



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

**PLAN DE RESTAURACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DIARIO DE MÁQUINA BÁSICA AA, EN PLANTA DE  
MANUFACTURA DE PILA SECA**

**Mauricio Castillo Villeda**

Asesorado por el Ing. Byron Estuardo Ixpata Reyes

Guatemala, abril 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE RESTAURACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DIARIO DE MÁQUINA BÁSICA AA, EN PLANTA DE  
MANUFACTURA DE PILA SECA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MAURICIO CASTILLO VILLEDA**

ASESORADO POR EI ING. BYRON ESTUARDO IXPATA REYES  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hernán Cortés Urioste
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Cesar Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **PLAN DE RESTAURACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE MÁQUINA BÁSICA AA, EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PILA SECA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 30 de mayo 2007.

Mauricio Castillo Villeda

Guatemala, 16 de Octubre 2007

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Ingeniero Francisco Gómez  
Facultad de ingeniería

Por este medio hago constar que he finalizado el asesoramiento del trabajo de tesis del alumno Mauricio Castillo Villeda, con carnet No.200010655 quien realizó la investigación titulada: **“Plan de restauración y propuesta de mantenimiento preventivo diario de máquina básica AA, en planta de manufactura de pila seca”**.

Considero que el trabajo realizado llena con todos los requerimientos que la facultad establece, por lo que solicito que el alumno pueda continuar con los trámites pertinentes.



---

Ing. Byron Estuardo Ixpata Reyes  
Col 6791

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PLAN DE RESTAURACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE MÁQUINA BÁSICA AA, EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PILA SECA**, presentado por el estudiante universitario **Mauricio Castillo Villeda**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Una firma manuscrita en tinta que parece ser 'Miriam Patricia Rubio de Akú'.

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú  
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial

MIRIAM PATRICIA RUBIO CONTRERAS  
INGENIERA INDUSTRIAL  
COL. No. 4074

Guatemala, marzo de 2008.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PLAN DE RESTAURACIÓN Y PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE MÁQUINA BÁSICA AA, EN PLANTA DE MANUFACTURA DE PILA SECA**, presentado por el estudiante universitario **Mauricio Castillo Villeda**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Ing. José Francisco Gómez Rivera**  
**DIRECTOR**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, abril de 2008

## **ACTO QUE DEDICO A**

### **MIS PADRES**

Rodolfo y Consuelo, por apoyarme en todo momento, ser mis maestros de vida, y darme la oportunidad de estudiar.

### **MIS HERMANOS**

Rodolfo y Miriam, por ser un ejemplo a seguir y hacerme sentir siempre orgulloso de ser su hermano, no me imagino mejores hermanos que ustedes dos.

### **MI FAMILIA**

A mis tías y a mi tío, siempre estuvieron ahí cuando necesite de su ayuda, en especial a Carmelina, Lidia y Lily, y mis primos Pablo, Karina y Lucia.

### **VANESSA**

Gracias por el apoyo incondicional que siempre me haz dado, por hacerme sentir la persona mas afortunada al tenerte a mi lado, y ser siempre mí amiga. Te Amo mas que nunca.

### **MIS AMIGOS**

Carranza, Vides, Sergio, José Carlos y Pedro, por hacer de la Universidad una experiencia inolvidable y llena de buenas anécdotas. A Julio, Jaime y Gemmell, por su amistad de siempre.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por permitirme compartir este logro con mis seres queridos.

### **MI ASESOR**

Ing. Byron Ixpata, por ser un guía en la elaboración de este trabajo de graduación.

### **RAYOVAC**

Por permitirme realizar este trabajo en las instalaciones de su empresa.

### **ISABEL DE BLANDING**

Gracias por ayudarme en los aspectos finales de este trabajo de graduación.

### **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS**

Porque durante 5 años se convirtió en mi segunda casa, y me brindó las herramientas para empezar a desarrollarme como profesional.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XIII
<b>OBJETIVOS</b>	XV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XVII
<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1.    Reseña histórica de la empresa	1
1.2.    Descripción del producto	1
1.2.1.  Materias primas que se utilizan	3
1.2.1.1.  Zinc	3
1.2.1.2.  Mezcla	4
1.2.1.3.  Dióxido de manganeso	5
1.2.1.4.  Carbón negro	5
1.2.1.5.  Electrolito	6
1.2.1.6.  Inhibidores de corrosión	6
1.2.1.7.  Electrodo (barra de carbón)	7
1.2.1.8.  Papel separador (Methocel)	8
1.2.1.9.  Roldana de papel	8
1.2.1.10  Sello de asfalto	8
1.2.1.11  Etiqueta	9
1.2.1.12  Contactos eléctricos	9

