



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS
FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA
ACUMULADORES IBERIA S.A.**

Mario Arturo Muralles Bautista

Asesorado por el Ing. Alfredo Víctor Hugo Ayerdi Díaz

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS
FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA
ACUMULADORES IBERIA S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ARTURO MURALLES BAUTISTA
ASESORADO POR EL ING. ALFREDO VÍCTOR HUGO AYERDI DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS
FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA
ACUMULADORES IBERIA S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha mayo de 2011.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Muralles', enclosed within a large, stylized, handwritten loop.

Mario Arturo Muralles Bautista

Guatemala, 6 de septiembre 2011

Ingeniero
Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Campos.

Al saludarle me dirijo a usted para informarle que ha sido concluido satisfactoriamente el trabajo de graduación: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S.A.**, elaborado por el estudiante Mario Arturo Muralles Bautista, tema para el cual fui asignado como asesor.

Considerando que se han cumplido las metas propuestas al inicio del trabajo y lo encuentro totalmente satisfactorio, por lo que recomiendo la aprobación del mismo.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,



Ingeniero Alfredo Víctor Hugo Ayerdi Díaz
Colegiado Activo 8024

Ing. Alfredo Ayerdi
Colegiado 8024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S. A., del estudiante **Mario Arturo Muralles Bautista**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área



Guatemala, septiembre de 2011.

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNOS FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S. A. del estudiante **Mario Arturo Muralles Bautista**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR

Guatemala, octubre de 2011

JCCP/behde





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE HORNO FUNDIDORES DE PLOMO DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S.A.**, presentado por el estudiante universitario, **Mario Arturo Muralles Bautista**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy  Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2008

/cc



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	I
LISTA DE SÍMBOLOS	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	VII
OBJETIVOS.....	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ASPECTOS GENERALES DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S.A.	1
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Política de la empresa	1
1.3. Visión	2
1.4. Misión	2
1.5. Valores.....	3
1.6. Ubicación	3
2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	5
2.1. Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o uso	5
2.2. Mantenimiento preventivo con base en las condiciones.....	6
2.3. Mantenimiento de oportunidad	7

3.	DISPOSITIVOS MECÁNICOS UTILIZADOS	9
3.1.	Hornos.....	10
3.1.1.	Hornos rotativos con vertedero central y vertedero frontal.....	10
3.1.2.	Horno crisol reactor de afino con agitador	13
3.2.	Dispositivos mecánicos complementarios de los hornos.....	14
3.2.1.	Motor eléctrico	14
3.2.2.	Ventilador	16
3.2.3.	Quemador.....	17
3.2.4.	Caja reductora	19
4.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	21
4.1.	Diagrama de procesos	21
4.2.	Formularios para seguimiento del mantenimiento.....	22
4.3.	Herramientas requeridas	27
4.4.	Horno rotativo con vertedero central	29
4.4.1.	Especificaciones.....	29
4.4.2.	Planificación de mantenimiento	30
4.5.	Horno rotativo con vertedero frontal	31
4.5.1.	Especificaciones.....	31
4.5.2.	Planificación de mantenimiento	32
4.6.	Horno crisol reactor de afino con agitador.....	32
4.6.1.	Especificaciones.....	33
4.6.2.	Planificación de mantenimiento	33

4.7.	Ventilador.....	34
4.7.1.	Especificaciones	35
4.7.2.	Planificación de mantenimiento	35
4.8.	Motor eléctrico	36
4.8.1.	Especificaciones	36
4.8.2.	Planificación de mantenimiento	39
4.9.	Quemador.....	39
4.9.1.	Especificaciones	40
4.9.2.	Planificación de mantenimiento	41
4.10.	Cronograma de mantenimiento	42
4.11.	Percances y posibles soluciones.....	44
4.12.	Sugerencias al personal	45
4.13.	Actividades realizadas	45
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación y croquis de la empresa.	4
2.	Mantenimiento en un crisol.	7
3.	Estado del plomo antes del reciclaje.....	9
4.	Hornos rotativos.	11
5.	Colada en el horno de rotativo de vertedero frontal.	12
6.	Horno crisol reactor de afinado con agitador.	13
7.	Ventilador centrífugo.	16
8.	Boquilla de quemadores.	17
9.	Quemadores.	18
10.	Caja reductora.....	19
11.	Diagrama del proceso de mantenimiento industrial.	21
12.	Diagrama del proceso de reducción del plomo.	21
13.	Diagrama del proceso de afinado del plomo.....	22
14.	Orden de trabajo.	24
15.	Reporte de trabajo.	25
16.	Historial de mantenimiento.....	26
17.	Taller de máquinas herramientas.....	28
18.	Diagrama sugerido de disposición de equipos en el sistema de mitigación de humos.	46

TABLAS

I.	Especificaciones del horno rotativo con vertedero central.....	29
II.	Planificación de mantenimiento para horno rotativo con vertedero central.....	30
III.	Especificaciones horno rotativo con vertedero frontal.	31
IV.	Planificación de mantenimiento para horno rotativo con vertedero frontal.....	32
V.	Especificaciones horno crisol reactor de afino con agitador.	33
VI.	Planificación de mantenimiento para horno crisol reactor de afino con agitador.....	34
VII.	Especificaciones del ventilador.....	35
VIII.	Planificación de mantenimiento para ventilador.....	36
IX.	Motor para el horno rotativo con vertedero central.	37
X.	Motor para el horno rotativo con vertedero frontal.	37
XI.	Motor para el horno reactor tipo crisol reactor de afino con agitador.	38
XII.	Motor para ventiladores.	38
XIII.	Planificación de mantenimiento para motores eléctricos.	39
XIV.	Especificaciones del quemador para horno rotativo con vertedero central.....	40
XV.	Especificaciones del quemador para el horno rotativo con vertedero frontal.....	41
XVI.	Planificación de mantenimiento para quemadores.	42
XVII.	Cronograma de mantenimiento.	42

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m	Metro
kg	Kilogramo
rpm	Revoluciones por minuto
°C	Grados Centígrados
kPa	Kilo pascales
kW	Kilo vatio
V	Vatio
A	Amperio
h	Hora
lt	Litro

GLOSARIO

Alabe	Paleta curva de una máquina de fluido.
Chumacera	Pieza con una muesca en la que descansa y gira cualquier eje de máquina, por lo general en su interior lleva cojinetes.
Crisol	Vaso fabricado con material refractario que se emplea para fundir metales.
Embobinado	Es llamado así a una sección de alambre enrollado sobre un núcleo para producir un campo magnético.
Piñón	Tipo de engranaje diseñado para trabajar con cadenas.
Redox	Reacción química en la cual existe una transferencia electrónica entre los reactivos, dando lugar a un cambio en los estados de oxidación de los mismos con respecto a los productos.
Refractario	Material que resiste el fuego y/o el calor sin cambiar de estado ni descomponerse.

RESUMEN

En la planta de reciclaje de la empresa Iberia S.A., para poder lograr la fundición del plomo y así depurarlo, se cuenta con dos hornos rotativos que deben cumplir con la temperatura en el que el plomo cambia su fase a estado líquido y que sea mantenida por la temperatura que proporciona la llama, después es extraído y pasar a un segundo horno de tipo crisol para terminar de retirar las impurezas restantes, cuando aún está en estado líquido es vertido en un molde donde obtiene su forma de lingote y está listo para el mercado.

Este proceso no sólo es llevado a cabo por los hornos, para esto se utilizan varios equipos auxiliares, que suministran aire a cierta presión, combustible, mantienen la llama y proporcionan movimiento para homogenizar el plomo, si alguno de estos equipos llegase a fallar se produciría un paro en la línea del horno, lo cual generaría pérdida de materiales, tiempo de producción, debido a las reparaciones que necesite el caso, y consume recurso humano pues los operarios deben parar de trabajar y el área de mantenimiento industrial tiene que salir de sus labores comunes para atender la emergencia.

