a muchos problemas, [ref. 13].

En resumen, este consiste en remover el azufre de la chatarra con una solución de sosa(carbonato sódico anhidro del comercio), y fundidas las placas desulfurizadas con una escoria desarrollada nueva la cual absorberá mucho mas del antimonio y relativamente

poquísimos plomo.

Es claro que la recuperación de plomo se puede simplificar si el azufre fuera removido desde el principio.

Sulfato de sodio toma el lugar del carbonato sódico y si en el mercado puede encontrarse este producto, se pone adicional en el tratamiento añadiendo un poco, esto por el costo.

Si la solución es movida en círculo, todo el azufre es removido en tres días desde todo el conjunto de placas de batería.

Las placas desulfuradas (sulfur-free) pueden ser fundidas de 800 a 900°C en un baño profundo en un horno de reverbero. Un fundente que cubre consiste de soda, borax y fluorita y se coloca en el tope; lexiadas las placas y anthracita fina son adicionados a intervalos frecuentes.

Hay pequeños humos y pérdidas de plomo en la escoria en cantidades alrededor del 0.2%.

Si el plomo libre de antimonio es deseado, el plomo libre de azufre puede ser tratado en un horno ablandador

(softening furnace) usualmente es un horno de reverbero con camisas de agua, o simplemente es un contenedor de hierro con una tubería de aire. Un fundente da una escoria de bajo punto de fundición que se añade a la carga; esta consiste de 40% de carbonato sódico, 30% de carbonato de potasio, 20% de borax y 10% de fluorita.

Este fundente toma por arriba óxido de antimonio pero practicamente nada de plomo.

El óxido de antimonio en la escoria puede mas tarde ser reducido con carbón a metal y la escoria ser regenerada para usarlo como fundente. Esta funde a 600°C y se vierte facilmente a 650°C, la mejor temperatura para la operación del horno ablandador es de 680°C a 720°C. Si se adiciona nitrato de potasio se incrementa la tasa de ablandamiento pero este puede ser aún necesario para soplar aire através de la carga. Si el horno es calentado por bajar frecuentemente corrientes de inducción para que la mas alta temperatura dentro de la carga y no en las paredes, se mida y la corrosión del acero no sea excesiva, en operación continua.

Para tratar sedimentos, lodos de baterías, el fundente consiste:

100	partes de	arena
50	partes de	óxido de hierro
25	partes de	caliza



10 partes de fluorita.

Es usado con 3 a 10% de carbón en un horno de reverbero en la relación 100 partes de carga a 30 partes de fundente [ref. 13].

3.5 Método escogido para la realización de la experiencia.

La batería puede ser fundida con un fundente en un pequeño horno para fundir plomo y de alimentación superior (blast furnace), plomo y antimonio puede obtenerse como una aleación que contiene 5% de antimonio, pero este material no puede usarse para construir nuevas placas a menos que se adicione más antimonio a la fundición. Más, el azufre presente en la carga del horno se colecta con cobre y otros metales para formar una masa llamada mata (matte) que es difícil separar en sus componentes y de fundir.

La alta temperatura requerida para este propósito causa pérdidas del metal en forma de humos de sulfuro.

Una carga típica de plomo-antimonioso para el horno tiene la siguiente composición:

coque -----	70 lb.
escoria (dump slag)-----	110
piedra caliza-----	20
mineral hierro (iron ore)-----	10

placas de batería limpias (80% Pb)-----	650
escoria (blast furnace dross)-----	100
escoria (returned matte)-----	50

 Por 1000 lb. de carga
 original.



Dump slag.- esta escoria puede contener no mas de 0.7% de plomo y 0.5 onzas de plata por Ton.

Blast furnace dross.- para obtenerlo se usan pailas de separación, se forma en la superficie del baño para formar un dross en trozos que lleva grandes cantidades de metal fundido atrapado. Drosses son importantes porque bajan el contenido de cobre del plomo. Un constituyente importante del dross es óxido de magnetita de hierro en cantidades de 2 a 5%.

Returned matte.- Aunque la mata producida en un horno de plomo puede contener como mucho 40% de cobre, usualmente menos que 5 o 10%. Los metales preciosos presentes y las pequeñas cantidades de otros metales básicos se disuelven en la mata. La mata un sulfuro de cobre, hierro, cobalto y níquel con densidad de 5.2.

Un analisis de mata nos da:

Pb 11.8%; As 1.6%; S 23.2%; Fe 48.4%; Cu 10.8%; SiO₂ 0.6%; ZnO 2.2%; Ag 24 onzas por Ton; Au 0.02 onzas por Ton.

El tope de la carga se mantiene a 350°C para deshidratar, donde se elimina todo vestigio de humedad del material de carga. Como la carga desciende y alcanza una temperatura de 450°C , el monóxido de Carbono producido desciende en el horno reduciendo el óxido de plomo y otros óxidos produciéndose el goteo de plomo que baja hacia el fondo.

El hierro en conjunto libre descompone sulfuro de plomo y óxido de plomo. Las reacciones entre sulfuro de plomo, óxido y sulfuro, así como entre estos componentes Carbono y monóxido de Carbono nos proporcionan más plomo.

Como la temperatura de la carga alcanza los 900°C la piedra caliza de la carga es descompuesta; esta produce óxido de calcio, la cual se une con la sílice para formar una escoria fusible. A la vez el azufre se combina con cobre y hierro para formar la mata conteniendo algo de plomo.

Finalmente a la temperatura de alrededor de 1000°C la mata y escoria se licuarán y gotearán hacia abajo del pozo-crisol, especialmente plomo en el fondo de 900 a 1000°C . Sobre este speiss (compuesto de arseniuro y sulfuro) cuando el arsénico este presente, aún sobre la mata, y sobre

el tope de la escoria de 1100 a 1200°C.

La mata puede tener un bajo grado (mineral) y es usualmente vuelta a fundir y el plomo puede ser recuperado en un horno de reverbero (horno de llama), [ref. 13].

Aproximadamente 3000 libras de polvos de escape son producidos en el tratamiento de 50 Tons de viejas placas de baterías (y no solo de chatarra de baterías); este polvo contiene alrededor de 60 a 65% de plomo, 1.7 a 4.5% de antimonio y 8.5% de azufre. Estos polvos de escape son recuperados (por medios que se analizarán en las recomendaciones) y vueltos a usar en otra carga.

Para nuestras experiencias usaremos una carga de plomo-antimonioso con los siguientes constituyentes:

Carbón de madera, piedra caliza, mineral hierro (usaremos óxido de hierro), placas de baterías limpias 80% Pb. (al decir limpias entendemos que una vez desmontadas las placas de las baterías el día anterior de fundirlas, se procede a quitarles una capa del sulfato de plomo, ubicado en el exterior de las placas, se trata también de que las placas se sequen y tengan la menor humedad posible).



La altura del pozo-crisol.

La altura del pozo-crisol que contendrá la fundida (well depth) es la porción del cubilote entre el orificio escoriadero y el fondo del mismo. Sirve para coleccionar el metal y escoria fundida en la parte superior permite separarlos (metal y escoria).

Para estimar la capacidad de llenado, [ref. 3]:

H= altura del pozo-crisol= 38cm.

D= diámetro interior= 35cm.

Densidad de plomo fundido a 1200°C= 0.010078 Kg/cm³

Carbón ocupa cerca del 50% de la altura del pozo-crisol.

Capacidad metal-llenado= $(\text{Pi})(D^2)(H)(\text{densidad}) / 4 \cdot 2$

Capacidad metal-llenado= $(\text{Pi})(35)(35)(38)(0.010078) / 8$

Capacidad metal-llenado= 184 Kg = 406 Lb.

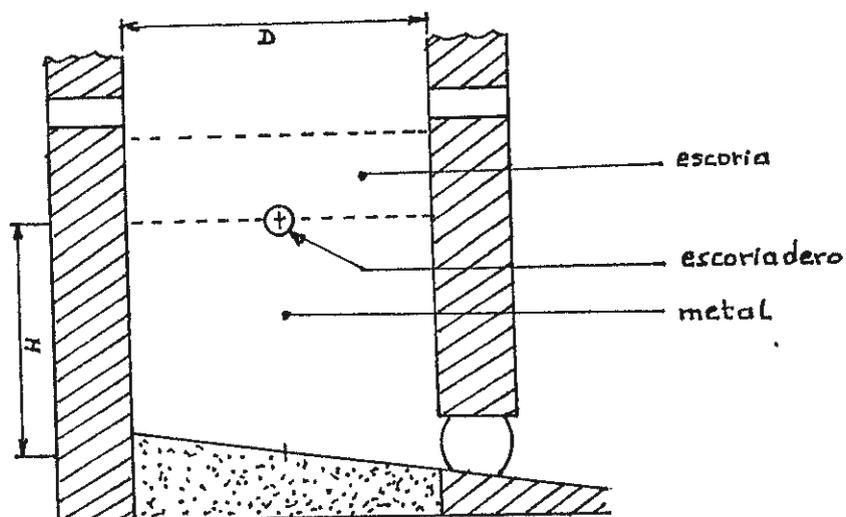


FIG. 3.1 POZO-CRISOL PARA LLENADO DE PLOMO.

Estas 406lb se obtienen a un 70% en porcentaje por peso, lo que equivale a decir que para un 100% de carga se tendrían 580lb de carga de placas de baterías limpias.

Realizando el cálculo para el carbón, piedra caliza y mineral hierro, con referencia a la carga original propuesta anteriormente tenemos:

Si para 910lb se usan 70Lb de carbón, para 580Lb se usarán 44Lb.

Para la piedra caliza tendremos 13Lb.

Para el mineral hierro tendremos 7lb (óxido de hierro).

Lo que nos queda una carga de la composición siguiente:

Placas limpias de batería_____	580 Lb.
Piedra caliza_____	13
mineral hierro (óxido)_____	7
Carbón-----	44

645 Libras = 293 Kg de carga

En la fundición se dosifica esta carga hasta completarla y llenar el crisol, por ejemplo si se dosifica en 5 veces, tenemos:



10 lb de carbón, 2.6 lb de piedra caliza, 1.5 lb de óxido de hierro, 116 lb de placas. Esta dosificación se la hace para que los operarios trabajen mas comodamente y completen a satisfacción la cargada y llenada del crisol.

Un carbón con un análisis inmediato y último nos dá; C, 45.8%; H, 6.5%; N, 0.8%; S, 1%; O, 29% por peso se usa con 9.8% de ceniza y 7.1% de humedad. (valor calorífico bruto CV 15665 KJ/Kg). Es necesario tener un análisis sobre la base molecular porque las fórmulas en combustión son calculadas mejor sobre esta base. Primero, convertir el análisis de porcentaje por peso a uno de base libra molecular dividiendo el porcentaje en masa por el peso molecular.

Para 20 Kg de carbón:

$$C = 45.8/12 = 3.82 \text{ kg-atomo}$$

$$H_2 = 6.5/2 = 3.25 \text{ Kg-atomo}$$

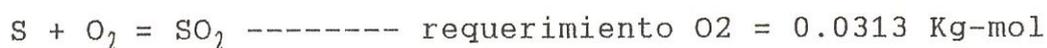
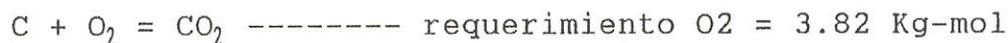
$$N_2 = 0.8/28 = 0.0286 \text{ Kg-atomo}$$

$$S = 1/32 = 0.0313 \text{ Kg-atomo}$$

$$O_2 = 29/32 = 0.91 \text{ Kg-atomo}$$



Las ecuaciones mas relevantes en la combustión son:



$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ ----- requerimiento $O_2 = 1.625 \text{ Kg-mol}$

Oxígeno requerido para la combustión = $3.82 + 1.625 + 0.0313$
 $- 0.91 = 4.6 \text{ Kg-mol}$.

El oxígeno en el combustible se considera liberado y disponible para la combustión cuando la molécula de carbón es tomada.

Requerimiento de aire = $20 * 4.6 / 21 = 4.35 \text{ Kg-mol}$

A condiciones de normal presión y temperatura el peso molecular en Kg ocupa 22.4 m^3 .

Requerimiento de aire = $4.35 * 22.4 = 97.44 \text{ m}^3$ (a temperatura y presión normal).

Entonces 1 Kg de este carbón requerirá (4.9 m^3) de aire para la combustión a temperatura y presión normal.

Alternativamente, si el peso de aire para la combustión se requiere, entonces se puede obtener como sigue:

Oxígeno requerido = 4.6 Kg-mol

Por definición, $1 \text{ Kg-mol} = \text{peso molecular en kilogramos}$.

El oxígeno requerido = $4.6 * 32 \text{ Kg-wt}$

Si el oxígeno se suministra como aire, entonces el peso

de aire

$$= 4.6 \cdot 32 / 23 = 128 \text{ Kg-wt} \quad (\text{composición aire } 23\% \text{ Oxígeno}).$$

El peso requerido de aire para quemar 1 Kg de este carbón será = 6.4 Kg-wt.

Tomando un exeso de aire del 44% el requerimiento de aire será 140.3 m^3 .

▷ 1 Kg de este carbón requerirá 7.02 m^3 de aire para la combustión.

Para quemar estos 20 Kg de carbón se requiere 184.32 Kg en peso de aire.

▷ 1 Kg de este carbón requerirá 9.22 Kg en peso de aire.

Calculo del Caudal de Aire:

Calculamos el caudal de aire (Q) en [CFM], para 10 lb. de este carbón (dosificado cada 5 minutos):

$$Q = \text{Volumen} / \text{tiempo} = (1124 / 5) [\text{pie}^3 / \text{min}]$$

$$Q = 225 \text{ CFM} = 225 [\text{pie}^3 / \text{min}]$$

3.6 Balance de Materiales y Energía.

3.6.1 Balance de Materiales.

Cualquier proceso metalúrgico involucra una interacción entre dos o más materiales que pueden estar sujetos a un análisis que comprende un balance de materiales. Hay dos estados diferentes en la vida de un proceso, cuando se puede hacer balances: el estado de diseño, donde se puede estimar las eficiencias de las reacciones, se ignora o no se anticipa las pérdidas menores y se pueden computar (n) balances de materiales con bastante exactitud. En cambio, en el estado operacional, en donde, para propósitos de control de proceso o evaluación de rendimientos, se determinan balances reales por muestreo y medición de las diferentes entradas y salidas del proceso, tal como en los cálculos estequiométricos, la base para todo balance de materiales es la ley de la conservación de la materia, según la cual la materia no puede ser creada ni destruida en un sistema dado. En el caso de cálculos estequiométricos, esto significa que el peso de los productos de una reacción, tiene que ser igual al de los reactantes.