1.2.2.	Estructura de la pila AA	9
1.2.3.	Funcionamiento de la pila	10
1.3	Generalidades de la máquina básica (Minirovac)	11
1.3.1.	Trabajo que desempeña	11
1.3.2.	Áreas en que se divide la máquina básica AA	12
1.3.2.1.	Estación de vaso	12
1.3.2.2.	Estación de separador	12
1.3.2.3.	Estación de fondo de papel	12
1.3.2.4.	Estación de tamper	13
1.3.2.5.	Estación de compactación	13
1.3.2.6.	Estación de compresión	14
1.3.2.7.	Estación de moldeado	14
1.3.2.8.	Estación de casquillo	14
1.3.2.9.	Prueba eléctrica	14
1.3.2.10.	Estación de Jig	14
<b>2.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE MÁQUINA BÁSICA AA.</b>	
2.1.	Diagrama de flujo de proceso	15
2.2.	Ventajas y desventajas de la situación actual de las Máquinas básicas (Minirovacs)	17
2.3	Estado mecánico en que se encuentran las máquinas	18
2.4.	Problemas mecánicos más comunes	19
2.4.1.	Estación de papel liner	20
2.4.2.	Estación de roldana de fondo	22
2.4.3.	Estación de tamper	23
2.4.4.	Estación de roldana de compresión	24
2.4.5.	Estación de salida de jig	25

2.5.	Mantenimiento preventivo regular que se práctica en las máquinas	26
2.5.1.	Lubricación periódica	28
2.5.2.	Cambio de martillo y bujes	29
2.5.3.	Filo y/o cambio en troqueles de roldana	30
2.4.4.	Cambio de guías	31
2.4.5.	Sustitución de rodamientos y chumaceras	32
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DEL PLAN DE RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO EN LAS MÁQUINAS BÁSICAS.</b>	
3.1.	Identificación de anomalías en la estructura de las Máquinas básicas (minirovacs)	35
3.2.	Limpieza general de las máquinas	36
3.2.1.	Partes que requieren mayor control de Mantenimiento	37
3.2.1.1.	Unidades de mantenimiento de aire	37
3.2.1.2.	Sistema de papel methocel (liner)	38
3.2.1.3.	Sistema de electroválvulas	39
3.3.	Retiro, sustitución y calibración de piezas	40
3.3.1.	Retiro de piezas ajenas al diseño original	40
3.3.2.	Sustitución con piezas adecuadas	42
3.3.3.	Calibración de nuevas piezas	43
3.3.4.	Pruebas en producción	44
3.4.	Aplicación de pintura anticorrosivo	45
3.5.	Mantenimiento preventivo diario en máquinas básicas	46
3.5.1.	Revisión	48

3.5.1.1.	Revisión visual de piezas	49
3.5.1.2.	Medición de piezas	51
3.5.1.3.	Evaluación y toma de decisión en posible cambio de piezas	52
3.5.2.	Limpieza	54
3.5.2.1.	Limpieza de troqueles	54
3.5.2.2.	Limpieza de guías y chifles	55
3.5.2.3.	Limpieza de unidades de mantenimiento y neumáticos	56
3.5.2.4.	Limpieza de sensores eléctricos y electroválvulas	57
3.5.3.	Lubricación	58
3.5.3.1.	Tipos de aceites a utilizar	60
3.5.3.2.	Lubricación en bujes, cadenas, levas, guías, rodamientos y ejes	63
3.5.3.2.1	Bujes	63
3.5.3.2.2	Cadenas	63
3.5.3.2.3	Levas	63
3.5.3.2.4	Guías	64
3.5.3.2.5	Rodamientos	64
3.5.3.2.6	Ejes	64
3.5.3.3.	Inspección de residuos de metales en lubricantes	65
3.5.4.	Monitoreo	65
3.5.4.1.	Métodos de control	66
3.5.4.2.	Actualización de reportes	72
3.5.4.3.	Designación de órdenes de trabajo	72

<b>4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN</b>	
4.1. Responsables de los trabajos de restauración	75
4.2. Responsables del mantenimiento diario	75
4.3. Tiempos estimados de implementación del plan	77
4.4. Recursos a utilizar	78
<b>5. SEGUIMIENTO Y MEJORA</b>	
5.1 Evaluación de resultados	81
5.2 Toma de desiciones	82
5.3 Mejora continua	86
5.4 Acciones a tomar	87
<b>CONCLUSIONES</b>	89
<b>RECOMENDACIONES</b>	91
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	93



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

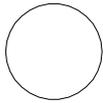
## FIGURAS

1	Partes de la pila	9
2	Flujograma de máquina básica AA	15
3	Estación de liner	21
4	Estación de roldadas de papel	23
5	Estación de jig y guías	26
6	Comparación entre máquinas	29
7	Buje y martillo	30
8	Estación de guías	31
9	Lubricación de chumacera	33
10	Unidades de mantenimiento neumático de las máquinas	37
11	Estación de papel methocel	38
12	Electroválvula	39
13	Tiempos estimados de implementación del plan	77
14	Organigrama del proyecto	78
15	Problemas mecánicos más comunes	84
16	Causas de paros mecánicos más comunes	85

## TABLAS

I	Estadística de causa	20
II	Piezas que se sustituyen con mayor frecuencia	41
III	Formato de revisión	50
IV	Tolerancia en pieza	52
V	Evaluación de sistema de transmisión	53
VI	Formato de mantenimiento en sistema de transmisión máquina básica AA	67
VII	Formato de mantenimiento estación de methocel máquina básica AA	68
VIII	Formato de mantenimiento estación de fondo y compresión máquina básica AA	69
IX	Formato de mantenimiento de estación de tamper, máquina básica AA	70
X	Formato de mantenimiento de estación de tamper, máquina básica AA	71
XI	Reporte diario de producción, copia en formato excel	73
XII	Responsabilidades del personal	76