Evitar los paros en la maquinaria es algo vital para la empresa, es por esto que se ideó el mantenimiento preventivo, para llevarlo a cabo se recopilaron datos sobre los equipos, empezando por los manuales de fabricantes y la experiencia del equipo de mantenimiento industrial, con esto se reunieron las especificaciones de los equipos, los ciclos de mantenimiento que requieren y la calidad de los insumos que demandan.

Para perfeccionar el programa de mantenimiento es necesario llevar un control documentado sobre las acciones que se realizan sobre los equipos, para ello existen tres tipos de documentos vitales, la orden de trabajo, el reporte de trabajo y el historial de mantenimiento, con esto se puede obtener una tendencia en el fallo de ciertas piezas y detectar problemas más serios, así como tener un registro de las acciones que se realizaron y como se llevaron a cabo.

OBJETIVOS

General

Proponer una guía para el correcto mantenimiento del sistema de hornos de la planta de reciclaje de la empresa Acumuladores Iberia S.A., como un modelo viable para mantener en funcionamiento óptimo de los hornos, reducir tiempos muertos y principalmente reducir el riesgo de accidentes.

Específicos

1. Reducir los tiempos muertos de la maquinaria, así como el desperdicio de recursos materiales y humanos.
2. Mantener la calidad del plomo reciclado.
3. Planificar inspecciones y mantenimiento constante con tiempos definidos sobre la maquinaria tratando de realizar estos en horarios de ocio.
4. Minimizar accidentes y riesgos.
5. Reducir los gases de efecto invernadero arrojados al ambiente.

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la tecnología en la humanidad se hizo evidente que todo necesita un mantenimiento, al principio sólo se basó en reparar la maquinaria cuando ya había colapsado, pero poco a poco este pensamiento fue evolucionando hasta llegar a los sistemas actuales de mantenimiento.

Tomando en cuenta que vivimos en un mundo moderno donde por diferentes métodos se puede prever las averías y, gracias a las diferentes especificaciones de los componentes y a la experiencia de los operarios de la maquinaria, podemos saber el aproximado de duración y soporte que las piezas tendrán mientras están en uso, con estas ventajas es necesario implementar un plan de mantenimiento para cumplir con estándares de calidad en el producto ya procesado, reducir los costes de un mantenimiento inadecuado y entregar el producto con los tiempos requeridos por los clientes.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA PLANTA DE RECICLAJE DE LA EMPRESA ACUMULADORES IBERIA S.A.

1.1. Reseña histórica

Acumuladores Iberia, S.A., fue fundada el 10 de septiembre de 1961, con el objetivo de fabricar baterías ácido – plomo. Desde aquellos tiempos la empresa ha ido evolucionando de tal manera que a partir de 1994, dejó de fabricar baterías ácido – plomo y estableció el área de comercialización, la cual se ocupa actualmente de la importación, almacenaje y venta de las baterías ácido - plomo nuevas, dejando un área específicamente para el reciclaje de baterías ácido – plomo usadas, para cumplir con la responsabilidad extendida del productor, de cerrar el ciclo de vida del producto.

1.2. Política de la empresa

Acumuladores Iberia, S.A., es una empresa guatemalteca dedicada a la comercialización a nivel nacional e internacional de acumuladores, accesorios automotrices, con experiencia en el reciclaje de baterías ácido – plomo usadas y fabricación de producto de plomo.

En Acumuladores Iberia, S.A., están conscientes y altamente comprometidos a generar grandes cambios a través de acciones concretas y procesos adecuados por medio de nuestra planta de reciclaje de baterías ácido – plomo usadas, para garantizar un manejo ambientalmente responsable de los desechos contaminantes generados por el mercado de reposición de

acumuladores cumpliendo con la legislación ambiental nacional y otros requisitos aplicables a la institución y previniendo la contaminación.

Es una empresa del presente, que contribuye positivamente en el futuro, por lo que su compromiso es mejorar continuamente nuestros procesos, mejorar las competencias de sus colaboradores y mantener relaciones mutuamente beneficiosas con sus proveedores para la satisfacción de nuestros clientes

1.3. Visión

Mantener el liderazgo en la comercialización de acumuladores y en el reciclaje de los mismos, de una manera ambientalmente responsable, sustentable de la organización.

1.4. Misión

Acumuladores Iberia, S.A., es una empresa guatemalteca, líder, dedicada a satisfacer el mercado regional, comercializando acumuladores y accesorios para todo tipo de vehículo, contribuyendo a preservar el ambiente y el desarrollo social, en un clima de trabajo que permite el crecimiento integral de sus colaboradores, generando un valor agregado para sus clientes, proveedores y accionistas, haciendo uso de la tecnología, por medio de un equipo de personas competentes, creativas, con visión de negocios y altamente comprometidas con la satisfacción de los clientes.

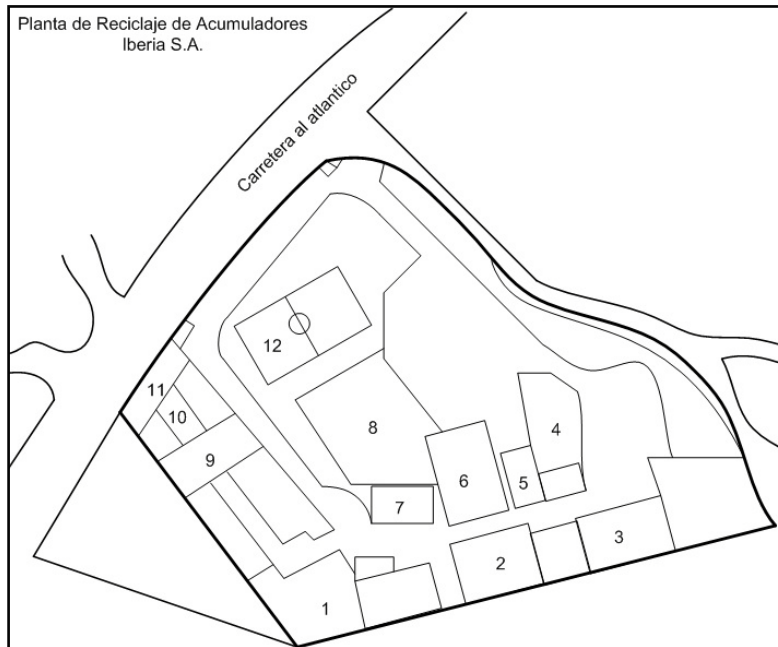
1.5. Valores

- Actitud de servicio. Los esfuerzos están orientados a desarrollar una cultura de servicio, encaminada a satisfacer urgente, integral y eficazmente las necesidades de clientes, colaboradores y público en general.
- Responsabilidad. Se asume la responsabilidad de sus actos en las decisiones y actividades desarrolladas en toda la organización.
- Honestidad. Se inculca a los colaboradores la importancia que tiene la honradez en todos sus actos a nivel empresarial y personal.
- Ética. Se impulsa el trabajo con cánones de adecuada conducta, integridad, respeto y valores morales, con colaboradores, proveedores, comunidad y con el ambiente.

1.6. Ubicación

La planta de reciclaje está ubicada en el kilómetro 10,8 carretera al Atlántico, en la figura 1 se muestra la ubicación de la planta y de las áreas en su interior, todas las áreas se encuentran dispuestas para facilitar el trabajo, también se cuenta con un área de recreo y el comedor, estos últimos alejados del área de hornos donde la contaminación por el plomo es mucho mayor que en otros espacios.