En el caso de procesos, esto no es necesariamente

Por otro lado un proceso batch nunca es un proceso en estado estable, pero usualmente tampoco comprende acumulación y así:

$$\frac{\text{Masa entra}}{\text{unidad de tiempo}} = \frac{\text{Masa sale}}{\text{unidad de tiempo}} \quad (\text{proceso batch})$$

Es evidente que las bases: tiempo, batch, etc. para cualquier balance de materiales depende del proceso. Por conveniencia, usualmente se toma como base para un balance a la unidad del peso del producto. Por ejemplo, la base para un balance de material en la fundición de plomo, puede ser 170 Kg de plomo producido. La ley de conservación de la masa se aplica no solamente a la masa total, sino a la conservación de elementos también. Es decir, en un estado estable o en un batch de cualquier elemento, lo que entra al proceso será igual a la masa de los elementos a la salida. Asimismo, la suma de todos los elementos en el balance de masa sería igual a la masa total del balance; es obvio que si hay (n) elementos presentes, entonces hay justamente (n) balances independientes, aún cuando hay (n+1) posibles ecuaciones. Sin embargo, el balance total puede ser utilizado en vez de cualquier balance elemental. La información detallada para la producción de Ciento Setenta Kg de plomo, se muestra en la figura:

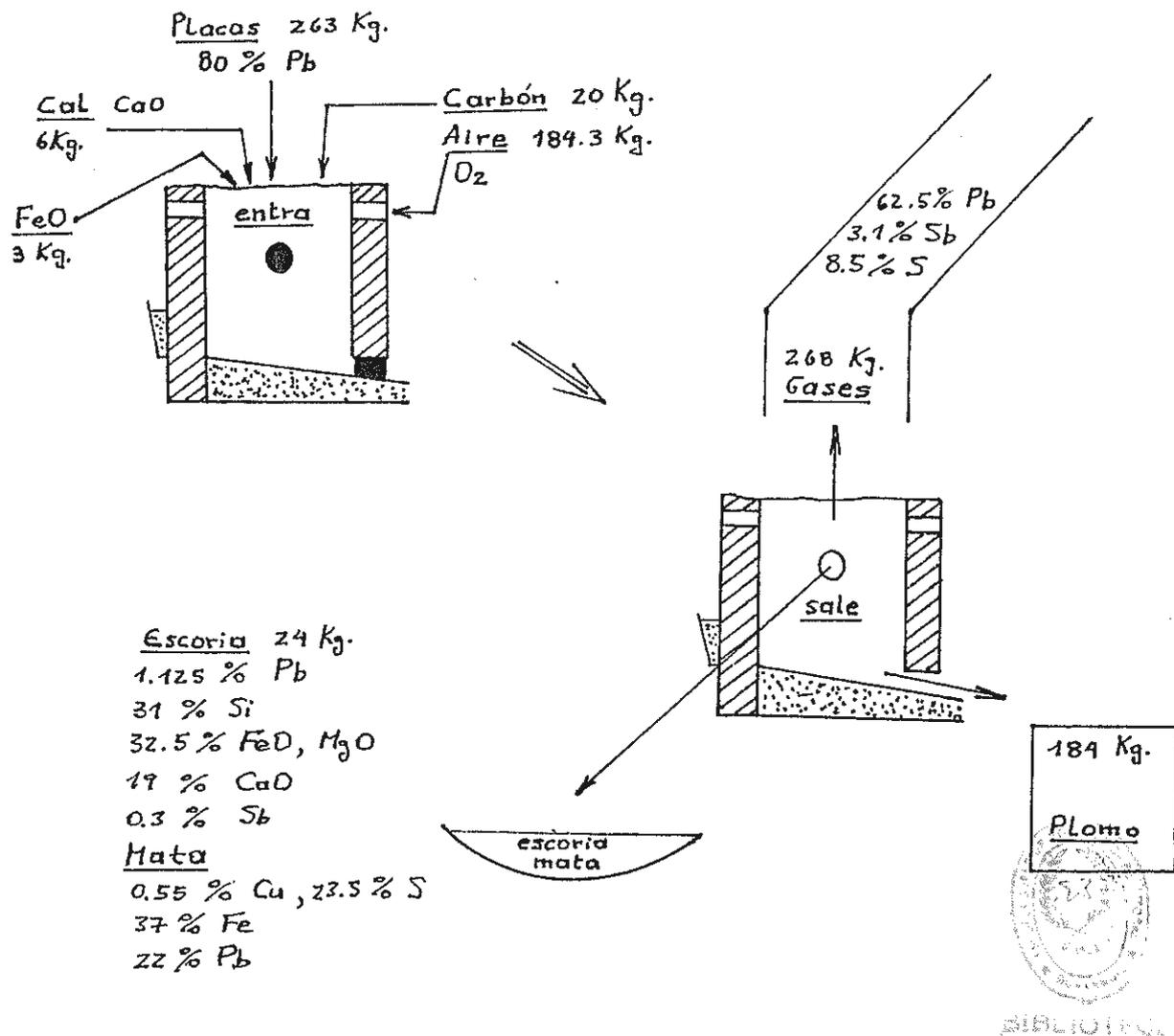


FIG. 3.2 BALANCE DE MATERIALES PARA PRODUCIR PLOMO.

3.6.2 Balance de Energía.

Un balance de calor es una guía útil para evaluar la eficiencia del combustible de un horno. El rendimiento de una unidad de calor puede ser expresada en un número de diferentes formas. Por ejemplo, un horno de fundición, como libras de combustible por tonelada de plomo producido.

Este método es útil cuando se compara diferentes aplicaciones bajo exactamente las mismas condiciones o cuando se emplea diferentes hornos que cumplen la misma operación, pero bajo diferentes condiciones, es necesario referir todos los datos de rendimiento a los estándares. Los estándares generalmente lo que usan es la relación de peso de combustible que es realmente usado para llevar a cabo la operación, usado en la practica industrial. Alternativamente, la cantidad de calor teoricamente requerido para realizar una operación particular necesita ser determinado termodinamicamente y este puede ser comparado con la energía real usada en la práctica. Por ejemplo, 1 lb de agua a 100°C y a 1 atm de presión requiere un mínimo de 970,1 Btu para producir 1 lb de vapor a la misma temperatura y presión, más el valor de 970,1 Btu se puede comparar con la energía real usada para producir 1 lb de vapor bajo esas condiciones, con cualquier forma de energía que sea usada. Estos métodos de evaluación son útiles, y dan un indicador de la eficiencia de planta pero no muestran las ineficiencias, de ocurrir.

Es mejor mostrar para manejar en detalle, las partes de la energía total que entran y salen del

sistema en forma de un balance de calor.

Balances de calor se construyen sobre bases de alguna unidad, la cual puede ser una hora o el tiempo necesario para completar un ciclo de operación, o sobre una unidad de material manufacturado o procesado. Un balance de calor consiste esencialmente de la siguiente información:

Entrada.



BIBLIOTECA

- a- Energía química del combustible.
- b- El calor sensible del combustible sobre algún nivel, usualmente tomado a temperatura y presión estandar.
- c- El calor sensible de la combustión, también a temperatura y presión estandar.
- d- El calor sensible del material que se procesa, a temperatura y presión estandar.
- e- Energía eléctrica o mecánica suministrada de auxiliares tales como bombas y ventiladores.
- f- El calor envuelto durante reacciones exotérmicas.

Salida.

- a- El calor total contenido en el material que sale, incluyendo el calor sensible y latente.
- b- El calor total contenido de todos los productos de combustión.
- c- Pérdidas de calor de la estructura por conducción através de paredes por convección y radiación al medio ambiente.
- d- El calor almacenado en la estructura del horno.
- e- El calor absorbido en reacciones endotérmicas.
- f- Pérdidas en carbón cuando se quema combustible sólido, pérdidas por radiación através de puertas abiertas, etc.

La construcción real de un balance de calor para una planta es difícil, e invariablemente se deben hacer asunciones. Algunos balances se construyen dividiendo la planta en secciones y analizando cada una de estas.

Determinación del Balance Energético del Horno.

La mejor manera de describir un balance energético para un horno es por medio de un ejemplo. El método simplificado no toma en cuenta el contenido calorífico del aire de combustión, y determina las pérdidas por las paredes por una simple substracción. Existen tres diferentes fuentes de

energía que se deben considerar al elaborar un balance de energía:

- * Poder calorífico (calor de combustión).
- * Calor sensible.
- * Calor para el proceso.

El calor de combustión es la energía puesta en juego cuando se quema el combustible. Existen dos valores de poder calorífico para el combustible: el poder calorífico bruto o calor de combustión superior; y el poder calorífico neto o calor de combustión inferior. El poder calorífico es el número de calorías que desprende 1 kg de un cuerpo (combustible) desde que empieza a arder hasta que los productos de la combustión se han enfriado volviendo a la temperatura inicial del cuerpo. Si los productos de la combustión tienen vapor acuoso y éste se condensa se considera la potencia calorífica superior (Ps).

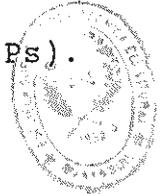
El poder calorífico superior está determinado por la energía que se entregaría al convertir (quemar) todo el combustible a dióxido de carbono y agua, condensando luego toda el agua producida a 25 grados C para recuperar el calor de vaporización. El poder calorífico inferior es igual al poder

calorífico superior menos el calor da vaporización del agua en los productos de combustión.

Si se mide el flujo del combustible y si se conoce el poder calorífico de dicho combustible, se puede calcular el calor de combustión de la siguiente manera:

Energía sumunistrada [KJ/hr]= consumo de combustible * poder calorífico superior (Ps).

Ps (gas horno de carbón) = 15665 kj/Kg.



BIBLIOTECA

Se define calor sensible como el calor contenido en una substancia a causa de su temperatura. Estos son calculados usando una temperatura referencial, normalmente 21°C. Se considera que a la temperatura referencial la substancia carece de calor sensible.

Se calcula este valor de la siguiente manera:

$$H = M * Cp * Diferencia de Temperatura$$

Donde: H= calor sensible [KJ]

M= masa de la substancia [Kg]

Cp= calor específico del material [KJ/Kg°C]

Diferencia de Temperatura= (temp. de material -

temp. referencial) grados Centígrados.

▷ Se define calor de proceso como el calor necesario para causar un cambio físico o químico en el material.

Para sistemas metalurgicos a presión cte, la siguiente ecuación es una de las más útiles, basadas en la Primera Ley de la Termodinámica.

$$dH' = \delta q - \delta w^* - \sum_{i=1}^n m_i h_i$$

donde: H' = entalpía del sistema total

δq = calor añadido al sistema

δw^* = otros trabajos hechos por el sistema

δm = masa

h_i = entalpía por unidad de masa (propiedad intensiva) para un elemento específico (i).

- En nuestro continuo proceso para la reducción de óxidos de plomo por medio de monóxido de carbono para obtener plomo y dióxido de carbono, operando a 1273 °K y consumiendo 50 moles por hora (asumiendo) de óxido de plomo. Si las entalpías a 1273°K por mole de óxido de plomo, plomo, CO y CO₂ son:

-30500, 8000, -19840, -82290 cal respectivamente,

cual será el requerimiento de calor del proceso?

Si se asume que el proceso es a presión cte. y operando a estado estable, y que no hay trabajos mas que el de expansión tenemos:

$$dH' = 0 \quad \text{y} \quad \int w' = 0$$

Los cambios de energía cinéticos y potenciales se ignoran, el balance de energía se puede encontrar usando:

$$0 = \int q + \sum_{i=1}^n \int m_i h_i \quad - \int q = \sum_{i=1}^n \int m_i h_i$$

Cuando los datos de entalpía, H_i , es dado por mol en vez de unidad de masa, la entalpía por unidad de masa se encuentra como:

$$h_i = H_i / M_{wi}$$

$$\int q = \sum_{i=1}^n \int m_i (H_i / M_{wi}) = \sum_{i=1}^n (\int m_i / M_{wi}) H_i = \sum_{i=1}^n \int n_i H_i$$

donde $(\int n_i)$ es el número de moles de i en la corriente, para sistemas fluyentes;

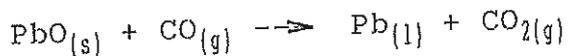
$$-\int \dot{q} = \sum_{i=1}^n \int \dot{n}_i H_i$$

y

$$-\dot{q} = \sum_{i=1}^n \dot{n}_i H_i$$

donde (\dot{n}_i) es el flujo (moles/unidad de tiempo).

En este problema 50 moles por hora de óxido de plomo entran al proceso. De la estequiometría de la reacción;



50 moles de monóxido de carbono se deben suministrar, 50 moles de plomo y 50 moles de dióxido de carbono se producirán:

$$-q = (50 \text{ mol PbO/hr}) \cdot H_{\text{PbO}} + (50 \text{ mol CO/hr}) \cdot H_{\text{CO}} - (50 \text{ mol Pb/hr}) \cdot H_{\text{Pb}} - (50 \text{ mol CO}_2/\text{hr}) \cdot H_{\text{CO}_2}$$

$$-q = (50)(-30500) + (50)(-19840) - (50)(8000) - (50)(-82290)$$

$$q = -1197500 \text{ cal/hr.}$$

Este calor es exotérmico y para el flujo dado se obtiene $-1.2 \cdot 10^6 \text{ cal/hr}$ o $-1.2 \cdot 10^6 / 50 = -23950 \text{ cal}$ por mole de Óxido de plomo reducido.

- Determinamos cuanto calor se requiere durante un proceso a presión cte., en que una mol de Pb líquido a 1300°K se convierte en una mol de plomo vaporizado a 2024°K .

Los datos requeridos se suman así:

Punto ebullición y fusión del plomo = 2024°K,
600,5°K.resp.

$$H_{s \rightarrow l} = 1225 \text{ cal/mole} ; H_{l \rightarrow g} = 42880 \text{ cal/mole}$$

$$C_{p(\text{liq})} = 6.80 \text{ cal/mole}^\circ\text{K}; C_{p(s)} = 5.82 + 1.90 \cdot 10^{-3} T \text{ cal/mole}^\circ\text{K}$$

Para un sistema a presión cte. y no haciendo ningún trabajo que el de trabajo de expansión, el calor ganado del sistema es igual al cambio de entalpía del sistema.

$$dH = \int q$$

Para un sistema que se somete a (n) transformaciones (el cambio en entalpía del objeto será igual al incremento de entalpía más el calor latente de transformación).

$$H_{(T1 \rightarrow T2)} = \int_{T1}^{Tt} C_p (\text{fase 1}) dT + \Delta H_t + \int_{Tt}^{T2} C_p (\text{fase 2}) dT$$

Puede ser generalizado a:

$$H_{(T1 \rightarrow T2)} = \int_{T1}^{Tt1} C_p (\text{fase 1}) dT + \Delta H_{t1} + \int_{Tt1}^{Tt2} C_p (\text{fase 2}) dT + \Delta H_{t2} + \dots + \int_{Ttn-1}^{Ttn} C_p (\text{fase n}) dT + \Delta H_{tn}$$

Para dos transformaciones:

$$H_{(T1 \rightarrow T2)} = \int_{T_1}^{T_{t1}} C_p \text{ (fase 1) } dT + \Delta H_{t1} + \int_{T_{t1}}^{T_{t2}} C_p \text{ (fase 2) } dT + \\ + \Delta H_{t2} + \int_{T_{t2}}^{T_2} C_p \text{ (fase 3) } dT.$$

El incremento de entalpía para el plomo en este problema es igual:

$$H_{(298^\circ\text{K} \rightarrow 2024^\circ\text{K})} = \int_{298}^{600.5} C_{p(s)} dT + \Delta H_{s \rightarrow l} + \int_{600.5}^{2024} C_{p(l)} dT + \Delta H_{l \rightarrow g} + \\ + \int_{2024}^{2024} C_{p(g)} dT.$$



BIBLIOTECA

El último integral puede igualarse a cero, por sus límites iguales:

$$\int_{2024}^{2024} C_{p(g)} dT = 0$$

Entonces nos queda:

$$H_{(298^\circ\text{K} \rightarrow 2024^\circ\text{K})} = \int_{298}^{600.5} 5.82 + 1.90 \cdot 10^{-3} T dT + 1225 + \int_{600.5}^{2024} 6.80 dT \\ + 42880.$$

$$H_{(298^\circ\text{K} \rightarrow 2024^\circ\text{K})} = 55804 \text{ cal/mole.}$$

Puesto que el cambio de entalpía del sistema es positivo, 55804 cal por mole de plomo, se requiere del medio.

▷ Balace de Energía del horno de cubilote, para fundir chatarra de baterías y obtener plomo.