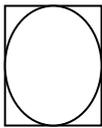
## LISTA DE SÍMBOLOS



Operación



Inspección



Inspección y proceso



## GLOSARIO

<b>Línea Rocket</b>	Conjunto de máquinas encargadas de finalizar el proceso de construcción de la pila “AA”. Esta línea tiene como función insertar el carbón en la semipila, colocarle la roldana de asfalto, asfaltar la semipila, cerrarla, realizarle la prueba eléctrica y encajonarla en cajas de madera.
<b>Minirovac</b>	Máquina básica cuya función es la de construir la semipila “AA”. Esta se encarga de agregar todos los componentes al vaso, tales como: papel methocel, roldana de compresión y casquillo. Además realiza una prueba eléctrica a la semipila.
<b>Cabeza martillo</b>	Herramienta de compactación de mezcla en la estación de tamper de las minirovacs.
<b>SAE</b>	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
<b>Tamper</b>	Estación que tiene como función de introducir en el vaso de cinc la cantidad de mezcla necesaria para cada pila.
<b>Troquel</b>	Herramienta de acero y carburo de tungsteno que se utiliza para perforar y hacer roldadas de cartón.
<b>Stellite</b>	Aleación de acero anticorrosivo.



## RESUMEN

Una empresa manufacturera para considerarse competitiva ante la competencia actual, no sólo debe disminuir costes de producción, sino también debe mantener los niveles de eficiencia del estándar requerido. De esta manera se cumplen con anticipación los pedidos y se pueden realizar paros programados que ayudan al personal de mantenimiento a realizar trabajos más profundos en las máquinas.

En el presente trabajo de graduación se expondrán las deficiencias actuales que se tienen en las máquinas básicas (minirovacs), y cómo estas deficiencias inciden directamente en la eficiencia de la línea de producción. Las mejoras que se pueden realizar para su funcionamiento mecánico. Y posteriormente se propondrá el mantenimiento y seguimiento que se debe de dar, para que no vuelvan a tener problemas similares en el futuro.

Como primer punto, se describirá el proceso de fabricación de la pila, los materiales que se utilizan, funcionamiento en general, con el fin que el lector conozca más el producto que se elabora en la línea de producción. Seguidamente se describe el trabajo que desempeña la máquina a evaluar, y cada una de sus partes

Posteriormente, se describe la situación actual de las máquinas mediante un diagrama de flujo donde se puede visualizar el proceso en donde el vaso se convierte en semipila, además de las diferentes estaciones por las que pasa y sus problemas más comunes.

Se proponen mejoras en las máquinas y los métodos de control para dar continuidad a dichas propuestas.

En el presente trabajo de graduación se muestra la forma como se implementará la restauración y mantenimiento preventivo, recursos que se utilizarán, tiempo y designación de tareas. Por último se propone un seguimiento y una mejora continua, para mantener una retroalimentación constante y mejoras posteriores.

# OBJETIVOS

## General

Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo diario en las minirovacs, que incluya revisiones, limpiezas, lubricación y cambios de piezas cuando así lo amerite.

## Específicos

1. Identificar los problemas más comunes generados por la inexistencia de mantenimientos diarios, así como las acciones a tomar en su corrección.
2. Proveer de las herramientas necesarias para que operadores y mecánicos puedan realizar el mantenimiento diario con la ayuda de reportes, monitoreos y capacitaciones.
3. Identificar variaciones en la estructura de las máquinas básicas AA y buscar soluciones prácticas que no se alejen del diseño original, que den la pauta para una restauración a mediano plazo.
4. Proponer una forma más confiable y automatizada para extender los órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo.



## INTRODUCCIÓN

Las Máquinas Básicas son indispensables en la elaboración de la pila de Zinc-Carbón, en estas se llevan a cabo la mayoría de procesos que la producen, y se conjugan las materias más importantes que contienen la pila.

Sin embargo el pobre mantenimiento preventivo diario que se tiene en estas máquinas y los constantes cambios en el diseño original de la misma, han generado que poco a poco se vayan volviendo menos predecibles en su funcionamiento y por tanto menos eficientes.

Unas de las principales causas de estos problemas, se generan por las malas prácticas de manufactura empleadas por operadores y mecánicos en la línea, inexistente programación de mantenimiento, limpieza y lubricación diaria en las máquinas y unidades de mantenimiento, constante adición de piezas que generan variación en el diseño original de estas, entre otras.

Es importante realizar una propuesta de restauración externa de las máquinas, conjunto a un plan de mantenimiento corto diario que incluya limpieza, lubricación y monitoreo de piezas claves, procurando que las máquinas no se deterioren y deprecien, que éstas sean más confiables y se encuentren en disponibilidad de producir en cualquier momento que se requiera.



# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Reseña histórica de la empresa**

Es una empresa que se fundó en Guatemala en el año de 1961, inicialmente se instaló con capital guatemalteco dedicada a la fabricación de pilas secas de carbón, con el nombre DURALUX, S.A. A través de los años llamo la atención de una marca de pila de origen norteamericano fundada en 1906 en Madisson W. Llamada Rayovac, desde entonces la marca de pila pasa a ser Rayovac, aunque la empresa se siguió llamando Duralux, S.A.

Actualmente Rayovac Guatemala es la fábrica de pilas secas de carbón más grande de Latinoamérica, y esta instalada en la zona 6 de la ciudad de Guatemala. Cuenta con una extensión de 3.5 manzanas.

## **1.2. Descripción del producto**

Una batería es un dispositivo que convierte la energía química contenida en los materiales activos, en energía eléctrica, mediante una reacción de oxido reducción (redox). En este tipo de reacciones se da una transferencia de electrones de un material a otro mediante un circuito eléctrico.

Una batería consiste primordialmente en tres elementos principales, siendo estos:

a) El ánodo o electrodo negativo, es quien pierde o cede electrones a un circuito externo, esta transferencia se conoce como oxidación y se da durante la reacción electroquímica.

b) El cátodo o electrodo positivo, es quien recibe o gana electrones, esta aceptación se conoce como reducción y se da durante la reacción electroquímica.

c) El electrolítico es el medio de transferencia de electrones como iones, dentro de la pila entre el ánodo y cátodo. El electrolítico es un medio por lo general líquido, como el agua u otros solventes, con sales disueltas, ácidos o álcalis. Algunas baterías usan electrolíticos sólidos, en donde la conducción iónica depende de la temperatura generada dentro de la pila.

La alta capacidad y voltaje de una pila depende en gran parte del tipo de material que se desee utilizar como ánodo y cátodo. Algunas combinaciones no son siempre prácticas, pues dificultan el manejo, la polarización y afectan el costo.

Por lo general, en la práctica los ánodos son elegidos con las siguientes propiedades:

1. Eficiente como agente reductor
2. Alta capacidad de salida (Ah/g)
3. Buena conductividad
4. Buena estabilidad
5. Fácil de fabricar y al menor costo

Los ánodos son metales, el zinc es uno de ellos, que tiene bastante aceptación, debido a sus propiedades favorables. Aunque el Lithium es un atractivo suplente del zinc, debido a su alta compactibilidad con los muchos electrolíticos y diferentes diseños de pila.

Los cátodos son elegidos en base a las características siguientes:

1. Eficiente como agente oxidante
2. Que sea estable en contacto con el electrolítico
3. Genere un máximo de voltaje utilizable.

El electrolítico tiene que ser un buen conductor iónico, pero no eléctrico, también debe ser no reactivo con los materiales de los electrodos. Algunos electrolíticos son soluciones acuosas, y otros sólidos, tal y como lo muestran las baterías de ánodos de lithium, en donde se mezclan sales y otros electrolíticos no acuosos para generar la reacción electroquímica.

Físicamente, dentro de la pila para prevenir corto-circuitos internos, el ánodo y el cátodo están envueltos electrónicamente por medio del líquido electrolítico y un material que por lo general es derivado de almidón sirve para separar ambos electrodos mecánicamente.

### **1.2.1 Materias primas que se utilizan**

En la elaboración de la pila AA se utilizan varias materias primas, que van desde papeles de distintos calibres, hasta químicos en forma sólida que en algunos casos son corrosivos y de especial manejo. Otras materias primas representan un costo significativo en la elaboración de la pila, por lo que su manejo debe ser monitoreado constantemente, para evitar desperdicios que encarezcan el producto final.

#### **1.2.1.1. Zinc**

El grado para baterías es de 99.99%. La aleación típica en la ficha de zinc para baterías es de 0.3% cadmio y 0.6% de plomo. Las técnicas modernas de lubricación y moldaje han logrado reducir estas cantidades. Por lo general la aleación de zinc hoy en día esta de la manera siguiente: 0.03%-0.06% de cadmio y 0.2%-0.4% de plomo.

El contenido de estos materiales puede variar de acuerdo al método de moldeado utilizado en el proceso. El plomo en la aleación cumple con la función de ayudar al moldeado del vaso de zinc, una cantidad excesiva de plomo haría que el zinc se debilitara. El plomo también actúa como un inhibidor de la corrosión, aumentando la tensión del hidrógeno en el zinc, de la misma forma que el mercurio lo hace. El cadmio también actúa como un protector de la corrosión del zinc contra los electrolitos comunes de una pila seca y ayuda a dar rigidez a la aleación con el plomo.

#### **1.2.1.2. Mezcla**

La mezcla es el electrodo positivo, el cual también recibe los nombres de de bobina, despolarizador, o cátodo. Es una mezcla de polvo húmedo de dióxido de manganeso, carbón negro pulverizado y electrolito compuesto por cloruro de amonio o cloruro de zinc y agua. El carbón pulverizado tiene doble propósito, el primero es añadir conductividad eléctrica al dióxido de manganeso, el cual por si mismo tiene una alta resistencia eléctrica y también es un retenedor de electrolito en otras palabras, retiene humedad. El proceso de formación y mezclado del cátodo o de la bobina es muy importante ya que desde ahí se determina la homogeneidad de la mezcla y las características de compactación asociadas con los diferentes métodos de manufactura. En las pilas de cloruro de zinc la formación de la bobina es más delicada, pues lleva el electrolito en proporciones que oscilan entre el 60-75% por volumen.