Figura 1. **Ubicación y croquis de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

- Área administrativa
- Área de hornos
- Bodegas
- Área de trituración y lavado de plásticos
- Área de tratamiento de ácidos
- Área de trituración de baterías
- Área de combustibles
- Área de desechos sólidos
- Bodega de insumos de mantenimiento
- Área de talleres
- Área de comedores
- Campo de futbol

2. CONCEPTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El objetivo de una industria es elaborar un producto o mercancía, en una calidad y cantidad específicas, para lo cual se trata de utilizar un mínimo de capital de inversión, de mano de obra y de equipo. Este propósito se ve afectado al fallar alguna de las máquinas ya que se produce un paro, generando gastos extras y pérdida de tiempo, en otras palabras disminuye la productividad.

Para reducir los riesgos de paro en las líneas de producción, se ideó el mantenimiento industrial, que es el conjunto de técnicas que se aplican sobre la maquinaria para poder obtener un continuo trabajo productivo, con un mínimo de paros no programados.

El mantenimiento que se puede aplicar a la maquinaria es de dos tipos: el correctivo, que consiste en reparar los daños por los cuales la máquina ya no puede seguir trabajando, cuando ésta tuvo un fallo y produjo un paro inesperado. Y el mantenimiento preventivo, ideado para prevenir estos paros inesperados, llevando a cabo mantenimiento a la maquinaria antes de que ésta falle y así poder reducir los gastos y los paros. A continuación definiremos los tipos de mantenimiento preventivo.

2.1. Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o uso

Se define así a cualquier mantenimiento que sea planeado para contrarrestar fallas del equipo, asegurar su rendimiento y prolongar su vida útil.

Este se programa, como su nombre lo dice, con base en el tiempo o uso de la máquina, y se determina conforme a las especificaciones del fabricante, experiencias previas y conocimientos acumulados por el personal de mantenimiento.

La planificación se realiza tomando como punto principal de referencia el tiempo promedio y la intensidad de uso cuando cada equipo empieza a tener un desgaste que podría derivar en fallas si no es atendido a tiempo, aun cuando no haya mostrado evidencia de problemas en su funcionamiento.

Sobre esta base se determina la periodicidad o frecuencia con que se realizará su mantenimiento y se establece un calendario para llevarlo a cabo; de esta forma, es posible preparar y agilizar el proceso de mantenimiento, de manera de definir las rutinas y tener listas las herramientas y demás insumos necesarios, con lo cual se reduce el paro provocado por la atención al equipo.

2.2. Mantenimiento preventivo con base en las condiciones

Esta clase de mantenimiento es realizado para hacer frente a fallas potenciales.

A diferencia del anterior, no es llevado a cabo con una cierta frecuencia si no que se determina realizarlo por medio de la constante observación del equipo, vigilando el rendimiento y los parámetros claves; al localizar una falla se evalúa su gravedad y sobre esa base se planifica las acciones a tomar.

Este tipo de atención también es conocida como mantenimiento predictivo, en la figura 2 podemos observar un trabajo de mantenimiento sobre un crisol,

se detectó que estaba cerca de fallar y fue sacado de línea para realizar el trabajo de restauración necesario.

Figura 2. **Mantenimiento en un crisol**



Fuente: talleres de la empresa.

2.3. Mantenimiento de oportunidad

Como su nombre lo indica, este mantenimiento es realizado cuando se presenta una oportunidad, en general se aplica cuando se produce un paro en el proceso de producción, por cualquier motivo, y se aprovecha para verificar las demás piezas del equipo. En caso de estar cerca la fecha de su mantenimiento planificado o si se detecta algún daño, se puede evaluar tomar la acción de mantenimiento con el fin de no volver a provocar otro paro en el equipo.

3. DISPOSITIVOS MECÁNICOS UTILIZADOS

Después de ser extraído de las baterías, el plomo, como se puede apreciar en la figura 3, se encuentra en forma de laminas combinado con residuos de la oxidación, plásticos y ácidos. Para que el plomo pueda ser procesado de forma correcta, esta combinación de residuos es depositada por los obreros en los hornos donde se lleva a cabo la depuración.

Figura 3. Estado del plomo antes del reciclaje



Fuente: área de hornos de la empresa.

Para que los hornos funcionen adecuadamente se utilizan varios equipos que los auxilian, ya sea proporcionando combustible, oxígeno o movimiento para una correcta homogenización de la carga.

A continuación se muestra una descripción de los equipos utilizados en el área de hornos y sus respectivas funciones en el proceso.

3.1. Hornos

Un horno es un dispositivo creado para resguardar el calor y así calentar los elementos que se encuentren en su interior; la fuente de calor puede ser aplicada directamente sobre el interior por medio de una llama o por el efecto de transmisión de calor también denominado radiación.

En el caso de la planta de reciclaje de la empresa Acumuladores Iberia S.A., los hornos son empleados para el reciclado del plomo, llevándose a cabo un proceso de reducción-oxidación también llamado *reacción redox*, en el cual el metal es combinado con un agente reductor y un agente oxidante, en este caso se utilizan el coque y la soda cáustica. Con esto se logra que la mayor parte del plomo se libere de impurezas y que se forme la escoria, compuesta de residuos y contaminaciones generadas por la reacción de los agentes y la oxidación del plomo, lo cual permite la separación y la colada del metal fundido.

3.1.1. Hornos rotativos con vertedero central y vertedero frontal

Este tipo de horno consiste en una envoltura cilíndrica de acero con bajo porcentaje de carbono, en su interior se encuentra recubierto de material refractario en forma de ladrillos conformado de mezclas de piedra, arcilla y arena para la conservación del calor, este ladrillo es adherido a las paredes del horno por medio de un material refractario llamado *altalum*. En los extremos de este cilindro se encuentran dos aberturas, la primera es utilizada para introducir la materia prima y por donde se inyecta la llama proveniente de un quemador

auxiliar, en este caso el combustible es aceite quemado, y el segundo es utilizado para la salida de los gases de escape generados.

Es llamado horno rotativo debido a que es montado, por medio de dos aros unidos al cilindro, sobre cuatro rodamientos que se ubican en el extremo de dos ejes ubicados a los lados del cilindro. Estos ejes giran gracias a que son impulsados por un motor eléctrico con el cual se puede regular la dirección y la velocidad de rotación. La ventaja de que el cilindro gire consiste en que se reduce el tiempo para realizar la fundición ya que la parte superior del cilindro se calienta y al girar queda debajo de toda la carga, lo que hace que se reduzca la capa aislante que se forma de escorias y se aproveche el calor de mejor manera.

Figura 4. **Hornos rotativos**



Fuente: área de hornos de la empresa.

Los hornos rotativos de vertedero central (que se muestra a la izquierda en la figura 4) y los de vertedero frontal (a la derecha de la figura 4) se diferencian en el mecanismo para retirar el plomo y la escoria (acción también llamada la colada): en el horno de tipo vertedero central, la abertura se encuentra en medio del cilindro y para poder realizar la colada se gira el cilindro hasta que la abertura quede boca abajo y se retira la tapa. En el caso del horno rotativo de vertedero frontal, la abertura se localiza en el frente del cilindro y se realiza el mismo procedimiento para la colada.

En la figura 5 se puede observar el plomo al rojo vivo en estado líquido descendiendo por la abertura inferior hasta llenar el molde.

Figura 5. **Colada en el horno de rotativo de vertedero frontal**



Fuente: área de hornos de la empresa.

3.1.2. Horno crisol reactor de afino con agitador

Este tipo de horno consiste en un crisol de acero inoxidable el cual se rodea de una pared de refractario y aluminio, la cual para mantener el calor a su vez se rodea de una pared de ladrillo. El crisol tiene unas pestañas que sellan herméticamente con la pared del refractario, dentro de este espacio es inyectado el gasoil por medio de quemadores que disparan la llama en forma tangencial al crisol, esto hace que el calor rodee el crisol y caliente el plomo contenido en él.