Los datos tomados incluyen lo siguiente:

Masa de chatarra = 263 Kg/hr

Masa de caliza = 6 Kg/hr

Masa de FeO = 3 Kg/hr

Calor de vaporización plomo = 278 Kcal/Kg

Combustible al horno = 20 Kg/hr

Aire suministrado = 184.32 Kg/hr

Temperatura plomo fundido = 1000 °C

Temperatura de gases de salida = 550 °C

Los flujos de energía se presentan en la figura:

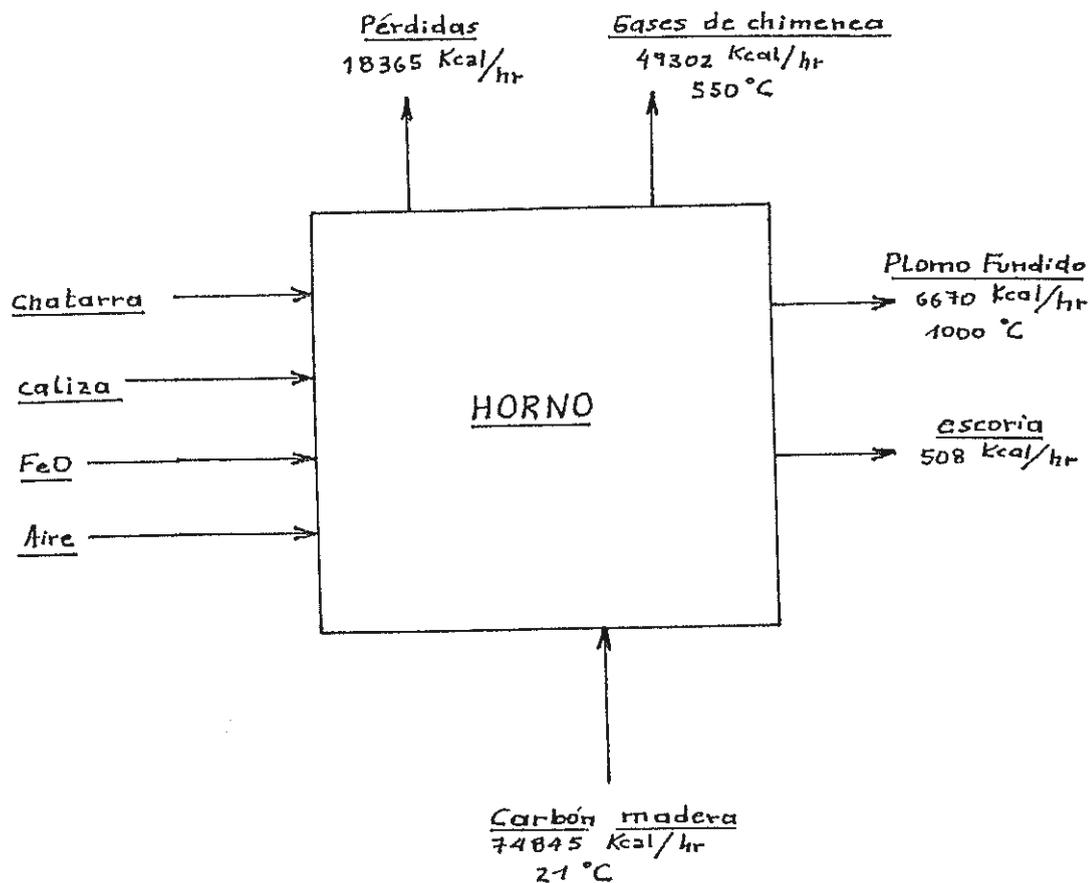


FIG. 3.3 BALANCE DE ENERGIA DEL HORNO.

Las entradas de masa y energía se pueden tabular así:

	<u>Kg/hr</u>	<u>Kcal/hr</u>
chatarra	263	0*
combustible	20	74845
aire	184.32	0*
caliza	6	0*
FeO	<u>3</u>	<u>0*</u>
Total	476.32	74845

* Se considera que los materiales que ingresan se encuentran a la temperatura referencial; por tanto no poseen calor sensible.

Las salidas de masa quedan así:

Gases de salida, 192.8 Kg/hr; combustible, 20 Kg/hr; vaporización, 55 Kg/hr; nos queda total = 267,8 Kg/hr.

Las salidas de energía se computan así:

El calor sensible en los gases de salida esta dado por:

$$H = \text{Masa} * \text{Calor específico} * (\text{dif. de temperatura})$$

El calor sensible a 550°C será:

$$H_1 = (267.8) * (1.005) * (550 - 21) = 34012 \text{ Kcal/hr}$$

A esto deberá añadirse el calor de vaporización del plomo:

$$H_2 = (\text{masa}) * (\text{calor de vaporización})$$

$$H_2 = (55) * (278) = 15290 \text{ Kcal/hr}$$

Las pérdidas totales de chimenea son la suma de lo anterior:

$$H_1 + H_2 = 49302 \text{ Kcal/hr}$$

El calor contenido en el plomo fundido de la colada y el contenido de plomo en la escoria, que salen del horno es:

$$H = (184) * (0.155) * (1000 - 21) + (14) * (0.155) * (1000 - 21)$$

$$H = 6670 + 508 = 7178 \text{ Kcal/hr}$$

Sumando los dos términos anteriores se obtiene:

$$56480 \text{ Kcal/hr}$$

Si este valor se resta del calor total suministrado arroja una diferencia de (18365 Kcal/hr), que corresponde a la cantidad de calor perdida por:

Radiación y convección del horno, energía de salida en las escorias, conducción por las paredes (estructura) del horno, almacenaje de energía, energía necesaria para fundir el óxido de hierro y piedra caliza, cuando se abren las mirillas de las toberas para golpetear las obstrucciones de carbón dentro del horno, pérdidas de calor y errores, para evaporar altas humedades, calor absorbido en reacciones químicas, aire frío desde el ventilador que entra al horno, la energía total de salida será, por tanto:

	<u>Kcal/hr</u>	<u>porcentaje</u>
metal fundido	7178	12
gases de salida	49302	66
otras pérdidas	<u>18365</u>	<u>22</u>
total	74845	100,0

Diagrama de SANKEY.

El diagrama de SANKEY es la representación gráfica de un balance de calor, el cual indica claramente la distribución de energía.

El flujo de energía se representa en el diagrama como una corriente fluyendo através del sistema.

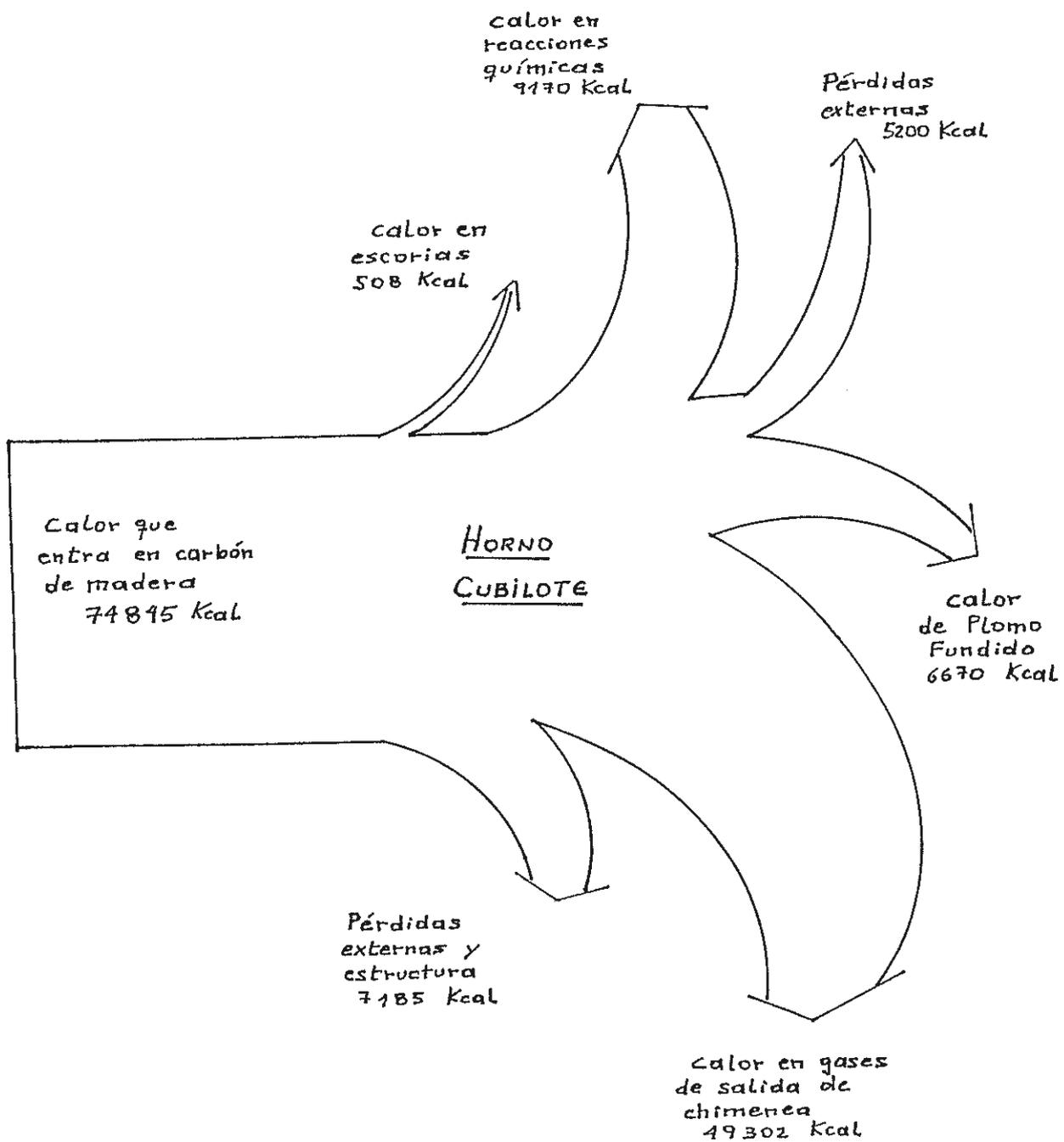


FIG. 3.4 DIAGRAMA SANKEY PARA EL HORNO.

CAPITULO IV.

PLOMO, INTOXICACION Y SEGURIDAD.



BIBLIOTECA

4.1 Distribución.

Aunque sólo en cantidades muy pequeñas, el plomo se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. El metal no se presenta en un estado elemental puro, sino combinado con otros elementos formando sales. Las fuentes naturales de plomo contribuyen en un grado muy escaso a la contaminación ambiental por el mismo.

En cambio, la exploración de minas, la fundición y el refinamiento así como la manufacturación de productos que contienen plomo y la combustión de aditivos alquilplúmbicos presentes en los combustibles para motores, dan lugar a importantes emanaciones de plomo en los entornos correspondientes, [ref. 10].

El plomo en forma orgánica se utiliza en las baterías eléctricas, en los cables, en las soldaduras, en el material de imprenta, en las pinturas blancas y como sustancia estabilizadora en los plásticos, como el cloruro de polivinilo. El plomo orgánico se usa como

aditivo en los combustibles de los motores [ref. 8].

Durante el último medio siglo, la exposición del hombre al plomo ha variado en cuanto a su origen, pero no en lo que respecta a su magnitud. El descenso que durante este período de tiempo ha experimentado la exposición procedente del plomo de las cañerías de agua, de los recipientes para alimentos y de las pinturas, queda contrarrestado por el aumento de la exposición al plomo procedente de los tubos de escape de los vehículos a motor, especialmente en las grandes comunidades urbanas con un elevado índice de motorización. Se ha demostrado sin lugar a dudas la presencia de depósitos de plomo, transportado por el aire, sobre el suelo y las plantas a lo largo de las vías de comunicación, así como en las zonas urbanas. El Pb procedente de los tubos de escape de los carros se presenta en forma de partículas, que se depositan en el suelo y en la superficie del agua por la acción de la gravedad y de la lluvia.

4.2 Metabolismo del plomo.

a) Absorción del plomo.- La población general se expone a la acción del plomo a través de la ingesta de los alimentos y del agua, así como por medio de la inhalación del aire contaminado. Además, los niños se exponen al ingerir productos no comestibles (pica). El

plomo se acumula en el organismo y provoca una gran diversidad de efectos tóxicos. Recientemente se han revisado la absorción, el metabolismo y la toxicidad del plomo.

a.1) Absorción por inhalación.- El aporte de plomo mediante la respiración depende de la concentración del mismo en la atmósfera local, así como del tamaño, de la forma y de la naturaleza de las partículas de plomo. El modo de respiración (nasal o bucal) y la frecuencia y profundidad de la misma influyen asimismo sobre el grado de aporte de plomo.

El plomo transportado por el aire puede penetrar en el organismo por inhalación o por ingestión. Las partículas de menor tamaño alcanzan los pulmones y se pueden absorber totalmente. Las partículas mayores son detenidas por los mecanismos defensivos del aparato respiratorio y es probable que se deglutan. Además, las partículas de plomo se depositan sobre las superficies, contaminando la tierra y el polvo doméstico. Por consiguiente se hace difícil determinar el porcentaje de plomo transportado por el aire que penetra por vía respiratoria y el que lo hace por vía digestiva, [ref. 10].



En los ensayos sobre el balance de plomo realizados por Kehoe en el hombre, se motorizó a los sujetos y se les

sometió a la exposición al plomo por inhalación, por medio de aerosoles de plomo preparados en el laboratorio. En estas condiciones, se observó una fijación de plomo de alrededor del 36% del aporte.

Tanto en éstas como en otras investigaciones efectuadas se han observado cifras aproximadas de fijación del plomo del orden de $30 \pm 10\%$ en las condiciones experimentales normales. Sin embargo, no se ha podido llegar a ninguna conclusión válida por lo que respecta a la absorción diaria de plomo que cabe prever en condiciones reales.

a.2) Absorción del plomo en el tracto gastrointestinal.- En los ensayos a largo plazo realizados por Kehoe, se calculó el balance de plomo restando del plomo de la dieta el que se encontraba presente en las heces y en la orina, sin tener en cuenta el plomo inhalado. Se observó una absorción menor del 10% del plomo ingerido en la alimentación y en las bebidas.

Rabinowitz y Cols, empleando un isótopo de plomo estable por vía oral, pudieron apreciar que la absorción del plomo presente en la dieta era inferior al 10%.

Alexander y Cols, publicaron los resultados de los

estudios de balance de tres días de duración, efectuados en un grupo de ocho niños sanos, de edades comprendidas entre los 3 meses y los ocho años y medio. La absorción media fue del 53% de la cantidad ingerida, con una desviación estándar del 33% y una fijación media del 18%. Estos datos sugieren que los niños absorben el plomo de una forma más eficiente que los adultos, pero la dispersión de los datos es muy grande para concederles un valor absoluto.

Barltrop y Cols, examinaron la absorción del plomo de la dieta en 3 adultos y en 29 niños sanos de edades comprendidas entre 3 semanas y 14 años, durante períodos de hasta 30 días, por medio de balances metabólicos realizados durante tres días consecutivos.

Se produjeron considerables variaciones entre los distintos niños, así como entre los diferentes balances efectuados en sucesivas ocasiones en los mismos niños.

Muchos de estos niños presentaron un balance de plomo negativo; la absorción media de plomo fue de -40%, con un margen de -574 a +99%. Dos de los adultos absorbieron aproximadamente el 30% del plomo ingerido y el tercero presentó un balance de plomo negativo.

Estos hallazgos sugieren que la excreción fecal de plomo está en relación tanto con la exposición previa como con

forma lábil al sistema esquelético y que también se pueden intercambiar rápidamente;

-finalmente, plomo fijado firmemente al esqueleto y que constituye el 60-90% del plomo total del organismo.