De los varios métodos de formación disponibles, el mezclado por extrusión y compactación – inserción, son los dos mas usados. En el otro lado, hay una gran variedad de técnicas para mezclar. El método más popular es el estilo cemento y el molidor por rotado, ambos tienen la ventaja de poder proporcionar grandes cantidades de mezcla en poco tiempo y no dañan la molécula del negro de humo.

### **1.2.1.3. Dióxido de Manganeso**

Los tipos de dióxido de manganeso se clasifican en las siguientes categorías: dióxido de manganeso natural (NMD), dióxido de manganeso químicamente sintetizado (CMD), dióxido de manganeso activo (AMD), dióxido de manganeso electrolito (EMD).

El dióxido de manganeso electrolítico es de mayor costo, pero también el que mayor capacidad de duración provee a la pila, por tal motivo se utiliza en la fabricación de pilas "*heavy duty*" o de larga duración. Es importante mencionar que el dióxido de manganeso electrolítico tiene la característica de reducir significativamente la polarización en comparación con los otros dióxidos de manganeso.

La cantidad de dióxido de manganeso que lleve la pila determina el potencial y la capacidad de esta. El potencial del dióxido de manganeso es afectado también por el pH del electrolito. Las características del diseño dependen también del estado cristalino, el estado de hidratación y la actividad del dióxido de manganeso. La eficiencia depende altamente del electrolito, las características del separador, la resistencia interna.

### **1.2.1.4. Carbón negro**

Debido a que el dióxido de manganeso es un pobre conductor eléctrico, es necesario incrementar dicha conductividad con carbón pulverizado o químicamente inerte, este se mezcla con el dióxido de manganeso durante el proceso de mezclado, aumentando así la conductividad en la superficie de la partícula. Otra función principal del carbón es la de retener el electrolito y mejorar la compresibilidad y elasticidad de la mezcla (cátodo) durante el proceso.

El grafito fue una vez el principal carbón negro utilizado, y aún en ciertos procesos se emplea. El acetileno negro, por sus virtudes ha desplazado al grafito en sus funciones dentro de la pila. Una gran ventaja del acetileno negro es su capacidad de retención de electrolito en la mezcla del cátodo. Este componente es sumamente delicado a tal punto que cuando se esta en el proceso de mezclado si no se es cuidadoso, puede provocar que las partículas se rompan y así disminuya su capacidad de retención de electrolito.

#### **1.2.1.5. Electrolito**

Una pila ordinaria de Leclanché utiliza una mezcla de cloruro de amonio y cloruro de zinc, a diferencia de la pila de cloruro de zinc que contiene una cantidad insignificante de cloruro de amonio, este último no se elimina por completo para asegurarse un buen desempeño de la pila. Por lo general no hay una regla que indique en que proporciones debe de usarse el cloruro de zinc y el cloruro de amonio en una pila de cloruro de zinc, esto dependerá de cuan buen rendimiento desee el fabricante que su pila tenga.

#### **1.2.1.6. Inhibidores de corrosión**

El clásico inhibidor es el mercurio o cloruro mercurioso, el cual forma una amalgama con el zinc. El cadmio y el plomo que se encuentra formando aleación con el zinc también proveen al ánodo de zinc protección contra la corrosión. Otros materiales como el cromato de potasio y el dicromato de potasio, son usados satisfactoriamente en forma de pasta, formando una lamina en el zinc que protege en forma pasiva de la corrosión. El compuesto orgánico activo en la superficie, el cual recubre al zinc, usualmente se encuentra en la solución y mejora las características de humedad unificando así el potencial. Los inhibidores por lo general se introducen en la pila vía el electrolito, aunque también se puede hacer mediante un recubrimiento en el papel separador.

Con lo que respecta con el cuidado del medio ambiente es importante indicar que en algunos países esta prohibido usar este material en las baterías secas al igual que el cadmio, esta disposición puso en problemas a los fabricantes de pilas secas en dos puntos importantes, el sellado y los derrames. Pilas que tenían un electrolito con pH bajo tiene el problema de crear gases de hidrógeno (hinchaban la pila) que reaccionan con la disolución del zinc, provocando derrames pues el sello de la pila es vencido. Hay ciertos materiales que han sido propuestos para sustituir al zinc en las pilas, tales como el indio, plomo y bismuto, todos ellos son introducidos a la pila mediante el zinc (aleaciones) o en el electrolito. En el área de los compuestos orgánicos podemos mencionar a los glicoles y silicatos como alternativas.