La pared de refractario que lo rodea cuenta con dos salidas, una ubicada en la parte superior para la liberación de los gases de escape y otra en la parte inferior para la extracción de las cenizas y residuos de la combustión.

Figura 6. Horno crisol reactor de afino con agitador



Fuente: área de hornos de la empresa.

En la parte superior, como podemos observar en la figura 6, se encuentra la tapa de crisol, en la parte superior izquierda podemos apreciar que ésta cuenta con un motor eléctrico que por medio de una faja hace girar un eje llamado agitador; este eje en su parte inferior está unido con dos paletas que van introducidas en el plomo derretido y hace que el material se caliente uniformemente y se realice un producto homogéneo.

La cubierta también sirve para mantener el calor, cuenta con una ventanilla donde se puede observar la parte superior de la fundición, sirve como conducto para la mitigación de humos y para extraer la escoria residual que se acumula sobre el plomo.

Es llamado de afino debido a que, gracias a la tapadera, se extrae con mayor facilidad la escoria remanente y en este caso la llama y el combustible no se mezcla con el producto, logrando así un plomo mucho más puro.

3.2. Dispositivos mecánicos complementarios de los hornos

Los hornos que observamos anteriormente usan otros aparatos mecánicos para poder llevar a cabo su función, por lo cual un fallo o descompostura de uno de estos hará que los hornos no funcionen correctamente o dejen de funcionar totalmente.

3.2.1. Motor eléctrico

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en mecánica por medio de un movimiento rotatorio de un eje. Este tipo de motor contiene varias partes básicas para funcionar, entre estas se tienen:

- El rotor que es un electroimán con varios embobinados en su alrededor por los cuales pasa corriente eléctrica.
- El estator, electroimán de polaridad fija que rodea al rotor, este también es rodeado por varios embobinados y es aislado para que no haga contacto con el rotor.
- El conmutador es un rodamiento que tiene tantas divisiones conforme a la cantidad de embobinados del rotor, esto a razón de cambiar periódicamente la polaridad del rotor.
- Los cepillos o también llamados carboncillos que son los que hacen contacto con la batería.

Su funcionamiento es simple, siguiendo la ley del magnetismo en los imanes la cual indica que los polos opuestos se atraen y los polos iguales se repelen. En base a esto tenemos que el estator tiene polaridad fija y que el rotor, al suministrarle energía eléctrica, tomará también polaridad, generando que el rotor gire media vuelta hasta que los polos contrarios queden alineados, es aquí cuando entra la función del conmutador y los cepillos, que en ese momento cambian la polaridad haciendo que el rotor gire libremente atrayéndose hacia el otro polo y así continuamente hasta lograr una rotación uniforme.

Este equipo es utilizado para mover, por medio de un eje con aspas, el plomo en el interior de los hornos tipo crisol reactor de afino con agitador, también para hacer girar los hornos rotativos según la velocidad y dirección que deseemos por medio de cadenas y piñones y por ultimo para hacer funcionar los ventiladores que inyectarán aire a los quemadores, en este caso la potencia se transmite por medio de fajas y poleas.

3.2.2. Ventilador

Es un dispositivo cuya función es generar una aceleración por medios mecánicos en el fluido y mantener el flujo continuo, ya sea de aire, gas o líquido.

Figura 7. Ventilador centrífugo



Fuente: área de talleres de la empresa.

En esta planta de reciclaje se emplea un ventilador radial, también llamado centrífugo, como se muestra en la figura 7. Su nombre se deriva de que el aire ingresa de forma perpendicular por el centro del ventilador, que luego es succionado a un rodete que contiene álabes dispuestos en forma radial los cuales impulsan el fluido y lo deja salir por la tubería que va a la parte superior,

expulsando el aire tangencialmente a una mayor velocidad; el impulso al rodete es obtenido gracias a un motor eléctrico que transmite su potencia por medio de fajas y poleas con las cuales se regula la velocidad.

Este ventilador impulsa el aire para proveer un caudal constante que será utilizado en los quemadores para atomizar el combustible.

3.2.3. Quemador

Es un elemento mecánico donde converge una línea de aire proveniente del ventilador y una línea de combustible conectada a un tanque; por medio de válvulas se logra regular cuánto aire y cuánto combustible dejar pasar a fin de obtener una mezcla óptima para la combustión.

Figura 8. **Boquilla de quemadores**



Fuente: área de talleres de la empresa.

El quemador cuenta con una cámara de aire atravesada por un tubo metálico que conduce el combustible; la mezcla se realiza gracias a una boquilla especial que atomiza el combustible por efecto de la presión con que sale del conducto y en su parte exterior cuenta con varios deflectores que impulsa el aire con un ángulo determinado para obtener una llama del tamaño y forma deseada. En la figura 8 podemos apreciar la boquilla para los quemadores con las boquillas para atomización y los deflectores de aire, en la parte trasera entra la tubería con combustible.

En la parte derecha de la figura 9 podemos apreciar el quemador utilizado en el horno rotativo con vertedero central, a la izquierda se muestra el utilizado para el horno rotativo con vertedero frontal y los hornos tipo crisol reactor con agitador de afino.

Figura 9. **Quemadores**



Fuente: área de bodega de la empresa.

3.2.4. Caja reductora

Dispositivo mecánico que en su interior contiene engranajes que, dependiendo del tipo de engrane o de la cantidad de dientes, reducirán la velocidad de entrada y elevarán la fuerza que proporciona en su eje de salida. En esta planta es utilizada para reducir la velocidad de los motores eléctricos y proporcionar más fuerza para hacer girar los hornos rotativos. En la figura 9 se aprecia que la caja es sellada para evitar derrames del lubricante

Figura 10. **Caja reductora**



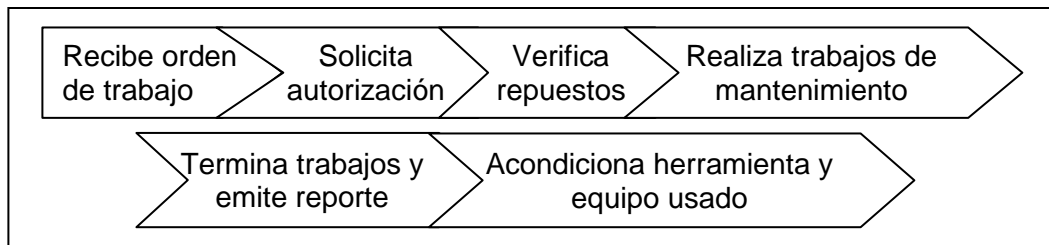
Fuente: área de talleres de la empresa.

4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1. Diagrama de procesos

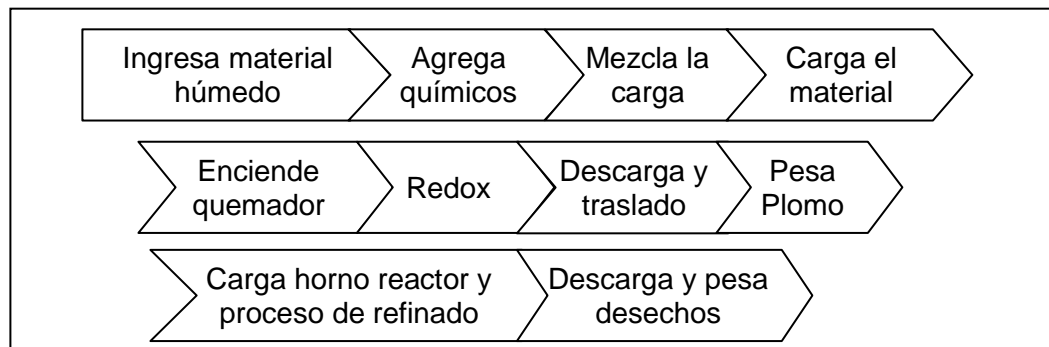
Para poder realizar el trabajo de forma eficaz y eficiente se debe de llevar un orden para las acciones, a continuación se muestran los diagramas de la empresa para las diferentes actividades que involucran al área de hornos.