Los niveles de plomo en la sangre y en los tejidos blandos experimentan un aumento durante la infancia para estabilizarse en la vida adulta temprana. El plomo de los huesos se va almacenando a lo largo de la vida, reflejando un proceso acumulativo a largo plazo. El plomo de la sangre y de los tejidos blandos se equilibra con bastante rapidez y por consiguiente la concentración de plomo en estos tejidos refleja las exposiciones reales y recientes al mismo y poseen mayor significado toxicológico.

c) Eliminación del plomo absorbido.- El plomo se elimina del organismo por vía urinaria y por vía digestiva. En el estudio de balances metabólicos efectuado por Rabinowitz y Cols, en un individuo expuesto al plomo por causas no profesionales, que recibió una alimentación de un contenido normal de plomo a la que se le había añadido un isótopo estable del mismo, se observó que la eliminación del plomo absorbido (reflejada por el nivel de plomo en sangre) era de alrededor de un 36% en la orina, del 16% en las heces y del 8% por otras vías (sudor, uñas, descamación cutánea,



cabellos) acerca de las cuales se conocen pocos datos.

d) **Vida media biológica del plomo.**- Es muy difícil determinar la vida media biológica del plomo. En una revisión reciente se han dado cifras de 5, 10 y 20 años.

Los depósitos más importantes de plomo se encuentran vinculados firmemente al tejido óseo, dificultándose calcular el porcentaje de pérdida del organismo.

4.3 **Metabolismo del plomo, efectos en el hombre.**

Los datos clínicos y de laboratorio que se utilizan para el diagnóstico y el tratamiento de la intoxicación por el plomo se pueden dividir en índices de absorción e índices de toxicidad. Los índices de absorción reflejan la exposición al plomo y los índices de toxicidad los efectos metabólicos adversos del mismo.

a) **Índices de absorción.**

- Nivel de plomo en sangre
- Plomo urinario post-quelación
- Plomo de los dientes
- Plomo del cabello
- Pruebas radiológicas de la ingestión y de la absorción de plomo
- Líneas del plomo

- Plomo total del organismo

b) Índices de toxicidad (efectos de la relación dosis-respuesta).

Efectos agudos:

toxicidad clínica.

Efectos crónicos:

efectos sobre la síntesis del heme

- ALAD, (ácido - aminolevulínico deshidratosa)
- ALA, (ácido - aminolevulínico)
- FEP, (protoporfirina libre de los hemetíos)
- Anomalías de los hematíos y anemia
- Toxicidad renal
- Efectos sobre el sistema nervioso
- Efectos sobre el tracto gastrointestinal.

a.1) Nivel de plomo en la sangre.

En los estudios "KEHOE" de balance en adultos que ingirieron una cantidad de plomo superior a la habitual, se observó una tendencia al aumento de los niveles del plomo en la sangre al cabo de un mes de iniciar el ensayo.

La interpretación de los niveles de plomo en la sangre

es difícil. Estos niveles experimentaron grandes variaciones durante los estudios experimentales de balance "KEHOE". El nivel de plomo en la sangre no solamente refleja la cantidad de plomo ingerida o inhalada recientemente, sino también el plomo movilizado desde los lugares de depósito. Aunque se han podido observar algunas discrepancias entre las técnicas utilizadas en los diferentes laboratorios, se considera que el nivel de plomo en la sangre es el índice de la exposición ambiental al plomo.

Los niveles de plomo en la sangre en el hombre con una exposición normal al mismo oscilan entre 10-20 ug/100ml por término medio. Se han hallado valores más elevados en las personas que viven cerca de autopistas de gran tránsito, así como en las cercanías de las fundiciones de plomo.

Los datos procedentes de la Segunda Investigación Nacional sobre la Salud y la Nutrición (NHANES II), realizada en USA entre 1976 y 1980, muestran un descenso en los niveles medios de plomo en la sangre, desde 15.8 a 10.0 ug/100ml, que corresponde a una disminución simultánea en el empleo de carburantes con plomo.

A partir de los datos del estudio NHANES II, se puede calcular que el 1.9% de la población general, pero un 4%

de los niños entre 6 meses y 5 años, presentaban niveles de plomo en la sangre que excedían el límite superior tolerado de 30 ug/100ml, propuesto por el centro para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos.

Los niños de edades inferiores a los 6 años presentaban niveles de plomo en la sangre superiores (15 ug/100ml) que los de 6 a 17 años (13-11 ug/100ml). Los ingresos por familia, el grado de urbanización y la raza guardaron una relación significativa con los niveles globales de plomo en la población general, sobre todo en los grupos de edad de 6 meses a 5 años.

En una investigación efectuada en Gran Bretaña en 1979 y 1980, se apreciaron en la población general niveles de plomo en la sangre de 15 ug/100ml en promedio. El grado de urbanización, la edad de la vivienda, el nivel de plomo disuelto en el agua, las variaciones estacionales, las condiciones sociales y la proximidad de la vivienda a las vías de comunicación importantes, ejercieron todos ellos una influencia significativa sobre los niveles de plomo en la sangre. Los niños que vivían cerca de las autopistas presentaban niveles más elevados que los adultos que habitaban en la misma zona; alrededor del 42% de estos niños presentaban niveles de plomo en la sangre superiores a 25 ug/100ml; dichos niveles aumentaban rápidamente con la edad, alcanzando

su máximo a los 2-3 años, para descender luego hasta los 7 años.



En una segunda investigación realizada en Gran Bretaña en 1967-1969 y en 1978-1980, se observó un descenso global de los niveles de plomo en la sangre en individuos de sexo masculino de 20.2 ug/100ml a 16.6 ug/100ml.

En los estudios recientes realizados en Australia, se comprobaron niveles de plomo en sangre de 2-30 ug/100ml en los niños hasta la edad de 16 años, sin que hubiera ningún niño con valores superiores al límite máximo actualmente recomendado.

Se han efectuado recientemente investigaciones sobre los niveles de plomo sanguíneo en niños de Papúa (Nueva Guinea) y de Nepal; dichos niveles fueron de 5 y de 3 ug/100ml, respectivamente. Estas cifras de plomo en la sangre son muy inferiores al promedio normal de 10-20 ug/100ml que se encuentran en Europa Occidental y en USA.

a.2) Plomo urinario post-quelación.

La administración de un agente quelante acelera la excreción urinaria de plomo procedente de los tejidos

blandos y del fijado lábilmente a los huesos. Con este método se logra una base precisa para adoptar decisiones terapéuticas en los niños con aumentos moderados de la absorción de plomo.

a.3) Plomo de los dientes.

La concentración de plomo en los dientes caducos proporciona datos sobre la exposición al plomo ocurrida desde tiempo atrás. La dentina adyacente a la pulpa reviste particular utilidad, ya que se deposita entre el momento de la erupción del diente y el de la caída del mismo.

a.4) Plomo del cabello.

El plomo del cabello se ha utilizado como material biopsico para averiguar el grado de exposición a este metal, aunque existen datos indicativos de que los niveles de plomo del cabello guardan relación con la edad y con el sexo. De los individuos expuestos a un elevado contenido de plomo en la atmósfera, la cantidad del mismo incorporada a la superficie externa del cabello puede ser superior a la concentración debida al plomo absorbido.

a.5) Pruebas radiológicas de la ingestión y de la

absorción del plomo: Líneas del plomo.



BIBLIOTECA

Al crecer el niño, el plomo se deposita principalmente en la región de las metafisis de los huesos largos (rodillas, tobillos y muñecas), sobre todo durante los períodos de crecimiento acelerado. En el examen radiológico se puede apreciar la presencia en los huesos de unas líneas de densidad aumentada (líneas del plomo).

a.6) Plomo total del organismo.

El contenido total en plomo del organismo aumenta desde el nacimiento hasta la 3ra edad. Si se examinan los datos correspondientes a los diversos órganos, se aprecia que dicho aumento progresivo se debe al plomo que se ha ido acumulando en los huesos a lo largo de la vida. El plomo de los tejidos blandos de la sangre tiende a acumularse menos, estabilizándose en la edad adulta temprana y reflejan un gran recambio comparado con el que se observa en los huesos.

b) Índices de toxicidad; efectos de la relación dosis-respuesta.

b.1) Efectos agudos. Toxicidad clínica.

Los síntomas de la intoxicación aguda por el plomo

siguen generalmente un cierto orden: astenia, dolor en las articulaciones y en la musculatura de las extremidades, cólicos abdominales (estos últimos durante cientos de años han recibido el nombre de cólico de los pintores) y reducción de la velocidad de conducción nerviosa. La encefalopatía aguda por el plomo es rara en los adultos, pero se han observado numerosos casos en los niños con pica en USA. En la encefalopatía aguda los niveles de plomo en la sangre pueden oscilar entre 80-100 a 300 ug/100ml.

b.2) Efectos crónicos. Efectos sobre la síntesis del heme.

El plomo afecta a diversos estadios de la síntesis del heme, pudiendo llegar a producir anemia. Dichos trastornos de la síntesis del heme han proporcionado unos índices sensibles de la toxicidad metabólica del plomo.

- ALAD (ácido - aminolevulínico deshidratasa).

Es una enzima presente en el hematíe maduro sensible al plomo. La disminución de la actividad de la ALAD en los hematíes puede considerarse como un índice de la exposición excesiva al plomo; existe una correlación negativa entre los niveles de ALAD y de plomo en la



BIBLIOTECA

sangre.

- ALA (ácido - aminolevulínico).

La excreción del mismo en la orina se ha utilizado durante largo tiempo como indicador biológico de la toxicidad plúmbea. La amplia variabilidad de los niveles de ALA en niños sanos, indica que esta prueba no se puede utilizar para el screening masivo.

- FEP (protoporfirina libre de los hematíes).

Es otro índice sensible de la absorción de plomo. Se utiliza de una forma preferente en USA como método de screening para descubrir a los niños con niveles sanguíneos elevados de plomo; este método es más caro que el screening mediante los niveles sanguíneos de plomo.

- Anomalías de los hematíes y anemia.

El plomo ejerce un efecto tóxico sobre las membranas de los hematíes, pudiendo incrementar la tendencia de los mismos hacia la hemólisis. En los casos de intoxicación por el plomo, se presenta a menudo anemia, pero ello no indica necesariamente que existe un acortamiento de la vida del hematíe.

- Toxicidad renal.

Los efectos del plomo sobre el riñón se pueden dividir en dos grandes clases. El primer tipo consiste en una lesión tubular, que se caracteriza por una disminución de la reabsorción de la glucosa, de los fosfatos y de los aminoácidos, con el resultado de la aparición de glucosuria, hiperfosfaturia y aminoaciduria.

El segundo efecto renal consiste en el lento desarrollo de alteraciones morfológicas en los riñones, con disminución de la capacidad de filtración; esta afectación, de carácter progresivo, puede conducir a la insuficiencia renal. Este síndrome renal se puede desarrollar y progresar hasta la insuficiencia renal, incluso largo tiempo después de que haya desaparecido la exposición al plomo. Se ha podido observar que los pacientes que fallecen en Australia a causa de una nefropatía crónica suelen tener una elevada concentración de plomo en los huesos.

- Efectos sobre el sistema nervioso.

El aumento de la absorción de plomo puede producir efectos tanto sobre el sistema nervioso central como sobre el periférico. Los efectos sobre el sistema nervioso central se manifiestan en forma de



BIBLIOTECA

encefalopatía se observan con frecuencia en los niños con pica. La importancia de la encefalopatía depende de una serie de factores, entre ellos la intensidad y la duración de la exposición, así como de la edad del paciente. Se ha observado en investigaciones anatomopatológicas del sistema nervioso que las principales lesiones del mismo consisten en la presencia de edema, alteraciones vasculares y extravasación de suero. Entre los síntomas más leves se encuentran un cierto deterioro mental, comportamiento hipercinético o agresivo, anorexia y trastornos del sueño.

La neuropatía periférica se caracteriza por debilidad muscular y disminución de la velocidad de conducción nerviosa [ref. 10]. En los últimos años se han publicado escasos datos sobre la anatomía patológica de los nervios periféricos en estos casos.

- Efectos sobre el tracto gastrointestinal.

El cólico (también llamado cólico de los pintores) es un síntoma precoz de la exposición al plomo. Es bien conocida la aparición de cólico, anorexia, trastornos gástricos, diarrea y estreñimiento a unos niveles relativamente bajos de exposición de carácter industrial. También es frecuente en lactantes y niños pequeños que sufren intoxicación por el plomo.

c) Efectos genéticos y efectos sobre la reproducción.

Se ha publicado en numerosas ocasiones que tanto los recién nacidos muertos como los abortos pueden tener lugar como consecuencia de la exposición al plomo, pero no existen datos epidemiológicos suficientes como para sostener esta hipótesis. En los ensayos de experimentación animal realizados en este sentido, se presentan trastornos del comportamiento en los recién nacidos que pudieran ser originados por la exposición intrauterina al plomo, [ref.10].

El plomo puede atravesar la barrera placentaria y pasar al feto, en diferentes estados de gestación. En cuarenta fetos de 22-43 semanas se midió el nivel de plomo existente en los tejidos blandos y en el tejido óseo; la acumulación del plomo comenzó en una época muy precoz de la vida, registrándose los niveles más elevados en el tejido óseo. Se ha observado la presencia de plomo en la sangre de cordón en los recién nacidos.

Un niño que nació de una madre expuesta a niveles elevados de plomo durante el octavo mes de embarazo, presentó signos bioquímicos de intoxicación por el plomo en el nacimiento, sin que existiera ninguna manifestación neurológica. Se observó más adelante un

retraso en el lenguaje, que pudiera deberse a la exposición prenatal al plomo, pero no se puede descartar que el ambiente del hogar no fuera lo suficientemente adecuado como para lograr un normal desarrollo cognoscitivo y lingüístico.

4.4 Diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por el plomo.

Recientemente se ha sometido a revisión la validez de las pruebas diagnósticas en la intoxicación por el plomo. El diagnóstico diferencial de la intoxicación por el plomo requiere la medición del nivel del plomo en la sangre, de la protoporfirina libre eritrocitaria (FEP), y de la deshidratasa del ácido aminolevulínico (ALAD).

Para tratar la intoxicación aguda y la intoxicación crónica por el plomo se pueden emplear los agentes quelantes. Los agentes quelantes no se deben administrar con fines profilácticos, debido a los efectos adversos que poseen. El objetivo principal del tratamiento del saturnismo en los niños consiste en la prevención de las lesiones del sistema nervioso. Todo niño con unos niveles de plomo en la sangre superiores a 80 ug/100ml debería recibir tratamiento con un agente quelante; los niños que presenten unos niveles de 30-50

ug/100ml pueden requerir también por lo menos un breve período de terapéuticos quelantes para reducir el contenido de plomo de los tejidos blandos, si presentan alguna alteración en la síntesis del heme.

4.5 Transtornos neurológicos como efecto tardío de la intoxicación por el plomo.

Los niños que sobreviven a la encefalopatía aguda quedan a menudo con secuelas de carácter permanente de tipo neurológico y mental. No existe acuerdo sobre si la existencia de una carga plúmbea baja en el organismo puede acompañarse asimismo de trastornos neuropsicológicos. En diversas investigaciones efectuadas se ha comunicado la presencia de déficit intelectual en grado ligero, alteraciones perceptuales y motrices y anomalías del comportamiento, especialmente hiperactividad. Estos hallazgos, que se han recogido durante los últimos diez años, no son de presentación constante.

A continuación revisamos por orden cronológico algunos trabajos recientes publicados:

- Needleman y Cols, informaron sobre la relación existente entre el depósito dental de plomo y los déficits de tipo intelectual, de la atención y del

comportamiento, así como el rendimiento escolar.

- El Departamento de Sanidad Social de Gran Bretaña, llegó a la conclusión de que no existían pruebas acerca de la acción perjudicial del plomo en los niños con niveles en la sangre inferiores a 35 ug/100ml.

- Rutter, revisó los datos experimentales existentes acerca de los efectos de la elevación de los niveles de plomo en la sangre sobre las funciones cognitivas y de comportamiento de los niños. Este autor llegó a la conclusión de que, aunque los hallazgos son contradictorios, es probable que la elevación de los niveles de plomo en la sangre por encima de 40 ug/100ml de una forma persistente, pueda producir una ligera alteración cognoscitiva, aumentando ciertamente el riesgo de presentación de trastornos del comportamiento. Existen además algunos datos sobre la posibilidad de que aparezcan trastornos psicológicos con unos niveles de plomo en la sangre inferiores a 40 ug/100ml, pero la información que a este respecto se dispone hasta la fecha no es concluyente.