#### **1.2.1.7. Electrodo (barra de carbón)**

La barra de carbón cilíndrica se inserta dentro de la bobina, para cumplir con la función de recolector de corriente, por lo cual esta materia prima debe de poseer una mínima resistencia eléctrica. Este tipo de carbón debe de tener un nivel de porosidad, para poder absorber los gases que se producen durante la reacción de descarga o bien por el almacenamiento y evitar así que la pila se hinche o se derrame. Con la introducción de la barra de carbón dentro de la bobina, se hace necesario hacer un sello que actúe como un sello positivo, es decir que no permita el ingreso del oxígeno a la pila, pues esto ocasionaría que esta se seque y se pierda, para dicho sello se utiliza asfalto, el cual sella todo el contorno del carbón y toda la orilla de la pila.

#### **1.2.1.8. Papel separador (methocel)**

El papel separador aísla físicamente e ínsula eléctricamente al zinc (negativo) de la bobina (positivo), pero permite que la conducción iónica ocurra vía el electrolito. Las dos formas más usuales del separador son la pasta en gel y el papel cubierto con cereal o metil celulosa (*methylcellulose*). Para las pilas presentadas en este trabajo, se emplea papel impregnado con colorante, almidón, pva, benzoato de sodio y agua. El papel es envuelto en grandes bobinas que luego son llevadas una cortadora para darle las dimensiones según el vaso de zinc, una vez logrado lo anterior el papel es introducido en el vaso para luego colocar la roldana de fondo, mezcla, carbón y roldana de sello. La idea primordial es que el papel separador sea lo más delgado posible para que ocupe menos espacio y así se pueda acomodar mayor material activo.

#### **1.2.1.9. Roldanas de papel**

Las roldadas de papel son las encargadas de evitar contacto entre cátodo y ánodo, y también de crear cámaras de aire donde se acumulan los gases liberados por la pila cuando se sella. Existen tres clases principales de roldanas: roldana de fondo, roldana de compresión y roldana de Asfalto.

#### **1.2.1.10. Sello de asfalto**

El sello para encerrar los materiales activos puede ser asfalto, cera, resina o plástico (Polietileno o polipropileno). El sellado es importante para hacer la pila portable, prevenir la perdida de humedad y prevenir el fenómeno de corrosión, que es cuando ingresa el oxígeno a la pila.

Como se mencionó antes, la pila cuando reacciona produce gases, los cuales son absorbidos por el carbón poroso, mientras esto sucede la pila tiende a expandirse, por lo que hay que tener una cámara de aire que se

encuentra entre la roldana de compresión y la de roldana de sello, el asfalto es depositado encima de la roldana de sello.

#### 1.2.1.11. Blindaje o etiqueta

El blindaje de la pila puede ser hecho de varios materiales: metal, papel, plástico, polímero, etc. El blindaje provee a la pila de rigidez, protección, prevención de derrames, insulación eléctrica, decoración y un sitio para colocar el logo del fabricante.

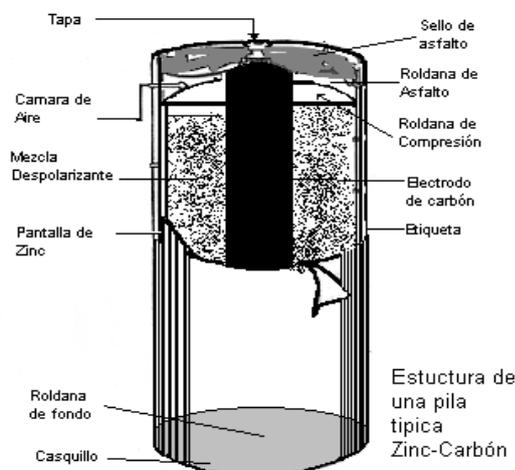
#### 1.2.1.12. Contactos eléctricos

Los contactores eléctricos del polo positivo y negativo tienen que tener la característica de ser de un material con baja resistencia eléctrica, este es acoplado a la pila por medio de una copa, misma que se encuentra contenida en la máquina cerradora. Tiene la función de transmitir los iones que recolecta el electrodo o barra de carbón, además evita que cualquier parte del vaso del zinc este expuesta al ambiente,

### 1.2.2 Estructura de la pila AA

En la siguiente gráfica se puede observar la estructura, describiendo los materiales que componen la pila zinc carbón.

Figura 1. Partes de la pila



Fuente: Manual de la pila, pagina 14

### 1.2.1 Funcionamiento de la pila

La pila más popular y utilizada es la del tipo zinc-carbón, a veces denominada leclanche. En esta pila el electrodo positivo es de carbón C y el negativo de zinc (Zn). El electrolito es un producto químico conocido como cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), frecuentemente llamado sal de amoníaco. El electrodo negativo es de la forma del recipiente y contiene la totalidad de la pila. El elemento positivo tiene la forma de una varilla de carbón y está colocado en el centro de la pila. El electrolito está mezclado con almidón o con harina formando una pasta. Es decir que una pila seca, realmente no es seca. En efecto, cuando el electrolito se seca, la pila deja de funcionar. Alrededor del electrodo de carbón se coloca una capa de dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ) finamente pulverizado que actúa como despolarizador.

Cuando la pila trabaja correctamente, entre los terminales positivo y negativo aparece una diferencia de potencial (o voltaje) de 1.5 volts. Cuando la pila se agota, ya sea porque se ha secado el electrolito, o porque se ha gastado la cubierta de zinc, la tensión entre los terminales disminuye. Alrededor de 1,1 volts (descargada) este tipo de pila es inútil para la mayoría de las aplicaciones, ya no puede volver a cargarse, y debe ser descartada.