Figura 11. **Diagrama del proceso de mantenimiento industrial**



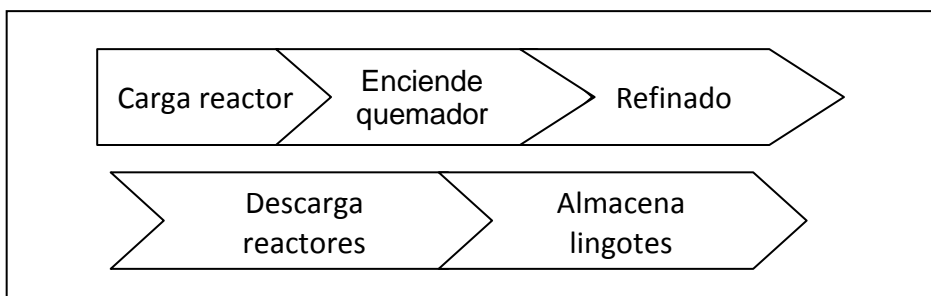
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Diagrama del proceso de reducción del plomo**



Fuente: elaboración propia

Figura 13. Diagrama del proceso de afinado del plomo



Fuente: elaboración propia.

4.2. Formularios para seguimiento del mantenimiento

En el caso del mantenimiento es muy importante documentar las operaciones que se llevan a cabo y como fueron realizadas, qué herramientas e insumos se utilizaron, esto para mejorar los tiempos de reparaciones y por consiguiente reducir el lapso de paro de la maquinaria.

También es muy útil esta información para observar los tiempos en los que los dispositivos tienden a fallar y el estado en que se encuentran al momento del mantenimiento o la inspección. Con esto se puede definir después si al tener un mantenimiento programado, éste se puede aplazar o adelantar para realizarlo junto con otro que se encuentre cercano en el cronograma y no tener que hacer dos paros seguidos sobre la maquinaria.

La documentación propuesta para el seguimiento se compone de una orden de trabajo donde se indican todos los datos del equipo, así como las fechas de inicio y de finalización, también se señala si se le debe dar un


mantenimiento o una inspección a la maquinaria, que trabajo se debe realizar y un aproximado de cuanto debería tardar el hacerlo, con que herramientas e insumos se trabajará y las partes que se deben chequear y/o cambiar. Por lo general esta orden la remite el gerente de mantenimiento o de la planta al jefe del equipo de mantenimiento.

Al llevarse a cabo el trabajo de mantenimiento o la inspección descrita en la orden de trabajo, el encargado de mantenimiento tiene que llenar una ficha de reporte de trabajo, donde registre una completa descripción del trabajo realizado, las herramientas e insumos utilizados así como si hubo necesidad de realizar un paro en el equipo y si hubo hallazgos de problemas que necesiten mantenimiento y a qué plazo, también indicará el tiempo real que implicó el trabajo.

Es necesario llevar un historial del trabajo realizado en la maquinaria para poder programar correctamente el mantenimiento a realizar y tener insumos que sean útiles en diagnósticos posteriores.


A continuación se muestra el formato sugerido para la orden de trabajo en la figura 14, el reporte de trabajo en la figura 15 y el historial de mantenimiento en la figura 16.

Figura 14. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO				No.					
Departamento:									
Equipo:									
Ubicación:								Fecha de inicio:	
Responsable						Fecha de finalización:			
Prioridad		Emergencia <input type="checkbox"/>		Urgente <input type="checkbox"/>		Normal <input type="checkbox"/>		Programada <input type="checkbox"/>	
Se debe interrumpir el proceso?				Sí <input type="checkbox"/>		No <input type="checkbox"/>			
Tiempos		Hora inicio				Hora finalización			
Trabajo a realizar									
Partes				Precios					
Parte		Serie/No./ID		Unidad		No.		Total	
Partes				Precios					
Parte		Serie/No./ID		Unidad		No.		Total	
Partes				Precios					
Parte		Serie/No./ID		Unidad		No.		Total	
Tiempo				Observaciones					
Estimado		Real		Trabajadores		Horas-hombre			
Herramientas a utilizar				Materiales a utilizar				Cantidad	
Firma Responsable									
Aprobación del trabajo						Hoja No.		De	

Fuente: propuesta propia para la empresa.

Figura 15. Reporte de trabajo

REPORTE DE TRABAJO		No.			
Departamento:					
Equipo:					
Ubicación:			Fecha de inicio:		
Responsable			Fecha de finalización:		
Prioridad	Emergencia <input type="checkbox"/>	Urgente <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	Programada <input type="checkbox"/>	
Se debe interrumpir el proceso?		Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
Tiempos		Hora inicio		Hora finalización	
Descripción del trabajo					
Observaciones, hallazgos					
Condición del equipo	Crítica <input type="checkbox"/>	Media <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>		
Requiere mantenimiento correctivo	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>			
Herramientas utilizadas		Materiales utilizados		Cantidad	
Firma Responsable					
Aprobación del trabajo					
				Hoja No.	De

Fuente: propuesta propia para la empresa.

4.3. Herramientas requeridas

Una herramienta es un instrumento elaborado para ser un medio de aplicación controlada de la energía y facilitar al mecánico con tareas específicas, son elaborados con distintos materiales y formas dependiendo de la aplicación, y se utilizan para realizar tareas ya sea de construcción como de reparación.

Para poder realizar correctamente un mantenimiento preventivo a la maquinaria del área de hornos se necesita:

- Juego de ratchet y copas en milímetros y pulgadas
- Juego de llaves cola-corona milímetros y pulgadas
- Juegos de pinzas y alicates
- Juego de copas hexagonales
- Juego copas torx
- Llaves ajustables
- Llaves steelson
- Juego de desarmadores phillips y castigadera
- Extractor de poleas
- Extractor de cojinetes
- Martillos
- Compresor
- Juego de limas
- Juego de cepillos de metal
- Sierra de metal
- Barrenos
- Cajas de herramientas de metal

En la figura 17 se puede observar que la empresa, además de las herramientas ya mostradas, cuenta con varias máquinas-herramientas que ayudan en la fabricación y mantenimiento de algunas piezas, tales como tornos, cepillos, sierras y taladros, para reparaciones también se utiliza equipo de soldadura eléctrica y autógena.

Figura 17. **Taller de máquinas herramientas**



Fuente: área de talleres de la empresa.

4.4. Horno rotativo con vertedero central

La principal función de este equipo es resguardar una temperatura en la que el plomo llegue a su punto de fusión para llevar a cabo el proceso redox y la mezcla homogénea.

4.4.1. Especificaciones

En la tabla I se especifica las dimensiones del horno y dependiendo de éstas es la capacidad de carga de plomo y fundentes en el interior del horno. El diámetro interno nos da una referencia del espesor de la pared del refractario, las velocidades a las que puede rotar el horno para lograr una mezcla homogénea en el plomo y formar la escoria, y la temperatura a la que debe llevar el horno para lograr la depuración del plomo al mezclarlo con sus fundentes.

Tabla I. **Especificaciones del horno rotativo con vertedero central**

Parámetro	Valores
Dimensiones	4,80 m x 2,20 m
Capacidad	3 630 kg
Diámetro interno	1,80 m
Velocidad de rotación	0 a 28 rpm
Temperatura de operación	1 500 °C

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Planificación de mantenimiento

La tabla II indica la planificación del mantenimiento así como de los insumos necesarios con sus respectivas especificaciones dadas las condiciones de trabajo a las que se someten las diferentes partes del horno, tales como la presión que resisten las chumaceras, el desgaste continuo de la caja reductora y la tensión que debe soportar las cadenas.