- Yule y Cols, describieron una asociación entre la exposición al plomo durante la infancia y la presentación de alteraciones del desarrollo cognoscitivo.

- Ernhart y Cols, comunicaron que los efectos de tipo intelectual y sobre el comportamiento que pueden ejercer unos niveles bajos de aporte de plomo parecen ser mínimos y pasajeros.

4.6 Exposición ambiental al plomo.

La población general se pone en contacto con el plomo al ingerir alimentos y agua y por inhalación. Además, los niños pueden ponerse en contacto al ingerir sustancias no comestibles.

a) Aire.

Las concentraciones de plomo en el aire debidas a las fuentes naturales del metal son de muy escasa cuantía.

En los países más desarrollados, las emanaciones plúmbeas debidas a las actividades mineras, procesamiento y utilización del plomo, constituyen el factor principal que contribuye a la presencia del mismo en el aire.

Las concentraciones de plomo transportado por el aire resultantes del uso de carburantes con plomo para los motores, dependen de factores tales como la densidad y la velocidad del tráfico, las condiciones atmosféricas y la topografía local. La concentración de plomo en el



BIBLIOTECA

aire desciende rápidamente al aumentar la distancia a las vías de comunicación.

Alrededor del 90% del plomo del aire procede de los carburantes de los motores; sin embargo, en los alrededores de las industrias del plomo, se da el hecho de que éstas contribuyen de una forma apreciable a los niveles de plomo existentes en el aire.

b) Agua.

El plomo raras veces se halla presente en el agua para el consumo general. Sin embargo, en ciertas circunstancias las concentraciones de plomo en el agua de bebida pueden aumentar considerablemente. El agua blanda (con poco calcio y magnesio) libera plomo en las cañerías de las instalaciones domiciliarias. El plomo se utiliza también como estabilizador en las cañerías de plástico; se ha observado un cierto grado de lixivitación del plomo en el agua.

Los estándares de la OMS para el agua de consumo público son de 100 ug de plomo/lt. El límite de plomo ingerido se halla en relación con el consumo promedio de 2.5 lt de agua correspondiente a un hombre de 70 Kg de peso.

La concentración de plomo puede aumentar hasta 300 ug/lt

antes de llegar al grifo, por contaminación al pasar por la instalación domiciliaria. Cuando se supera este límite de 300 ug/lt de una forma constante, la OMS recomienda que se cambie la instalación o que se trate el agua.

La Directiva de la Comunidad Económica Europea (CEE) sobre la calidad del agua para el consumo humano admite un máximo de 50 ug de plomo/lt de agua en las casas que carecen de cañerías de plomo. En el caso de que sean de plomo, el contenido del mismo no debe exceder los 50 ug/lt en una muestra tomada después de dejar correr el agua. Si el contenido de plomo excede con frecuencia los 100 ug/lt, se deben tomar las medidas necesarias para reducir la exposición al plomo.

c) Alimentos.

La concentración de plomo en los diferentes alimentos es muy variable. Parece existir tanta variación respecto a las distintas muestras de un mismo alimento, como entre los diversos alimentos entre sí. Los errores al tomar las muestras y en los métodos analíticos empleados pueden explicar una gran parte de estas diferencias. Las estimaciones del contenido de plomo en los alimentos y bebidas varían considerablemente en los diferentes países.



BIBLIOTECA

Los niveles de plomo en los alimentos son:

<u>Promedio de nivel de plomo</u>	<u>alimento</u>
1 - 100 ug/Kg	- leche, carne, pescado, prod. lácteos, vegetales.
100 - 400 ug/Kg	- vegetales con hojas, cereales, frutas, hígado de vaca y de cerdo.
> 400 ug/Kg	alimentos envasados.

d) Varios.

Otras causas frecuentes que pueden contribuir a aumentar la sobrecarga de plomo son el tabaco, las cazuelas de barro mal barnizadas y el empleo de cajas viejas de baterías para guardar combustible.

Se ha registrado una intoxicación grave por la ingestión de unas hierbas medicinales prescritas. Ciertos cosméticos oculares empleados por las mujeres y los niños en la India y en el Pakistán contienen hasta un 83% de plomo y pueden producir una intoxicación plúmbica aguda.

e) Exposición al plomo por parte de los lactantes y de

los niños pequeños.

Los niños de corta edad están expuestos a riesgos ambientales especiales en cuanto a la ingestión de plomo, debido al hábito frecuente de lamer, masticar o incluso a veces ingerir sustancias extrañas.

En recientes estudios se ha podido apreciar que el polvo doméstico contaminado con plomo es un factor importante respecto a los niveles de plomo en la sangre moderadamente elevados (30 a 80 ug/100ml) que presentan algunos niños.

Las tintas de colores empleadas en las ilustraciones de las revistas contienen elevadas concentraciones de plomo. Los niños que chupan a menudo los papeles de colores de los periódicos experimentan un aumento de los niveles de plomo en la sangre.

La ingestión por parte de los niños de pequeñas piezas de plomo, tales como perdigones o contrapesos de cañas de pescar, ha sido motivo de intoxicación saturnina.

f) Pica.

La pica consiste en un deseo patológico hacia



constituyentes normales de los alimentos o hacia sustancias no alimentarias. Se han atribuido la pica a causas nutricionales, psicológicas y culturales.

Se ha comprobado en numerosos trabajos que la pica relacionada con la ingestión de pinturas plúmbeas es uno de los factores etiológicos más importantes de la intoxicación saturnina en la infancia.

4.7 Factores nutricionales en la intoxicación por el plomo.



BIBLIOTECA

La susceptibilidad a la intoxicación por el plomo está influenciada por la edad y por constitución genética.

El estado nutricional con respecto al calcio, al hierro y al zinc ejerce influencia sobre la retención del plomo. Los adultos con deficiencia en hierro mostraron un aumento de 2 a 3 veces en la absorción de plomo en comparación con individuos sanos [ref. 10].

La lactosa, que como se sabe facilita la absorción de calcio, aumenta también la absorción intestinal del plomo. Durante más de un siglo se ha recomendado la ingesta de leche para contrarrestar la intoxicación industrial por el plomo, pero actualmente no se considera ya a la leche como agente profiláctico, sobre todo para los niños que viven en áreas urbanas pobres, donde existen un aumento del riesgo combinado de

malnutrición y de elevada exposición al plomo.

Además, la exposición al plomo altera el metabolismo de las vitaminas C y D en el hombre y en los animales de experimentación.

Recomendaciones Oficiales.

El comité conjunto de la FAO/OMS sobre Aditivos Alimentarios estableció en 1972 el concepto de "aporte semanal tolerable provisional" para los metales pesados como el mercurio, plomo y el cadmio. El aporte semanal tolerable provisional de plomo para los adultos es de 3 mg o de 0.05 mg/Kg, y se estableció en la suposición de que solamente se absorbe el 10% del plomo ingerido a partir de los alimentos y del agua.

4.8 Ingestión de plomo en los lactantes y en los niños.

- Leche materna.

El promedio de los niveles de plomo en las muestras individuales de leche materna recogida a los 3 y a los 6 meses postparto en madres suecas en los años 1978-1979 fue de 2 ug/Kg. El aporte semanal medio de plomo a través de la leche materna calculado en este grupo de niños de 3 meses de edad fue de 1.9 ug/Kg de peso



BIBLIOTECA

corporal. La totalidad de los niños del grupo de 6 meses de edad consumía otros alimentos además de la leche materna. El aporte semanal medio de plomo a través de la leche materna calculado en este grupo de niños de 6 meses de edad fue de 1.2 ug/Kg de peso corporal.

Se puede afirmar en términos generales que el escaso aporte de plomo procedente de la leche materna no supone ningún riesgo para la salud del niño.

Por el contrario, los niveles de plomo en la leche materna de las madres sometidas a elevada exposición al mismo oscilaron entre 360-620 ug/lt, lo cual sí puede constituir en cambio un riesgo para la salud del niño.

- Fórmulas infantiles, alimentos infantiles.

Un factor de gran importancia en cuanto al contenido en plomo de la leche sometida a tratamientos especiales y de las fórmulas infantiles consiste en las soldaduras de plomo efectuadas en las juntas y en las tapas de las latas empleadas para los productos líquidos. Aunque en la actualidad se han venido empleando de una forma progresiva latas con soldaduras sin plomo o bien frascos de vidrio.

- Agua.

Las fórmulas infantiles se presentan generalmente en polvo o bien en forma concentrada, debiendo añadirse por lo tanto agua para su reconstitución, lo cual puede constituir una fuente de importancia para la contaminación por el plomo.

En una investigación realizada en una región en la que las casas tenían cañerías de plomo, se observó que la ingestión de plomo en los niños alimentados con lactancia artificial era superior al aporte semanal tolerable provisional de 3 mg de plomo.

4.9 Compuestos de plomo orgánico.

Desde el año 1923 se han utilizado profusamente los compuestos orgánicos de plomo (tetraetil y tetrametilplomo) como agentes antidetonantes en los carburantes para los motores de explosión. La cantidad utilizada varía según los diferentes países, pero en general es del 0.1% de la cantidad de carburante. La combustión de los compuestos orgánicos de plomo en los carburantes y su transformación en compuestos inorgánicos es la fuente principal de contaminación del aire por el plomo. La concentración de compuestos orgánicos de plomo en las áreas urbanas es demasiado



baja para constituir un riesgo para la salud de la población.

En experiencias de laboratorio, los microorganismos procedentes de los sedimentos de los lagos logran convertir los compuestos inorgánicos de plomo en compuestos orgánicos. Sin embargo, no se ha podido demostrar todavía que en circunstancias normales se formen compuestos orgánicos de plomo.

La toxicidad aguda causada por los compuestos orgánicos de plomo es mucho mayor y de diferente naturaleza que la producida por los compuestos inorgánicos. Entre los síntomas de intoxicación se encuentran los siguientes: insomnio, anorexia, náuseas, temblores, calambres, delirio y coma.

Los niños, cuyo sistema nervioso central está en fase de desarrollo, pueden constituir un alto riesgo, con aumento de su sensibilidad frente a los compuestos orgánicos de plomo.

4.10 Casos de intoxicación por el plomo en la ciudad de Guayaquil.

Una intoxicación crónica se da por efectos acumulativos en el organismo cuando las personas han estado expuestas

por mucho tiempo al plomo. En cambio la intoxicación aguda se produce por una exposición repentina y severa al elemento contaminante.

Por estudios científicos, que investigan desde el año 800 antes de Cristo, se ha llegado a comprobar que, hasta antes de la Revolución Industrial, el nivel del plomo en la superficie tendía a cero. El plomo, como es lo lógico, solo se encontraba en la profunda tierra.

Ahora que ese elemento ha llegado a formar parte de nuestro paisaje urbano, en forma de espeso manto gris que cubre casi toda la ciudad, es urgente saber que los daños que ocasiona, sobre todo a los niños son irreversibles. El nivel de plomo que un niño haya inhalado a los dos años de edad, habrá condicionado su inteligencia que empezará a evidenciarse, con limitaciones, a los 10 años. Ese deterioro de las funciones intelectuales no tendrá ningún remedio y, en el largo plazo, todos seremos testigos de un decrecimiento de las capacidades de una población que se acostumbró al nauseabundo olor de ese metal gasificado también -y valga la metáfora- por los residuos de una forma de modernidad.

De acuerdo con estudios realizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), publicados en el volumen Nro. 480 de 1986, los límites de exposición permisible

van de 159 a 200 microgramos por metro cúbico de aire.

Para el tetraetilo de plomo se fija en 0.075 miligramos de plomo por metro cúbico de aire. Se indica además que una concentración de plomo en la sangre bajo los 60 microgramos por 100 gramos es aceptable. En los niños se reduce a la mitad. La toxicología de Clarck señala un valor medio de 13 microgramos de plomo por decilitro de sangre en los niños, un valor de hasta 30 microgramos puede ser tolerable. Cantidades mayores deben ser investigadas y podrían haber señales de intoxicación.

En el Instituto de Higiene Izquieta Pérez para determinar los niveles de contaminación se emplean métodos físicos y químicos. Muestras de sangre y orina de seres humanos son analizados en un aparato especial llamado espectrofotómetro, que puede determinar con exactitud las cantidades de plomo.

En el Centro de investigaciones se ha comprobado pocos casos de intoxicación aguda y por lo regular los pacientes han tenido antecedentes de exposiciones prolongadas.



Casos de intoxicación con plomo.

En el Hospital del Niño se ha tratado a los siguientes pacientes:



La niña Alexandra Méndez, quién presentó intoxicación por plomo. Luego de tres semanas de tratamiento sus convulsiones aún se presentaban pero con menos frecuencia e intensidad, sin ceder la fiebre, luchando contra las secuelas que ha dejado en su organismo la sobreexposición al mas peligroso de los metales. El Padre de Alexandra, guardaba bajo la cama, por un tiempo de cinco meses, una soldadora de plomo.

El niño William Velasco, otra víctima de este tóxico, quien ya superó las dos primeras etapas del tratamiento; él fue dado de alta, pero continúa sometido a fisioterapia para su total recuperación.

El comienzo de un vía crúsis. Cuando comenzó la fiebre de 40 grados, los Doctores; al principio dijeron que era infección a la garganta, luego dengue, después tifoidea. Un día William no pudo moverse, estaba totalmente paralizado. La Dra. Inés Zambrano, pediatra intensivista que trató al niño, explica que por la sintomatología, a la intoxicación plúmbica se la confunde con otras enfermedades, entre ellas el Síndrome de Guillain Barré.

Casos de intoxicación por plomo siempre han existido en nuestro medio sino que no se la ha sabido diagnosticar.

William Velasco, se recupera satisfactoriamente de su

enfermedad, ya ha vuelto a su casa. Pero el charco con desechos del taller mecánico donde se intoxicó un día mientras se bañaba, todavía sigue en el mismo lugar; sus hermanos han comenzado a presentar síntomas similares a los de William; tal vez otros niños que viven en el barrio de la 17 y Letamendi también estén contagiados...

La Dra. Zambrano en la ciudad de Guayaquil, desde el 88 en el Hospital del Niño ha tratado a 25 casos de menores intoxicados por el plomo.

Investigaciones realizadas por el doctor Jorge Oviedo, demuestran que los niños de las escuelas del centro de la ciudad llegan a tener en la sangre, hasta 22 microgramos, como promedio por decilitro, siendo los niveles máximos de tolerancia, ningún nivel de plomo en la sangre podría considerarse como normal, no debería pasar de los 10 microgramos. En las maternidades, donde van a dar a luz las mujeres pobres de nuestra ciudad, se han encontrado casos, que se repiten cada vez mas, de alta concentración de plomo, 16 microgramos en promedio en el mismo cordón umbical. Es decir, estamos, creando un futuro perverso para muchos hombres y mujeres de nuestras ciudades.

4.11 Sanidad y seguridad.

El control de la sanidad y seguridad en las operaciones metalúrgicas es tan importante como el control metalúrgico. Se deben seguir las normas establecidas e investigar los riesgos ocupacionales y proveer medios que protejan la salud de los artesanos fundidores de plomo.

Los distintos gobiernos han venido, con irresponsable inmediatez, castigando con el precio y, por lo mismo, desestimulando el uso de la gasolina sin plomo, cuando debería ser lo contrario. En las diferentes ciudades del país solo el 3% de los automotores consumen la gasolina sin plomo, el resto llena los tanques de sus vehículos con la extra o el diesel. Cambiar el patrón de refinación, como ya lo han hecho México, Colombia, Chile, de la planta de Esmeraldas, en beneficio de la gasolina sin plomo cuesta, aproximadamente, 250 millones de dólares. Sí, es una inversión alta la que tendríamos que hacer, pero a pesar de ello el Gobierno debería de afrontarla con urgencia, porque no hay más importante que la vida misma.

a) Los más expuestos.