Los elementos funcionales de una pila seca son el electrodo negativo (el recipiente de zinc que alberga los materiales de la pila), el electrodo positivo (la varilla de carbono y la mezcla de carbono y dióxido de manganeso que la rodea) y el electrolito, una pasta de cloruro de amonio y cloruro de zinc situada entre los dos electrodos. Esta pasta permite que se produzca una reacción química en la que están implicados los constituyentes de ambos electrodos, y que da lugar a una corriente eléctrica al conectar los electrodos mediante un conductor.

### **1.3 Generalidades de la máquina básica AA**

Las máquinas básicas AA, fueron diseñadas y elaboradas en los talleres de la fábrica Rayovac, su diseño es simple y la mayoría de partes móviles son desmontables y pueden repararse o cambiarse sin mayor problema, la máquina transforma el movimiento eléctrico de un motor, en movimiento mecánico que es distribuido por un eje central con un sistema de levas, que provee movimiento a todos los componentes móviles de cada estación.

#### **1.3.1 Trabajo que desempeña**

La función de la máquina básica R6 es manufacturar la semipila, la cual ya tiene todas las propiedades eléctricas de una pila terminada, con la diferencia de que no tiene las terminaciones de ensamblaje y etiquetado de protección, que se aplican en procesos posteriores.

Estas máquinas son las más importantes de la línea de producción AA, en ellas se procesan la mayor cantidad de materias primas, además de que marcan el ritmo de eficiencia de la línea completa.

Debido a la cantidad de materias primas que se utilizan en el proceso y las estaciones con las que cuenta la máquina, se tienen más posibilidades de paros inesperados en los procesos de producción. Por esta razón es importante contar con un programa de mantenimientos preventivos que ayuden a reducir los tiempos en que la máquina no trabaja.

### **1.3.2 Áreas en que se divide la máquina básica AA**

Siendo la máquina básica AA el centro de esta investigación, se dividió su descripción en las estaciones principales que la componen, llamando la estación dependiendo de la materia prima que aportan en la fabricación de la semipila.

#### **1.3.2.1 Estación de vaso**

Los vasos de zinc se encuentran en un depósito que tiene una faja central, que los ordena y transporta hacia un carril. La función del carril es alinearlos con la parte abierta del vaso hacia las siguientes estaciones. Luego son colocados en las guías móviles, que son movidas por una leva en la parte inicial de la máquina por medio de un motor eléctrico, en forma cíclica y haciendo que los vasos se muevan en dirección de cada estación que le corresponda para su ensamble.

#### **1.3.2.2 Estación de papel separador**

El papel separador es pasado por una serie de orificios que le dan una forma cilíndrica, luego es empujado por un sistema de barras que introducen el papel en el vaso. Seguidamente una sierra giratoria corta el tamaño deseado que por lo regular es de 44.5 mm. Es importante que el papel no se encuentre razgado o doblado, lo que causaría un corto circuito inmediato y la semipila se desecharía.

### **1.3.2.3 Estación de fondo de papel**

En esta estación hay una alimentación de papel de 250 gms y 16.4 mm de ancho, el cual es movido por un sistema neumático que lo coloca en posición para ser cortado por un troquel, que lo corta en forma circular por medio de un filo de hembra y un macho cortador, el cual introduce la roldana de fondo al vaso de zinc.

### **1.3.2.4 Estación de Tamper**

Tiene como función introducir la cantidad de mezcla necesaria para cada pila (9.5 gms aprox), la cual hace que la roldana de fondo baje hacia la base y también que el papel separador se adhiera a las paredes internas del vaso de zinc.

La estación cuenta con un depósito de mezcla grande con una capacidad de 315 kg, la cual tiene una faja en medio que transporta la mezcla hacia un depósito secundario con menor capacidad y el cual esta gobernado por un sensor que mantiene el nivel deseado de mezcla. En este depósito llamado tamper es accionado un martillo por medio de un balancín, el cual empuja la mezcla dentro del vaso. Dependiendo de la cantidad de mezcla que se requiera se puede calibrar por medio de una tuerca que permite mayor o menor carrera al martillo.

### **1.3.2.5 Estación de compactación**

Se puede calibrar la compactación de mezcla dentro del vaso según sea necesario, dando menor o mayor resistencia al empujador de vaso.

### **1.3.2.6 Estación de compresión**

Esta estación es muy similar a la de roldana de fondo, con la única diferencia de que la roldana esta perforada en el centro para que pase el carbón al llegar al ensamble. Su función principal es evitar que la mezcla salga del vaso durante su transporte.

### **1.3.2.7 Estación de moldeado**

Esta se encarga de dar forma al fondo del vaso, para que el casquillo case de manera adecuada.

### **1.3.2.8 Estación de casquillo**

Se encarga de colocar el casquillo en el fondo del vaso. El casquillo es ordenado por medio de un vibrador y una caída guía que lo coloca en posición para adherirse al vaso por medio de un empujador mecánico.