Tabla II. **Planificación de mantenimiento para horno rotativo con vertedero central**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Chumaceras	2 meses	8 meses	Grasa NLG1 GC - LB	LC 222228D1 C3
Caja reductora	2 meses	2 años	Aceite 85W -140	Relación 60:1
Cadena	15 días	N/A	Grasa EP2	Paso 120
Piñón	15 días	1 año	Grasa EP2	120 B14
Refractario	N/A	3 años	N/A	Ladrillo refractario pegado con altalum

Fuente: elaboración propia.

4.5. Horno rotativo con vertedero frontal

Las principales funciones de este equipo es llevar a cabo el proceso redox y la mezcla homogénea, para lograr esto en su interior debe resguardar una temperatura mínima y proporcionar un movimiento a la mezcla por medio de la rotación total del horno.

4.5.1. Especificaciones

En la tabla III se especifica el tamaño así como la capacidad de carga que permite el equipo, el diámetro interno se vincula directamente con el espesor de las paredes del refractario, las velocidades a las que puede rotar el horno para lograr una mezcla homogénea y la temperatura a la que debe trabajar para lograr la depuración del plomo al mezclarlo con sus fundentes.

Tabla III. Especificaciones horno rotativo con vertedero frontal

Parámetro	Valores
Dimensiones	2,20 m x 1,85 m
Capacidad	680 kg
Diámetro interno	1,70 m
Velocidad de rotación	0 a 53 rpm
Temperatura de operación	1 500 °C

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Planificación de mantenimiento

El mantenimiento necesario se muestra en la tabla IV, esta indica las grasas, aceites y repuestos que se deben utilizar para que cumplan con los requerimientos de los trabajos a los que serán sometidos, así como de los ciclos de tiempo de lubricación y de cambio de piezas para evitar fallos.

Tabla IV. **Planificación de mantenimiento para horno rotativo con vertedero frontal**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Chumaceras	2 meses	8 meses	Grasa NLG1 GC - LB	LH 22217801
Caja reductora	2 meses	2 años	Aceite 85W -140	Relación 30:1
Cadena	15 días	N/A	Grasa EP2	Paso 80
Piñón	15 días	1 año	Grasa EP2	80
Refractario	N/A	3 años	N/A	Ladrillo refractario pegado con altalum

Fuente: elaboración propia.

4.6. Horno crisol reactor de afino con agitador

Este equipo es el encargado de llevar a cabo la última afinación del plomo, al salir de este horno el plomo estará muy cerca de su grado de pureza, listo para ser vuelto a usar en la industria.

4.6.1. Especificaciones

Como podemos observar en la tabla V se especifican las dimensiones del horno junto con la cubierta superior, las dimensiones y la capacidad de carga del crisol, la velocidad del agitador para lograr una mezcla homogénea y llevar a la superficie las escorias y la temperatura a la que debe trabajar para lograr la fundición del plomo y mezclarlo con sus fundentes.

Tabla V. **Especificaciones horno crisol reactor de afino con agitador**

Parámetro	Valores
Dimensiones	1,75 x 2,50 m
Capacidad	15 000 kg
Diámetro crisol	1,57 m
Altura del crisol	1,52 m
Velocidad de agitador	300 rpm
Temperatura de operación	1 500 °C

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Planificación de mantenimiento

En la tabla VI aparecen las piezas que necesitaran lubricación cada cierto tiempo o un reemplazo debido a los desgastes de uso, hay que tomar nota que las especificaciones de los lubricantes serán diferentes a los hornos rotativos

debido a que los componentes no serán sometidos a los mismos esfuerzos, este tipo de equipos cuenta con dos fajas para transmitir el trabajo del motor eléctrico.

Tabla VI. **Planificación de mantenimiento para horno crisol reactor de afino con agitador**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Eje central de aspas	N/A	3 meses	N/A	Acero inoxidable 3/16
Cojinete de eje de aspas	1 mes	6 meses	Grasa Multifak EP2 LB	LH 22217801
Chumacera de pared	1 mes	6 meses	Grasa Multifak EP2 LB	F215
Fajas	N/A	3 meses	N/A	B-118 y B-121

Fuente: elaboración propia.

4.7. Ventilador

Su función es impulsar el aire que será utilizado en los quemadores para formar la llama.

4.7.1. Especificaciones

Entre los parámetros más importantes sobre los cuales se tomaron las especificaciones son el diámetro de la base del ventilador, la velocidad de rotación de las aspas, el tipo de aspas que define la dirección del caudal, el diámetro de las aspas y el caudal de salida que debe cumplir el equipo.

Tabla VII. **Especificaciones del ventilador**

Parámetro	Valores
Diámetro	0,85 m
Caudal	6,89 kPa
Velocidad de rotación	3000 rpm
Diámetro de aspas	0,65 m
Tipo de aspas	Curvadas hacia adelante

Fuente: elaboración propia.

4.7.2. Planificación de mantenimiento

El mantenimiento se programó en base al uso del equipo y la experiencia del personal de mantenimiento debido que los ventiladores son realizados en la misma planta de reciclaje y no cuentan con un manual sobre las especificaciones y el mantenimiento. Las piezas del ventilador son sometidas a una alta velocidad, como se observó en la tabla de especificaciones, generando que los ciclos de lubricación sean de menor tiempo y los tipos de lubricante de diferente especificación, este tipo de equipo recibe su potencia de tres fajas conectadas a un motor eléctrico por medio de poleas.

Tabla VIII. **Planificación de mantenimiento para ventilador**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Chumacera	1 mes	6 meses	Multifak EP2 LB	De banco de cuna partida 513 611
Cojinete de chumacera	1 mes	6 meses	Multifak EP2 LB	2311K C3
Fajas	N/A	3 meses	N/A	B-59

Fuente: elaboración propia.

4.8. Motor eléctrico

Este equipo es el encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica que será aprovechada siendo transmitida ya sea por medio de transmisión directa, cadenas o fajas, todo esto ayudado por poleas, engranes o piñones.

4.8.1. Especificaciones

Entre los parámetros más importantes se encuentra el sistema de corriente que define cuantas corrientes entrarán al equipo. En la planta de reciclaje se cuenta con conexión trifásica, o sea ingresan tres líneas de energía al equipo, el voltaje indica los vatios que requerirá a la entrada, el amperaje es la intensidad de corriente que circula en el circuito eléctrico, la potencia define la fuerza con que desarrollará su trabajo y la velocidad define las revoluciones que dará el eje por minuto.

Tabla IX. **Motor para el horno rotativo con vertedero central**

Parámetro	Valores
Sistema de corrientes	Trifásico
Potencia	3,73 kW
Voltaje	220 / 440 V
Amperaje	8,0 / 4,0 A
Velocidad	1 700 rpm

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Motor para el horno rotativo con vertedero frontal**

Parámetro	Valores
Sistema de corrientes	Trifásico
Potencia	0,74 kW
Voltaje	220 V
Amperaje	20 A
Velocidad	1 600 rpm

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Motor para el horno reactor tipo crisol reactor de afino con agitador**

Parámetro	Valores
Sistema de corrientes	Trifásico
Potencia	11,19 kW
Voltaje	220 / 380 / 440 V
Amperaje	39,1 / 22,6 / 19,5 A
Velocidad	800 rpm

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Motor para ventiladores**

Parámetro	Valores
Sistema de corrientes	Trifásico
Potencia	18,65 kW
Voltaje	220 V
Amperaje	17,8 A
Velocidad	1 700 rpm

Fuente: elaboración propia.