Los mas propensos a sufrir de intoxicaciones con plomo son los trabajadores de fundiciones, fábricas de



vidrios, cerámicas, soldadores ambulantes y plomeros.

Las familias que viven junto a talleres de reconstrucción de baterías son candidatos a intoxicarse por el poco cuidado que ponen los operarios, quienes arrojan desechos de plomo sin tomar precauciones.

Los efectos de la acción del plomo son también muy visibles en grupos especialmente sensibles como los niños pequeños y las mujeres embarazadas.

No hay información epidemiológica indicativa de efectos del plomo sobre la fecundidad femenina, pero se han reportado partos de fetos muertos y abortos espontáneos entre mujeres que trabajan en la industria del plomo.

b) Medidas de prevención.

Es necesario tomar medidas de precaución a fin de evitar el envenenamiento.

-No permitir que los niños ingieran el polvo de la pintura que se resquebraja.

-Es conveniente dejar correr el agua del grifo por varios minutos, especialmente si ha estado parada en las cañerías por bastante tiempo.

-No utilizar el agua caliente del grifo para beber o

cocinar, pues contiene más plomo.

-Los platos de loza con vidriado abase de plomo son peligrosos si no se han cocido a temperatura lo bastante elevadas, resultando la loza peligrosa para almacenar alimentos, pues el plomo se va desprendiendo poco a poco.

-El lavado de frutas y verduras elimina aproximadamente la mitad de plomo que puede haberse depositado en ellas.

-La mejor medida preventiva es la buena alimentación, ya que una dieta equilibrada por lo general proporciona los niveles apropiados de zinc, hierro y calcio que pueden ayudar a mantener bajos los niveles de plomo en el organismo.

-Las normas de seguridad aplicadas en la industria aseguran un bajo nivel de contaminación, pero es necesario que estas se apliquen estrictamente para precautelar la salud de los trabajadores.

c) Control de Ingeniería.

La American Standars Association y la American Conference of Governmental Industrial Hygienists, han recomendado que la concentración atmosférica del plomo no exeda de 1.5 mg por 10 metros cúbicos de aire para el personal de las industrias. Esta cifra significa que la concentración de la sustancia tóxica no debe exeder

del nivel indicado durante una jornada de trabajo de ocho horas.

En general, una limpieza adecuada de la fábrica y buena ventilación tienen gran importancia para la producción de los trabajadores.

Tiene gran importancia darse cuenta de que los respiradores que se construyen para filtrar el aire aspirado producen cierta resistencia a la inspiración y la espiración y resultan incómodos para la persona que los usa. Estas circunstancias sirven para desalentar el uso concienzudo del aparato y hace que imperen falsas ideas de seguridad.



CAPITULO V.

TRABAJO EXPERIMENTAL.

5.1 Plan General de Trabajo.

El plan general de trabajo seguido en el desarrollo de la experiencia, se resume en los siguientes pasos:

- 1- Reparación del equipo para la fundición, horno de cubilote de 350 mm de diámetro, adecuación de los equipos ya existentes en el Taller de Fundición de la ESPOL (Las Peñas) y equipos auxiliares.
- 2- Ubicar y contactar a los artesanos dueños de los hornos de reciclaje actual, para conseguir el material requerido para las experiencias (chatarra de baterías).
- 3- Preparación de los materiales componentes de la carga de fundición, realizar la experiencia de fundición para obtención de plomo.
- 4- Evaluación del proceso a través del rendimiento metálico.

5.2 Reparación del Equipo Utilizado.

La reparación del equipo utilizado para las experiencias, es básicamente la del horno de cubilote de 350 mm de diámetro interior.

Primeramente se adecuó el local para poder trabajar en el antiguo Taller de Fundición de Las Peñas. En la foto siguiente vemos en las condiciones en que se encontró el horno a reparar.

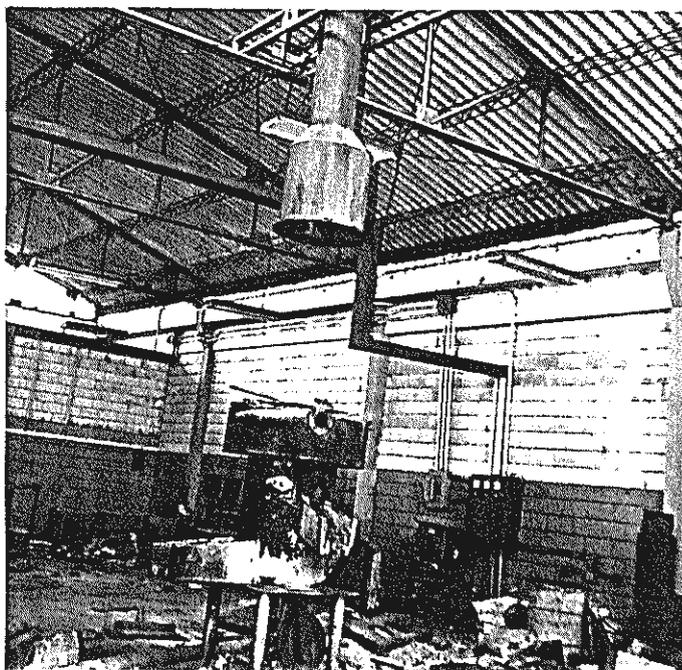


FIG. 5.1 HORNO DE CUBILOTE A REPARAR.

Se reparó el refractario interno del horno, desde el fondo del pozo-crisol hasta la parte superior de la caja de viento, lo mismo que los canales por donde sale el plomo fundido y la escoria, como se observa en la foto:



FIG. 5.2 REFRACTARIO INTERNO Y CANALES REPARADOS.

El refractario se formó con una mezcla de bentonita fina, arena sílice y agua, hasta formar una masa con la que se compactaron los ladrillos refractarios de magnesita, tanto en la parte interna del horno como en los canales. Luego se roló una plancha de hierro (52cm diámetro) como parte complemento de chimenea. Se construyó una plataforma para cargar el horno, con materiales que estén al alcance de adquisición de los artesanos.

El ladrillo de magnesita en las hiladas de las paredes del crisol, y todo su refractario interno. Refractario

de magnesita con; 88-90 MgO; 3 SiO₂; 1.5 Al₂O₃; 2-4 CaO.

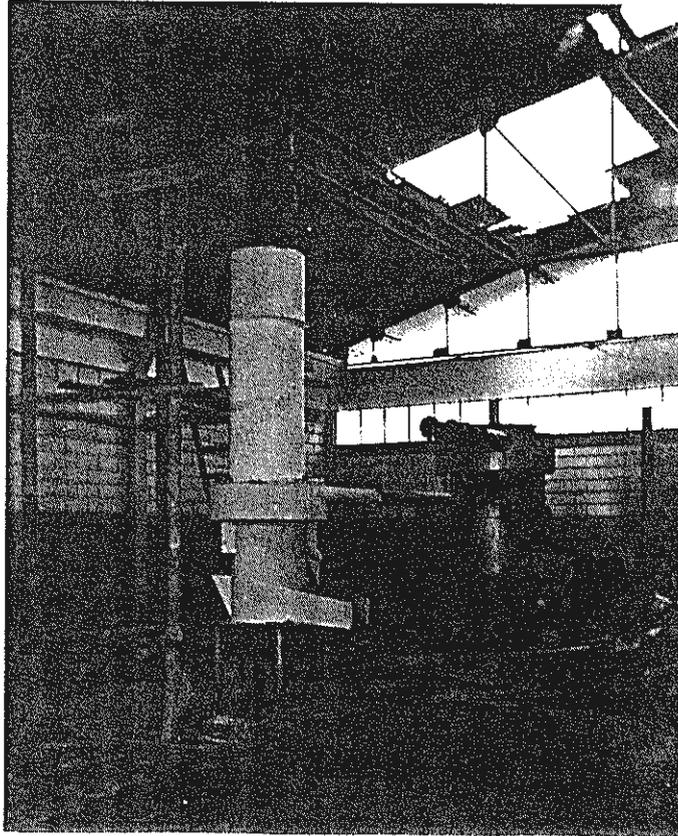


FIG. 5.3 HORNO REPARADO.

5.3 Obtención de plomo.

Para la obtención del plomo, a partir de la chatarra de baterías, se reparó un horno de cubilote. Cuyo rendimiento fué de 170 Kg/hr. El ventilador centrífugo de 225 [CFM], 80 mm H₂O CABEZAL ESTÁTICO A LA ENTRADA DEL HORNO presión a vencer, motor 3 hp, con una operación discontinua.

En la siguiente figura se observa el horno utilizado:

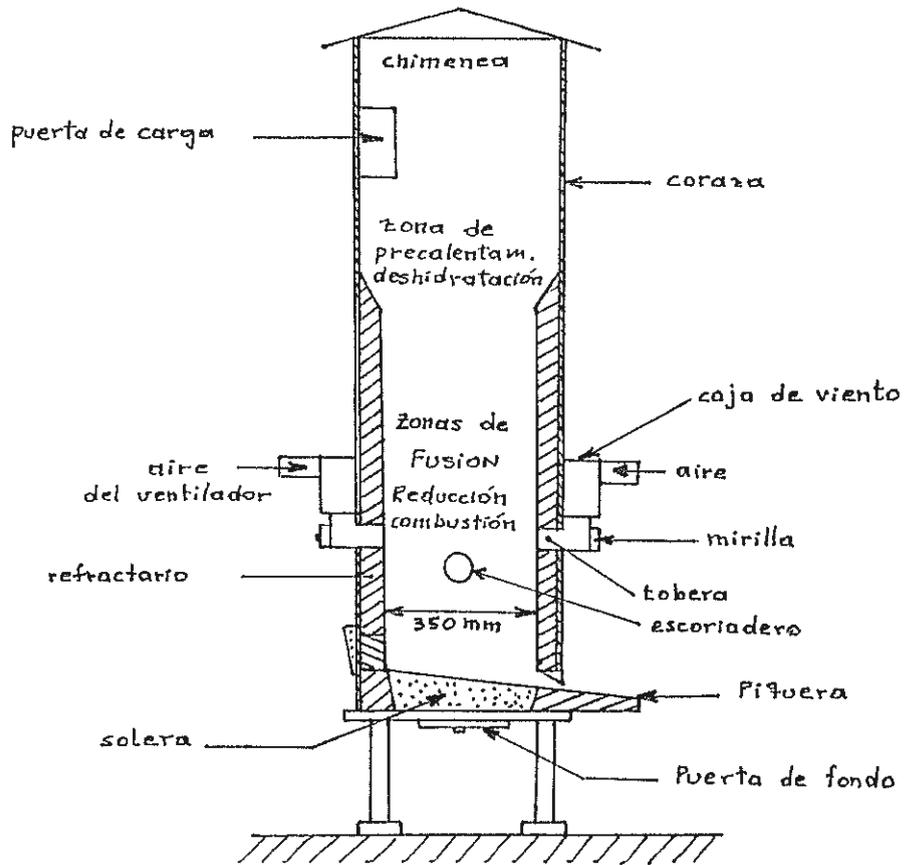


FIG. 5.4 HORNO DE FUNDICION DE LA CHATARRA DE BATERIAS.

Los pasos seguidos desde el inicio de la fundición de la chatarra, fueron los que se siguen en fundiciones de hierro en hornos de cubilote, una vez que se montó el horno reparado, se procedió a realizar la parte de fundición.

El trabajo experimental se desarrolló de la siguiente forma; primero se cerró la puerta del fondo y se realizaron los trabajos de preparación de solera (fondo del horno con arena de moldeo bien compactada), así mismo de los agujeros de salida tanto del escoriadero como del de sangrado, en la foto siguiente se aprecia ésta preparación.

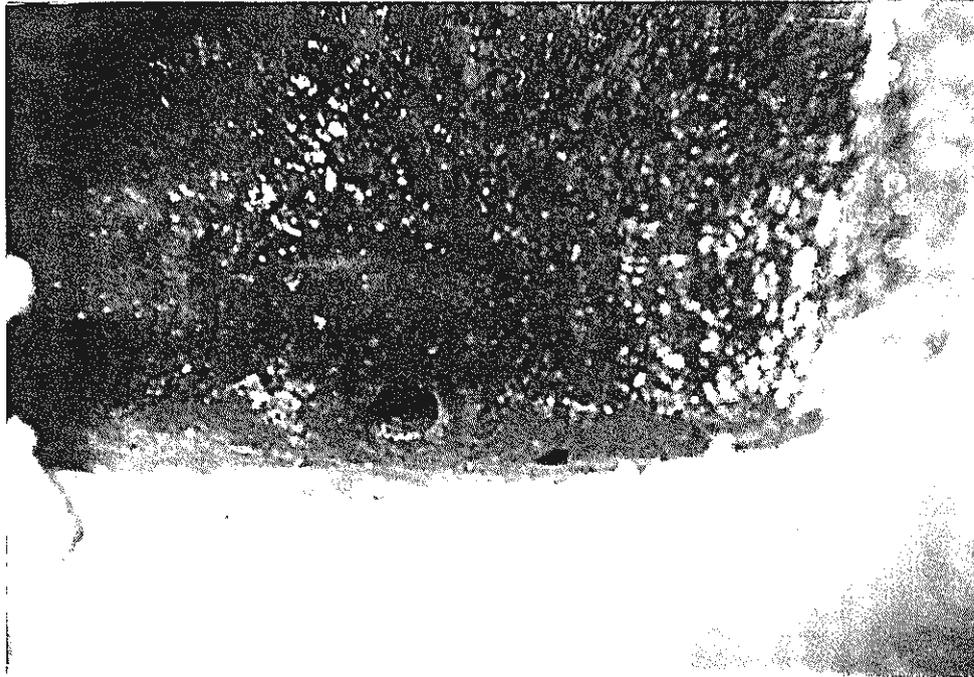


FIG. 5.5 SOLERA A DESNIVEL Y AGUJEROS DE SANGRADO.

Luego de que se realiza esta preparación, con la compactación de una mezcla de bentonita, arena de moldeo, arena sílice y agua, para evitar que se parta el cemento, se procede a quemar con leña sobre la superficie de estos agujeros, éstos trabajos se deben hacer el día anterior de que se realice la fundición.

Cuando se va a fundir, se procede a colocar leña como elemento que prenda el carbón dentro del horno. Una vez que se comprueba que el carbón toma el color rojo anaranjado, se cierra la puerta de solera con arena de moldeo compactada fuertemente. Aquí ya se comienza a cargar el horno con carbón hasta comprobar la altura de la cama de carbón, se enciende el ventilador, aún libre de tapones los agujeros (1 plg. de diámetro) de sangrado. Cuando se comienza a dosificar la carga, se

tapan los agujeros con unos tapones compactados manualmente con arena de moldeo, bentonita y agua.

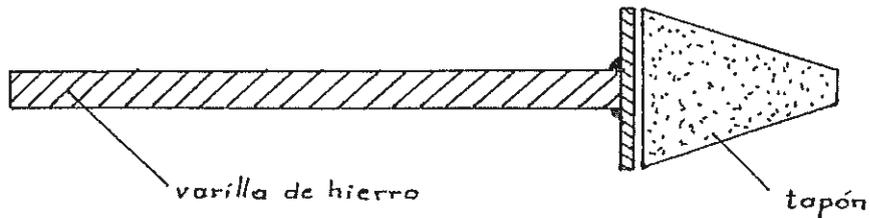


FIG. 5.6 TAPONES DE AGUJEROS DEL HORNO

Una vez que se taponean los agujeros, se dosifica el horno cada 7 min. que es el tiempo en que la carga baja al nivel de 0.3 m sobre la parte superior de la caja de viento. En la foto siguiente se aprecia el cargado por la puerta del horno.