4.8.2. Planificación de mantenimiento

En la tabla XIII se muestra la lubricación que requiere el equipo, el cual difiere de los demás debido a que las piezas mecánicas sufren poco desgaste, además cada dos meses se debe hacer una limpieza del equipo con aire comprimido y una verificación exterior, debido a que en el ambiente se forma polvo con partículas de plomo que pueden provocar corto en los circuitos; cada 8 meses se les realiza una limpieza profunda, se verifica la alineación del eje del rotor con los cojinetes, el ventilador para enfriamiento, el estado del embobinado y del circuito de arranque.

Tabla XIII. **Planificación de mantenimiento para motores eléctricos**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Cojinetes	8 meses	2 años	Grasa NLG1	Según el motor

Fuente: elaboración propia.

4.9. Quemador

Este equipo es el encargado de atomizar el combustible y combinarlo con el aire proveniente del ventilador, a la salida es encendido por medio de una chispa para lograr una llama.

4.9.1. Especificaciones

La capacidad de aire y la capacidad de aceite que tenga el equipo van relacionadas directamente con el tamaño que tendrá la llama, estos valores representan los mínimos y los máximos con los que puede trabajar, en caso de trabajar con un valor menor que el mínimo es posible que no exista llama y con un valor mayor que el máximo puede ser peligroso ya que se acumulara la presión que puede dañar el quemador, otro factor importante es el peso del quemador dado a que debe ser movido constantemente para el proceso de carga de los hornos rotativos.

Tabla XIV. **Especificaciones del quemador para horno rotativo con vertedero central**

Parámetro	Valores
Capacidad de aire	1 384,85 a 1 699 m ³ / h
Capacidad de aceite	136 a 166 lt / h
Tamaño aproximado de la llama	2,5 a 2,75 m
Peso	152 kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Especificaciones del quemador para el horno rotativo con vertedero frontal**

Parámetro	Valores
Capacidad de aire	291,69 m ³ / h
Capacidad de aceite	136 a 166 lt / h
Tamaño aproximado de la llama	0,75 m
Peso	38 kg

Fuente: elaboración propia.

4.9.2. Planificación de mantenimiento

La tabla XVI indica los ciclos en los que debe cambiarse las boquillas de atomización y el refractario así como sus especificaciones, la boquilla y las salidas del quemador deben ser limpiadas cada mes, la escoria acumulada en el refractario es limpiada cada vez que se realiza la carga al horno para evitar acumulación que tape la salida y forma de la llama.

Tabla XVI. **Planificación de mantenimiento para quemadores**

Pieza	Ciclo		Especificación aceite / grasa	Especificación de la pieza
	Lubricación	Cambio		
Boquillas	N/A	1 año y 6 meses	N/A	Según quemador
Refractario	N/A	1 mes	N/A	Concreto refractario ultra 90 y pegado con altalum

Fuente: elaboración propia.

4.10. Cronograma de mantenimiento

A continuación se muestra una tabla que combina el mantenimiento programado de todos los equipos en los ciclos de tiempo indicados. Para más detalles del mantenimiento a realizar, puede referirse a la planificación descrita para cada equipo.

Tabla XVII. **Cronograma de mantenimiento**

Ciclo de tiempo	Descripción
15 días	Limpieza y lubricación de cadenas y piñones de los hornos rotativos.

Continuación Tabla XVII.

1 mes	Lubricación de las chumaceras de pared y de los cojinetes del eje de aspas del horno tipo crisol reactor de afino con agitador. Limpieza de boquillas y cambio del refractario de los quemadores.
2 meses	Lubricación y verificación para todos los equipos de cojinetes, chumaceras, cadenas, piñones y cajas reductoras. Limpieza y verificación exterior de motores eléctricos, limpiar con aire comprimido los circuitos.
3 meses	Cambio del eje central de aspas del horno crisol reactor de afino con agitador. Cambio general de fajas.
6 meses	Evaluar el cambio de cojinete o de chumacera del eje central de aspas del horno crisol reactor con agitador y del ventilador.
8 meses	Cambio de chumaceras de los hornos rotativos. Limpieza profunda y verificación del interior de los motores eléctricos, verificar alineación del eje y lubricar los cojinetes.
1 año	Cambio de piñones de hornos rotativos. Verificación del espesor del refractario.
1 año y seis meses	Cambio de boquillas de los quemadores.
2 años	Cambio de engranes de las cajas reductoras. Cambio de cojinetes de los motores eléctricos.
3 años	Cambio de recubrimiento interno de ladrillo refractario de los hornos rotativos.

Fuente: elaboración propia.

4.11. Percances y posibles soluciones

El horno no calienta

- Chequear que el quemador no esté obstruido
- Revisar válvulas de paso de aire y combustible
- Deflector del aire de salida del quemador sucio
- Salida de combustible del quemador obstruida
- Tuberías obstruidas

No funciona el ventilador

- Chequear que el motor esté girando
- Verificar que la faja se encuentra en buen estado

Los hornos rotativos no giran

- Chequear que el motor esté girando
- Chequear que la caja reductora no esté atascada
- Verificar que la cadena transmisora esté en buen estado
- Observar el estado de los rodamientos

No funciona el agitador

- Verificar que la faja se encuentra en buen estado
- Chequear que el plomo contenido esté suficientemente caliente para ser agitado
- Chequear que el motor gire y que el eje transmisor esté en buen estado

No funciona el motor eléctrico

- Revisar que el interruptor esté encendido
- Verificar que el motor esté bien conectado a la línea eléctrica
- Chequear que el mecanismo que mueve no esté atascado

4.12. Sugerencias al personal

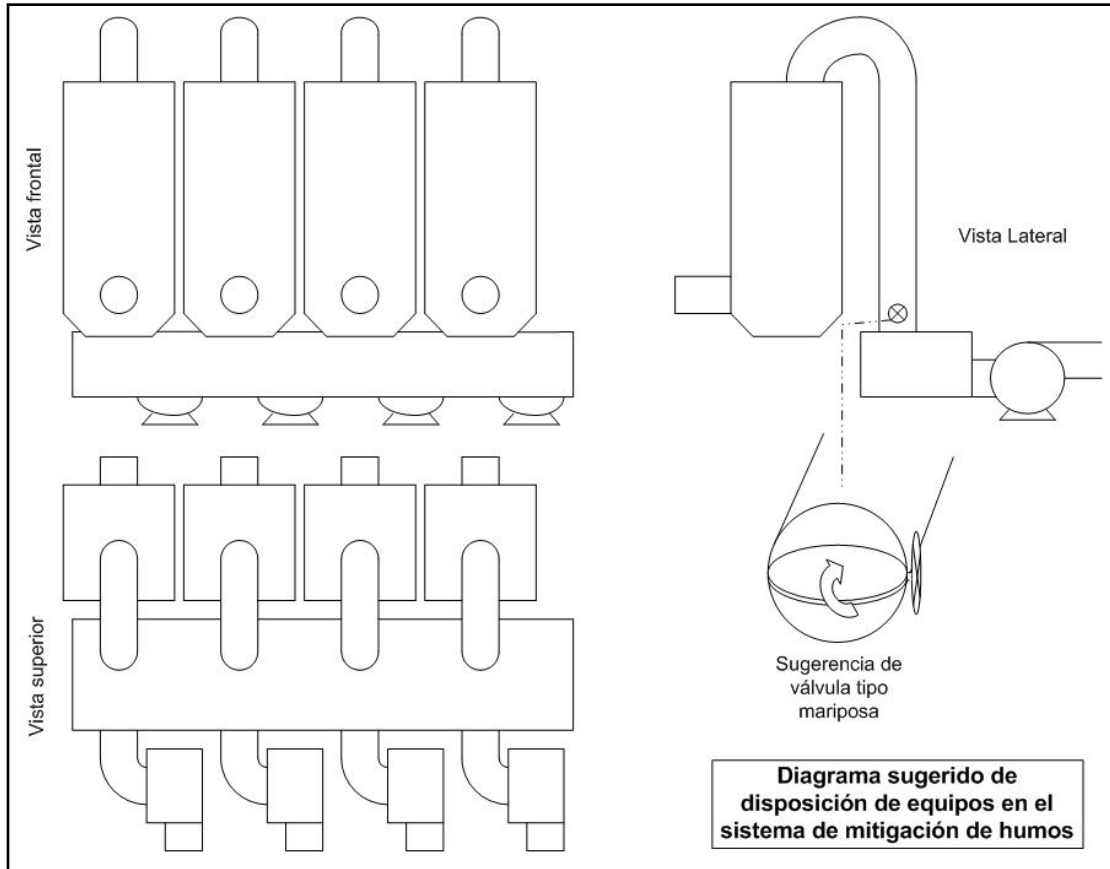
- Utilizar siempre la vestimenta y el equipo adecuado para protegerse del calor y las chispas
- Seguir los lineamientos de seguridad y tener identificadas las rutas y equipos de emergencia
- Mantener limpia el área y libre de contenedores que impidan el paso
- Revisar periódicamente el funcionamiento de la maquinaria y observar la densidad de los humos residuales por posibles problemas
- Si algún horno llega a fallar: apagar el quemador, cerrar la línea de combustible y de aire e informar al equipo de mantenimiento

4.13. Actividades realizadas

- Asesoramiento para el diseño de un nuevo sistema de mitigación de humos: se replanteó el diseño del sistema de mitigación de humos en función de reducir los paros en los diferentes hornos.

En la figura 18 se puede observar un diagrama con la disposición sugerida de los equipos, la propuesta se basó en que los ventiladores para succión de humos deben estar alojados en un mismo sistema de aire después de los filtros de mangas donde converjan las líneas provenientes de todos los hornos, y por medio de válvulas de tipo mariposa cerrar las líneas que conducen los humos; esto para poder mejorar el mantenimiento ya sea de los hornos o de los ventiladores sin necesidad de hacer un paro general o de una sección completa y manteniendo el poder de succión de todos los ventiladores.

Figura 18. **Diagrama sugerido de disposición de equipos en el sistema de mitigación de humos**



Fuente: elaboración propia.

- Asesoramiento para el diseño del mecanismo tipo tornillo sin fin: se dieron ideas para modificar el nuevo sistema de carga de hornos rotativos, esto para depositar la carga en el horno de vertedero central como reemplazo más eficiente y seguro que el método actual, que consiste en tirar la carga dentro del horno por medio de palas de mano.

CONCLUSIONES

1. En la planta de reciclaje no existía un programa de mantenimiento definido para los diferentes equipos del área de hornos, no se tenían registros sobre la información de los equipos y el mantenimiento era muy poco documentado y especificado. Se elaboró el programa en base a manuales y la experiencia del personal de mantenimiento.
2. Este programa debe de ser constantemente actualizado y revisado según información que se obtenga de los fabricantes de los equipos, del personal que labora y mantiene contacto con los hornos y del personal de mantenimiento.
3. Programar los mantenimientos tratando de reducir los tiempos de paro del equipo, esto se puede lograr teniendo en bodega los repuestos e insumos necesarios para minimizar tiempos de intervenciones, así como realizando el mantenimiento en días donde hayan programados paros como domingos o días feriados, también se puede lograr realizando un máximo de intervenciones posibles tanto planificadas como pendientes que estén a fechas cercanas aprovechando para no volver a detener la maquinaria.
4. Se debe de mejorar el sistema de carga y descarga para evitar desperdicios, así como la vestimenta utilizada por los operarios de los hornos a fin de reducir el riesgo humano en especial al momento de realizar la colada.

5. El trabajo de calentamiento y extracción del plomo es basado en la experiencia, no se cuenta con suficiente equipo de medición, siendo esto inadecuado y peligroso, esto también influye en la calidad del plomo, la cantidad de combustible desperdiciado y en los gases generados por la combustión.

RECOMENDACIONES

1. Implementar y darle el seguimiento debido al programa de mantenimiento preventivo en el área de hornos fundidores de plomo de la planta de reciclaje de la empresa IBERIA S.A.
2. Capacitar al personal en la operación de la maquinaria y los procesos de carga y descarga de los hornos así como de su debido mantenimiento y la documentación que se debe de llenar para su correcto control.
3. Documentar por medio de las órdenes de trabajo, reportes de trabajo e historial de mantenimiento todos los mantenimientos e inspecciones realizadas a los equipos.
4. Recopilar toda la información de los equipos cuando se les realice el mantenimiento e inspeccionar por problemas, esto ayudará a realizar una mejor planificación del mantenimiento en especial de equipos nuevos.
5. Implementar el equipo mínimo de medición adecuado para el correcto control de todos los equipos, tales como caudalímetros para gases de escape, sensores de oxígeno e indicadores de temperatura en los hornos y las tuberías de mitigación de humo, esto para reducir gastos innecesarios de combustible, mantener la calidad del producto y para cumplir con las normas ISO 14000 sobre la emisión de desechos al ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene A.; BAUMEISTER, Theodore. Manual del Ingeniero mecánico. Noriega, Francisco (trad.). 9a ed. México: McGraw-Hill, 2003. 2091p. ISBN: 97-010-0662-3.
2. DUFFUA, Salih; RAOUF, A.; CAMPBELL, John Dixon. Sistemas de mantenimiento: planeación y control. México: Limusa, 2002. 415 p. ISBN: 96-818-5918-9.
3. Fire-All Dual-Fuel Burners. Cleveland: Fives North American, 2011. Boletín 6514.
4. _____. Cleveland: Fives North American, 2004. Boletín 6422.
5. Información de usuario para transporte, instalación, funcionamiento, mantenimiento y seguridad de ventiladores IGW y accesorios. Reino Unido: Fan Systems Group, 2002. 31 p.
6. VILLEGAS DÍAZ, Juan. Mantenimiento de refractario en hornos rotativos. Escuela Politécnica Superior - Universidad de Sevilla, 2007. 37 p.
7. Operation and maintenance manual of three-phase induction motors, ABB.
8. Prácticas y opciones para el manejo ambientalmente adecuado de baterías de plomo-ácido usadas en América del Norte. Quebec: Comisión para la cooperación ambiental, 2007. 56 p.

9. REY SACRISTÁN, Francisco. Manual del mantenimiento integral en la empresa. Madrid: Fundación CONFEMETAL, 2001. 465 p. ISBN: 84-954-2818-0.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene A.; BAUMEISTER, Theodore. *Manual del Ingeniero mecánico*. Noriega, Francisco (trad.). 9na ed. México: McGraw-Hill, 2003. 2091p. ISBN: 97-010-0662-3.
2. DUFFUA, Salih; RAOUF, A.; CAMPBELL, John Dixon. *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México: Limusa, 2002. 415 p. ISBN: 96-818-5918-9.
3. Fire-All Dual-Fuel Burners. Cleveland: Fives North American, 2011. Boletín 6514.
4. ----- . Cleveland: Fives North American, 2004. Boletín 6422.
5. Información de usuario para transporte, instalación, funcionamiento, mantenimiento y seguridad de ventiladores IGW y accesorios. Reino Unido: Fan Systems Group, 2002. 31 p.
6. Mantenimiento de refractario en hornos rotativos. Escuela Politécnica Superior - Universidad de Sevilla, 2007. 37 p.
7. Operation and maintenance manual of three-phase induction motors, ABB.
8. Prácticas y opciones para el manejo ambientalmente adecuado de

baterías de plomo-ácido usadas en América del Norte. Quebec:
Comisión para la cooperación ambiental, 2007. 56 p.

9. VILLEGAS DÍAZ, Juan; REY SACRISTÁN, Francisco. Manual del
mantenimiento integral en la empresa. Madrid: Fundación
CONFEMETAL, 2001. 465 p. ISBN: 84-954-2818-0.