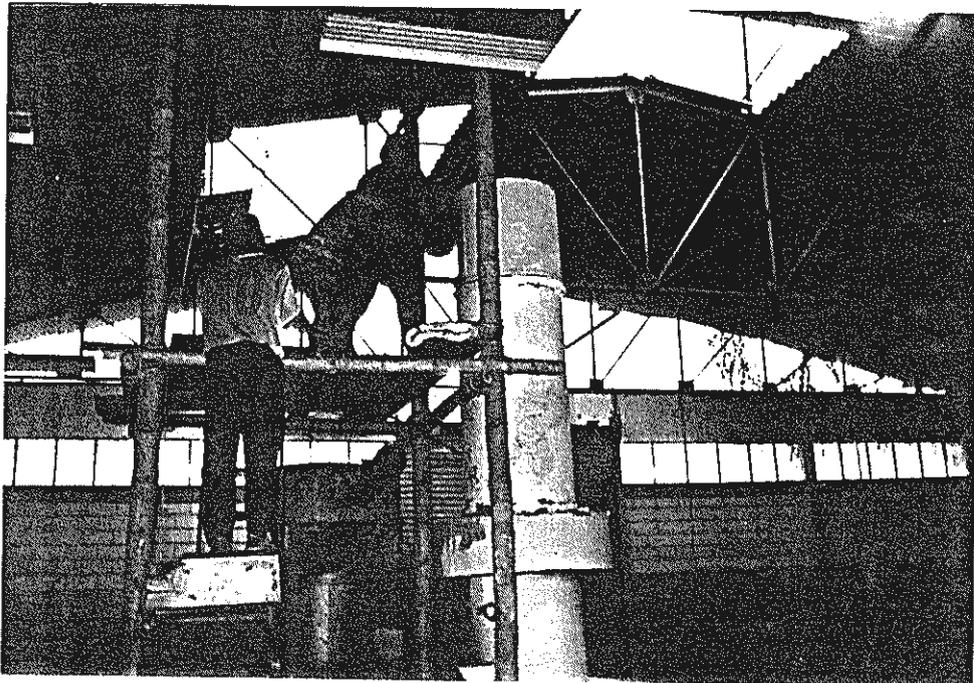


FIG. 5.7 CARGADO DEL HORNO

Mientras se va llenando el crisol interno del horno con el plomo fundido, se observa por las mirillas de las toberas, el goteo de plomo fundido hacia el crisol, foto:

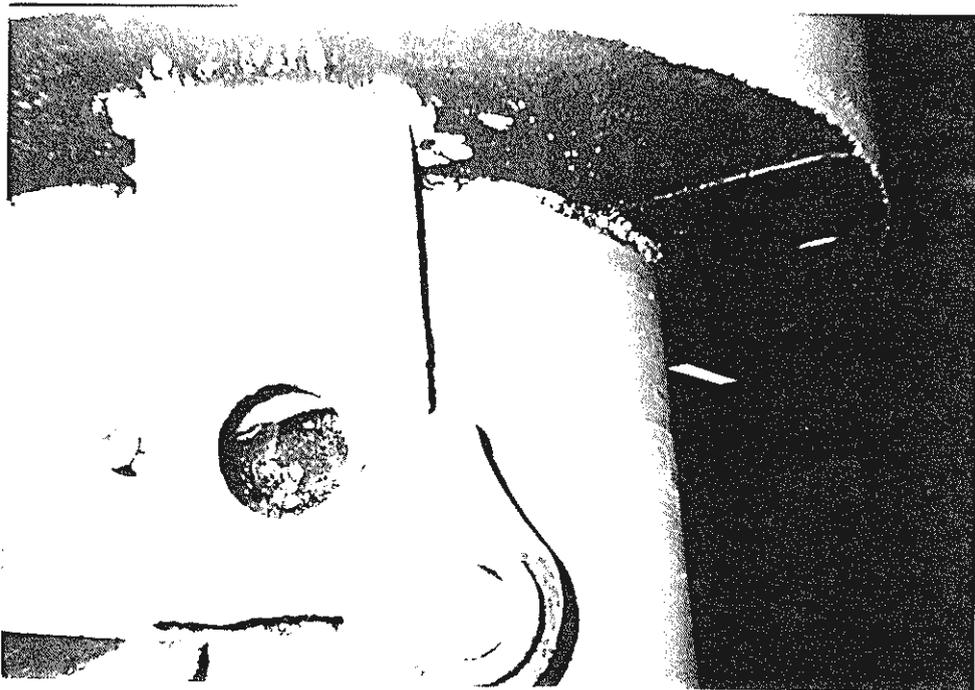


FIG. 5.8 GOTAS DE PLOMO FUNDIDO HACIA EL CRISOL INTERNO.

Cuando se llena el crisol interno, se procede a destaponar el agujero de escoria, la cual es de poca viscosidad y de aspecto semivitreo, permitiendo que la escoria salga, su coloración fué en el primer sangrado

griz-clara una vez que se solidificó, en la segunda sangrada la coloración fué griz-oscuro.

Luego se destapa el agujero de sangrado principal y el plomo fundido salió a presión. En la foto siguiente se observa el sangrado de plomo fundido:

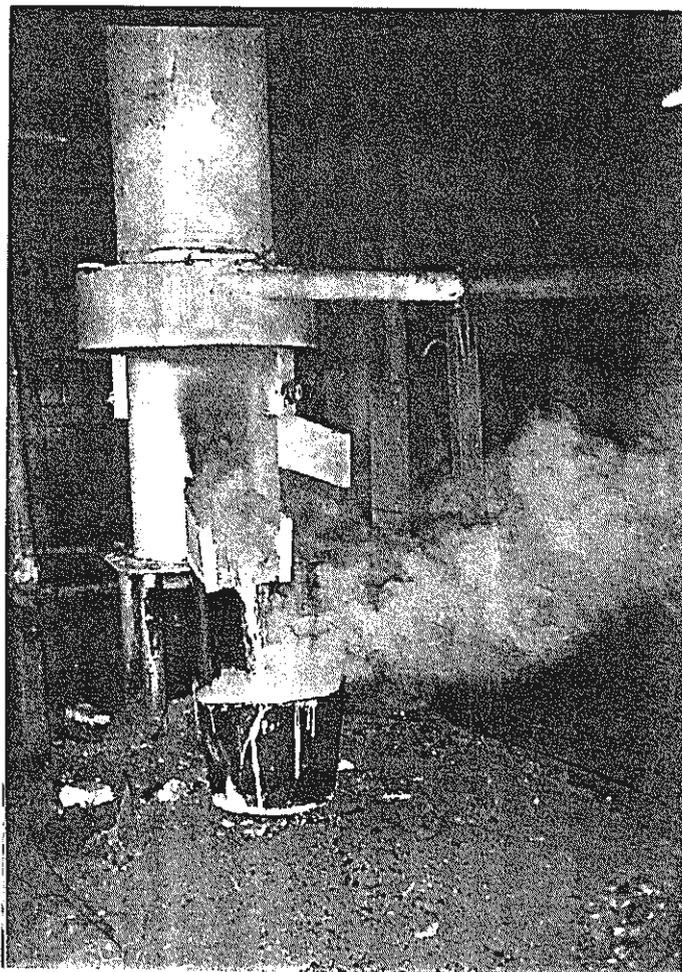


FIG. 5.9 SANGRADO DE PLOMO FUNDIDO.

Luego se procede a llenar los moldes de los lingotes, con el plomo fundido, nos ayudamos en esta operación por medio de cazos de hierro, foto:



FIG. 5.10 LINGOTEADO DE PLOMO FUNDIDO EN MOLDES.

HOJA DE MARCHA (primer colada).

Nro.	Instrucción	Tiempo (min)
1	Prendida del horno y preparación de 1ra. cama de carbón	15'
2	Cierre puerta de solera	3'
3	prendida del ventilador	1'20''
4	construcción de tapones	6'
5	preparación de dosis, pesaje	10'
6	dosificación (cargado al horno)	55'
7	operación sangrado (colado)	4'20''
8	llenado de lingotes	16'

9	enfriado de lingotes	5'
10	separación de lingotes de plomo de sus lingoteras	8'



Observaciones:

a- La prendida del horno se la realizó con leña.

b- La temperatura de las paredes exteriores en la parte inferior del horno se mantuvieron a 80°C, en la parte superior esta fué de 340°C.

c- Hay escapes de gases de plomo por las mirillas, en el momento que se las abre, para golpetear con varillas el carbón que se taponea dentro del horno, asi como hay también pérdidas considerables de energía hacia afuera.

d- Debido a la humedad del material (chatarra de baterías) que se mantuvo luego incluso de la preparación del material, se produjeron interiormente en la zona de combustión, unas explosiones pequeñas (éstas solo se dieron a la mitad de la operación).

e- Se lingoteó el metal con cazos de hierro. Las varillas de hierro que se usaron para abrir los agujeros también nos sirvieron para controlar la velocidad de salida del metal fundido, que fue de gran velocidad.

f- Cierta cantidad de metal se solidificó en cazos, varillas, refractario de canales de salida de escorias y colada, pero la cantidad de metal solidificado en las paredes internas fue mucho mayor.

g- En general el proceso de fundición en el cubilote se realizó sin contratiempos.

HOJA DE MARCHA (segunda colada).

Nro.	Instrucción	Tiempo (min)
1	Cierre de agujeros con nuevos tapones	5'
2	carga dividida en 10 dosis (pesaje)	10'
3	dosificación (cargado al horno)	65'
4	operación sangrado (colado)	5'
5	llenado de lingotes	20'
6	enfriado de lingotes	8'
7	separación de lingotes de plomo de sus lingoteras	6'

Observaciones:

a- A la mitad del cargado al horno, se comenzaron a presentar solidificaciones de metal en la zona de toberas, con lo que se procedió a enviar mas aire y carbón para que aumente un poco la temperatura (pero sin seguir cargando con chatarra), através de las mirillas con varillas de hierro se golpeteaba constantemente el metal que se solificó, con lo que se destaponaba el carbón en esta zona.

b- Se apreciaba por las mirillas, como gotitas de plomo fundido se precipitaban hacia el crisol en una continua lluvia de gotitas.

c- Las escorias son de color rojizo y menos viscosas que el metal de plomo de la colada principal (los operarios la llamaban melcocha) y ésto era porque nos dificultaba el trabajo de sangrado de escorias y la operación misma del horno.

d- El proceso a partir de la mitad de la dosificación se realizó con el constante golpeteo desde las mirillas, para remover el material que se iba solidificando en esta zona, esto se podía deber a que el aire que entraba al horno estaba a temperaturas bajas con respecto a las registradas interiormente del horno, temperaturas bajas del aire exterior ya que se trabajó por la noche (temp. aire exterior 22°C).

g- Luego de concluído el trabajo de fundición, se destaponó la puerta inferior, de solera y agujeros de sangrado, y se pudo apreciar la cantidad de plomo que se solidificó en las paredes del refractario interno del horno.

5.4 Análisis químico del plomo obtenido.

Una vez terminada la etapa de fundición (parte experimental) del trabajo, se obtuvo muestras para que sean analizadas químicamente.

Los resultados de estos análisis se ven a continuación:

COMPOSICION QUIMICA (%)				
Pb	Sb	Cu	As	Sn
96,8	2,3	0,03	0,15	0,35

TABLA # VIII. COMPOSICION QUIMICA DEL PLOMO OBTENIDO.

COMPOSICION QUIMICA (%)				
Pb	Si	FeO, MgO	CaO	Sb
1,125	31	32,5	19	0,3

TABLA # IX. COMPOSICION QUIMICA DE LA ESCORIA.

COMPOSICION QUIMICA (%)			
Cu	Fe	Pb	S
0,55	37	22	23,5

TABLA # X. COMPOSICION QUIMICA DE LA MATA.

CAPITULO VI.

6. DISCUSION DE RESULTADOS.

Comparamos el objetivo general frente a los resultados obtenidos en las experiencias realizadas.

Entraremos en una discusión, sobre el criterio de aceptación de la tecnología en cuestión basado en el rendimiento metálico.

El rendimiento metálico es un parámetro de control de la eficiencia del proceso que esta influenciado por diferentes factores tales como la eliminación de impurezas (metaloides), la oxidación del plomo, la salpicadura y otras operaciones caracterizadas tales como eliminación de escoria, etc.

Basados en la literatura disponible, esta nos indica una recuperación de plomo aleado en peso del orden del 70% del peso de la chatarra de batería (Pb-Sb), cargada en un horno abierto por arriba. En nuestra experiencia se ha podido obtener una recuperación del orden del 60% al 63% y lo hemos tomado como una eficiencia de operación.

El tiempo requerido para las operaciones de preparación del horno, preparación de la carga, cargado, fundición, colado y llenado de lingotes es de aproximadamente 2 horas.

El horno fue reparado de acuerdo a la metodología seguida en reparación y preparación del horno de cubilote para fundiciones de hierro (pero con materiales de refractarios adecuados para fundición de plomo), ya que la experiencia que se tiene por parte de trabajadores va dirigida a este tipo de fundiciones, campo donde han trabajado, también los operarios.

Los problemas que se presentaron al final de la fundición, en cuanto a solidificación de plomo en las paredes internas a la altura de toberas del horno, se pudo deber tanto a la baja temperatura del aire de entrada (ya que la experiencia se la llevó a cabo por la noche), así como a la diferencia considerable del porcentaje de la tasa de flujo de aire óptima y de diseño en la operación de este horno de cubilote utilizado.

A continuación exponemos la tabla correspondiente al rendimiento metálico obtenido en la experiencia de la fundición, sacado de la experiencia llevada a cabo en este trabajo:

PRUEBA	CARGA [kg]	PLOMO OBTENIDO [kg]	RENDIMIENTO %
1era.	445	267	60
2da.	477	300	63

TABLA # XI. RENDIMIENTO OBTENIDO EN LA FUNDICION.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir:

- 1- Se ha presentado un método de reciclaje de chatarra de baterías para extracción de plomo, basado en conocimientos de reciclaje actuales llevados a cabo en centros de investigación e industriales.
- 2- Estimamos que este estudio puede ser una contribución importante a la fundición artesanal, ya que los trabajos de esta naturaleza existentes, están bastante anticuados y son antitécnicos, basándose exclusivamente en la experiencia artesanal.
- 3- El equipo reparado para la experiencia, ha cumplido con su objetivo de demostrar que se puede reciclar la chatarra de baterías para extracción de plomo en un horno de cubilote, sin exponer con gases contaminantes a los operarios y permitiendo que por medio de la chimenea haya una mayor dilución de gases de salida, por lo tanto esta forma de reciclaje se puede ajustar a fundiciones artesanales, para producciones en pequeña escala.

4- Los artesanos fundidores que participaron en la

experiencia no tenían entrenamiento en fundiciones en hornos de cubilote, pero se acoplaron fácilmente a la operación de nuestro horno ya que si hacemos una comparación entre los dos tipos de hornos tanto el artesanal y el de cubilote, en principio hay una similitud, siendo esto un hecho de consideración para decir que la transferencia de tecnología de la ESPOL al sector artesanal e industrial de fundiciones de reciclaje de baterías, se puede llevar a cabo sin mayores dificultades.

5- Se debe tomar en cuenta que el material denominado

chatarra de baterías proviene de baterías tanto nacionales como importadas, teniendo su aleación (en la parte metálica de interés) un contenido de antimonio del orden del 3% al 5% respectivamente, nosotros hemos obtenido como resultado una aleación con un contenido del 2,3% de antimonio, permitiéndonos adicionar una menor cantidad de antimonio para la fabricación de nuevas placas de baterías.

6- No se obtuvieron mejores resultados debido a factores

limitantes relacionados con la instalación en general por lo que en la sección de recomendaciones se realiza un análisis respectivo, también con la inexperiencia del personal para manejo de operaciones con metales de punto de fusión relativamente bajos y la dificultad de trabajar con este tipo de fundiciones. El presente trabajo de tesis se

lo realizó sin contar con financiamiento de ninguna índole.

7- Por último, es necesario decir que el trabajo aporta con un contenido extenso sobre reciclaje de baterías para extracción de plomo y servirá de base para posteriores trabajos sobre este tema que es de interés de todas las personas que desean vivir en un mundo menos contaminado.

RECOMENDACIONES.

1- El Departamento de Ingeniería Mecánica de la ESPOL, debería emprender un programa de investigación sobre reciclaje de chatarra de baterías, con cooperación y financiamiento de Organismos Externos, e ir trabajando conjuntamente con los artesanos recicladores de baterías viejas, a nivel nacional.

Importante es notar que continuamente en nuestro país se va incrementando el número de automotores, de baterías nuevas y el número de baterías viejas para reciclar. El reciclaje artesanal seguirá en aumento a nivel nacional, el trabajo se lo seguirá realizando de la forma como se lo lleva en la actualidad, a menos que se les imponga por medio de Ordenanzas Municipales, obligaciones y metodologías nuevas y tecnificadas de trabajo que cumplir, en bien de todos los operarios y pobladores de lugares donde se reciclan baterías viejas para extracción de plomo.

2- Debemos poner en conocimiento la técnica aplicada en este trabajo para el reciclaje de baterías, a los artesanos de otras partes anivel nacional y promoverlos a que continuamente vayan cambiando su antigua metodología de fundición, ya que como nos hemos dado cuenta sus métodos de trabajo no han cambiado desde aproximadamente 20 años.



MINISTERIO DE SALUD

3- Para los trabajos de fundición en hornos de cubilote en el reciclaje de chatarra de baterías, recomendamos seguir los pasos de operación aplicados en este trabajo, y realizar los cambios que aquí se han hecho, en lo que respecta a la construcción de un horno mas apropiado para este tipo de fundiciones de plomo, en el apéndice a) se hace el análisis de un horno mas apropiado y mejorado así como de un sistema de recolección de partículas de plomo y control de emisiones venenosas.

4- Recomendamos para trabajos posteriores una forma de trabajo, para el reciclaje del 100% de la batería completa reciclada.

Con el fin de reciclar el ácido, la envoltura y el plomo de la chatarra de viejas baterías, apéndice b).

5- Durante el trabajo de fundición de la chatarra de baterías para la extracción de plomo, nos encontramos con problemas que regularmente no se presentan en fundiciones de hierro, con lo que recomendamos que cuando se lleven a cabo este tipo

de fundiciones, se trabaje con personal experimentado en trabajos de fundición, los cuales aportan ideas valiosas durante el trabajo, con la consecuente resolución de problemas.



APENDICES.

APENDICE A.

ANALISIS DE HORNO PARA FUNDICIONES DE PLACAS DE BATERIAS.

Análisis de un horno para fundir plomo como chatarra de las baterías (plomo-ácido). Este tipo de horno se recomienda para posteriores trabajos de investigación.

Se trata de un horno de cubilote con operación continua.

La carga de este horno consiste en:

10 - 13% de carbón, correcciones necesarias de fundente (piedra caliza), 1 - 3% chatarra de hierro para separar el óxido y el sulfato del plomo, 80% de chatarra de baterías (80% Pb) aglutinado, 7% de escorias de óxidos de plomo.

Las partes componentes de este horno son:

-El crisol, zona de fusión refrigerada con agua con paredes inclinadas, la sección rectangular, construido con ladrillos refractarios de magnesita.

-Los gases y humos resultantes de la fusión son aspirados por una cámara de humos y limpiados en un sistema filtro de bolsas.

-Se emplea un crisol, un pozo del plomo y un sifón para manejar la producción de plomo. El pozo del plomo al rebosar vierte

el metal en cazos, con los que se lleva directamente a las lingoteras, se incluye un sistema de recolección de humos.

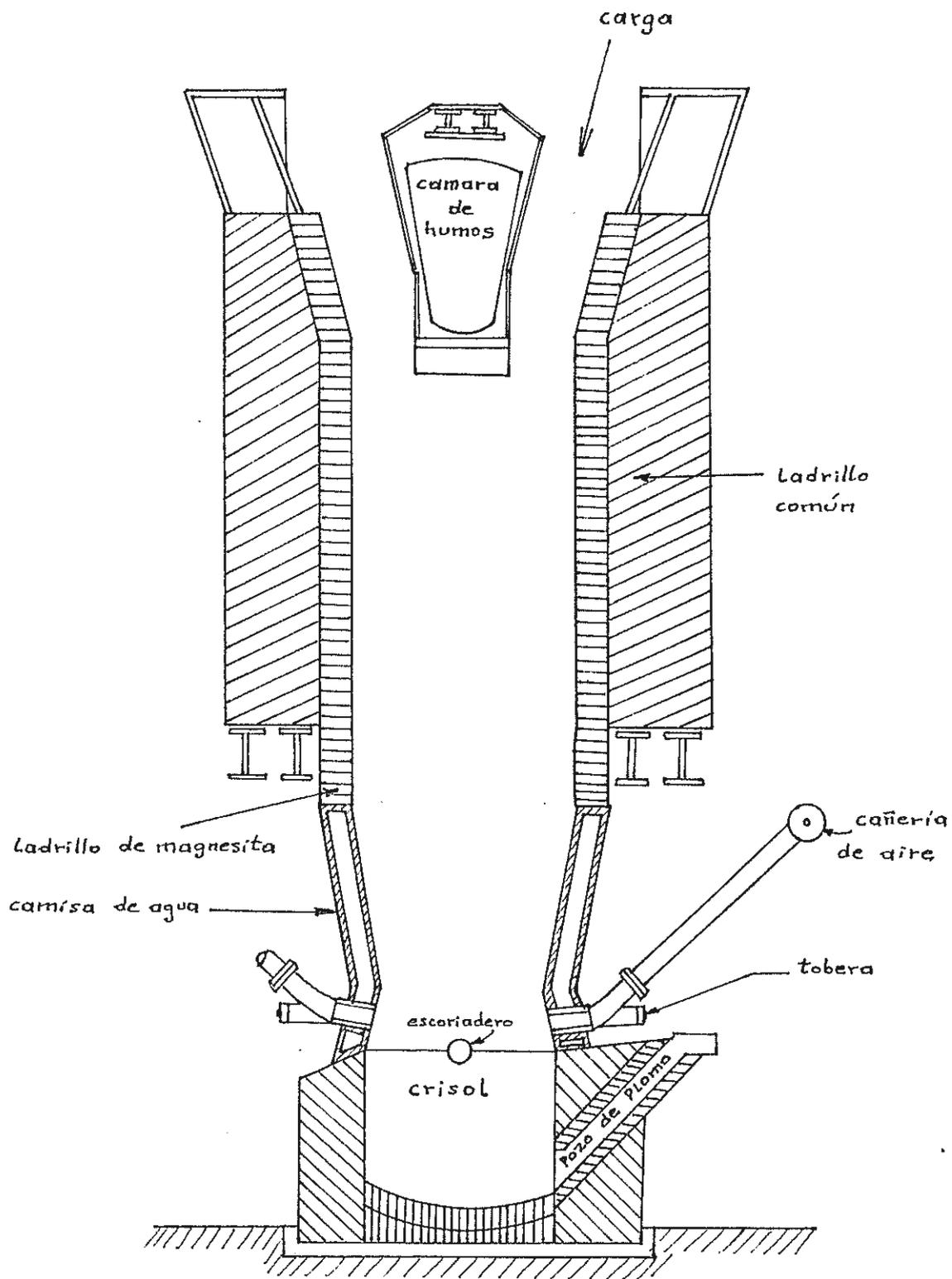


FIG. 6.1 CORTE VERTICAL DEL HORNO PARA FUNDICIONES.

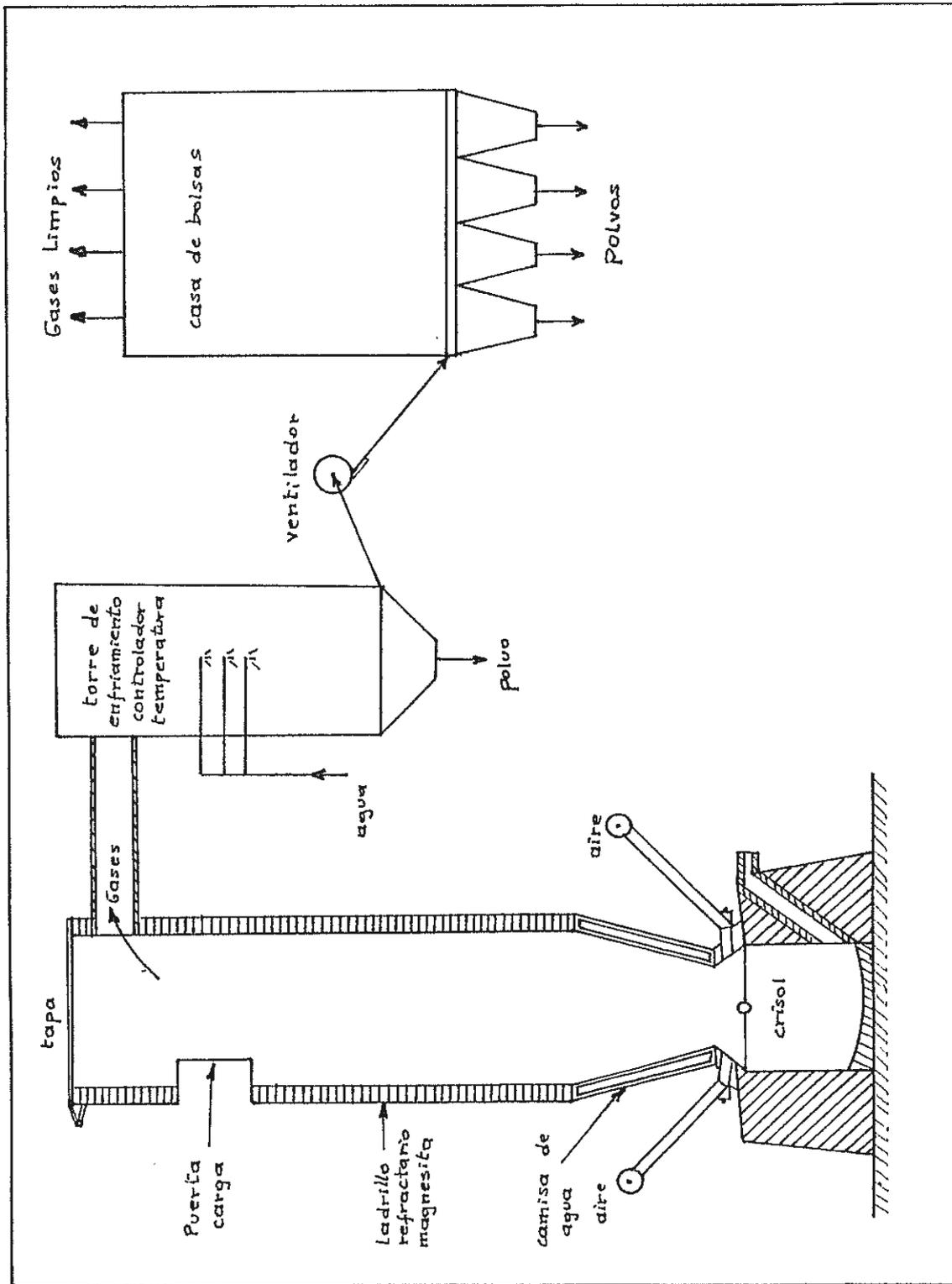


FIG. 6.2 CORTE VERTICAL DEL HORNO, JUNTO CON UNA INSTALACION FILTRO DE BOLSAS PARA LIMPIAR LOS GASES.

Los gases que se producen en la fundición de chatarra de baterías, contienen una cantidad considerable de partículas en suspensión por la naturaleza misma de las operaciones, que son de alto volumen de gas; las partículas se recolectan y recuperan en combinaciones de cámaras de enfriamiento y filtros de bolsas para las partículas gruesas y finas respectivamente. La tabla siguiente incluye, materiales de filtros de bolsas:

Fibra	Soporta Combust.	Composición	Resistencia +		
			abras.	ac.' org.	ac.' min.
Algodón	si	celulosa	G	G	P
Lana	no	proteína	G	F	F
Dacrón	si	poliester	E	G	G
Poliprop.	si	olefin	E	E	E
Fibra Vid.	si	vidrio	P-F	E	E
Teflón	no	polifletil.	F	E	E

+P=pobre, F=regular, G=buena, E=exelente.
 'abrasión, ''acidos orgánicos y minerales respectivamente.

TABLA # XII. FILTROS USADOS EN CASAS DE FILTROS DE BOLSAS.

No incluimos el diseño del sistema de recolección de partículas metálicas de plomo, ya que esta parte es estudio de otra tesis de grado, que se llevar cabo dentro del programa de Control de Contaminación Ambiental de la FIM-ESPOL.

APENDICE B.

ANALISIS DE UN SISTEMA PARA RECICLAR EL 100% DE UNA BATERIA
(PLOMO-ACIDO).

Realizamos un análisis de un sistema para reciclar el 100% de las baterías viejas.

Con el fin de reciclar el ácido, la envoltura y el plomo de viejas baterías. El trabajo de manejo, almacenaje y disposición del material de reciclaje se lo hace de la siguiente manera:

Las baterías son seleccionadas por los recolectores (camioneros) en las localidades a lo largo de todo el país; cuando las baterías arriban a la planta de tratamiento se las almacena y se pasan a los departamentos respectivos.

Las baterías se rompen desmantelándolas automáticamente. El ácido es recolectado y se lo recicla. El material metálico es fundido en un horno para producir plomo duro o dúctil, el cual retorna al departamento de producción de baterías y se lo usa para hacer nuevas baterías.

El material de envoltura de la batería (polypropylene) también se lo recicla. El diagrama de flujo de materiales completo se lo puede apreciar a continuación:

Para mayores detalles e información, contactarse a la siguiente dirección: East Penn Manufacturing Co., inc.
Lyon Station, PA 19536 Fax: 215-682-4781.

BIBLIOGRAFIA.

- 1- Alting Leo, Procesos para Ingeniería de Manufactura, Alfaomega, 1990, capítulos 1,5,8,10.
- 2- Bray John, Non-Ferrous Production Metallurgy, John Wiley & Sons Inc, 1947, Cap., 14.
- 3- British Cast Iron Research Association, Cupola Operation and Control, 1965.
- 4- Butts Allison, Metallurgy and Metallurgical Engineering Series, Mc Graw-Hill Book Company Inc., Cap. 20.
- 5- Enciclopedia CEAC de Electricidad, Parte II, Pilas y Acumuladores (máquinas de corriente continua), Ediciones CEAC, S.A.
- 6- Fine y Geiger, Handbook on Material and Energy Balance Calculations in Metallurgical Processes (Warrendale, Pennsylvania: The Metallurgical Society of AIME,1979).
- 7- Conservación de Energía: Folleto ESPOL, Volumen II, 1987.

- 8- Gennano AR, Blakinston's Gould Medical Dictionary,
New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1980.
- 9- Gill C.B., Metalurgia Extractiva no Ferrosa,
Lafayette College, Noriega Editores, 1989, Cap. 1,5.
- 10- Joint FAO/WHO Committee on Food Additives Toxicological
Evaluation Specifications, 17th Report Geneva: World
Health Organization, Tech Rep Ser Nro. 539, 1974: 6-13.
- 11- Joint FAO/WHO Committee on Food Additives Evaluation of
Certain Food Additives and the Contaminants Mercury,
Lead and Cadmium, 16th Report Geneva: World Health
Organization, Tech Rep Ser Nro. 505, 1972: 9-11.
- 12- Kirk y Othmer, Enciclopedia de Tecnología Química,
Editorial Hispano-Americana, Pags. 706-776.
- 13- U.S. Department of Commerce, Technical Inquiry Service,
Office of Technical Services (OTS), IR 16300-EP.