### **1.3.2.9 Prueba eléctrica**

Prueba el voltaje de la semipila, el cual debe cumplir con los estándares de calidad. De no llegar a los límites requeridos, una electro válvula no manda señal al cilindro que la introduce en el jig, y deja que esta caiga en un depósito para su revisión.

### **1.3.2.10 Estación de Jig**

Introduce la semipila en bases plásticas (jigs) que facilitan su transporte. La pila es transportada acostada en guías que se mueven horizontalmente, y el jig tiene una caída vertical, por lo que en un punto la pila es empujada por un cilindro de doble efecto y es intersectado por el jig.

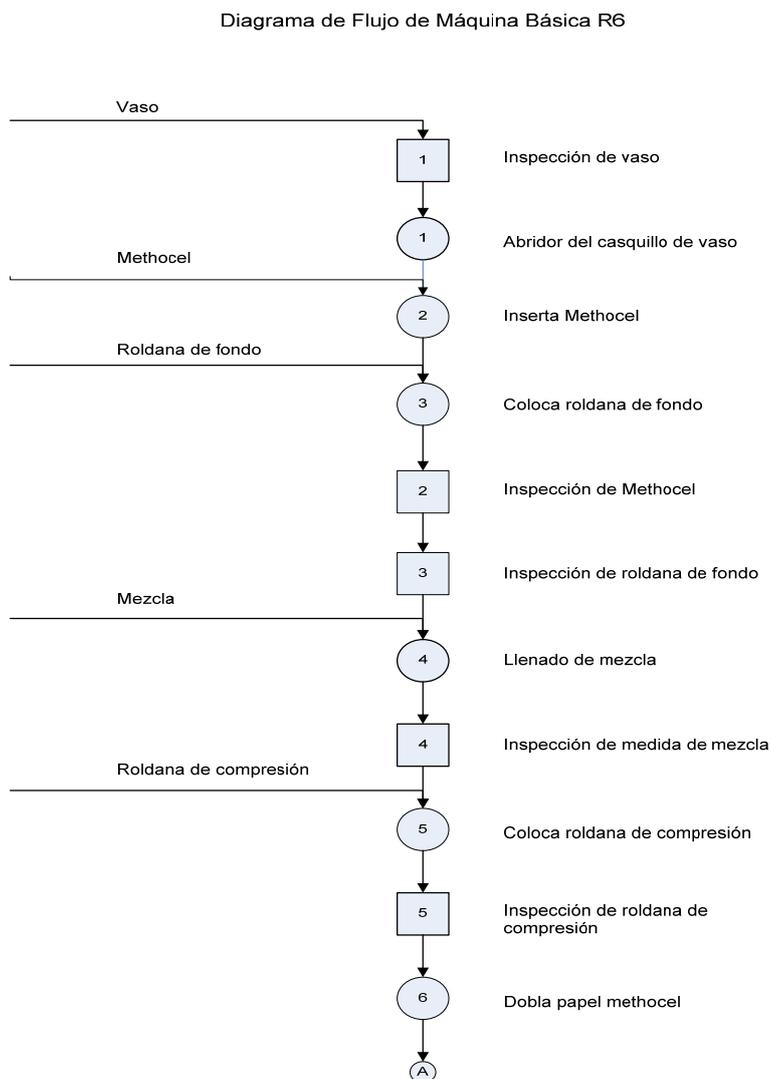
## 2. SITUACIÓN ACTUAL DE MÁQUINA BÁSICA AA

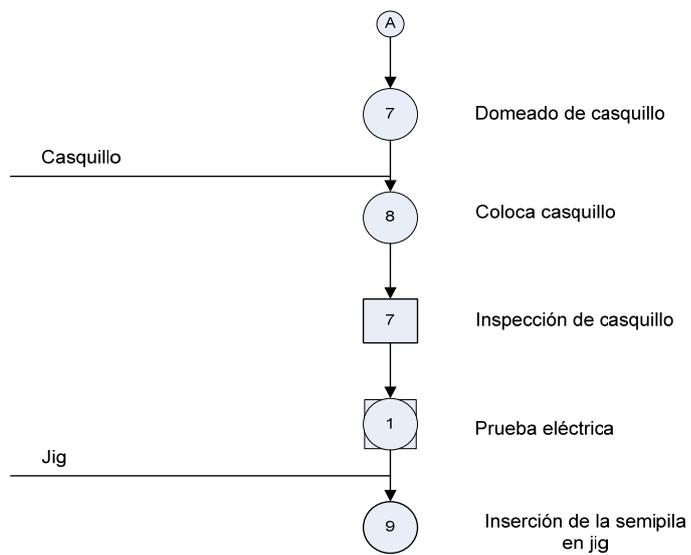
En el siguiente capítulo se presenta la situación actual en la que se encuentran las máquinas, para que se tenga una mejor idea se describe mediante un diagrama de flujo de proceso, y fotografías, además de descripciones de cada una de las áreas de la máquinas.

### 2.1 Diagrama de flujo de proceso.

A continuación el proceso de elaboración de la semipila en la máquina básica AA.

Figura 2 **Flujograma de máquina básica AA**





## **2.2 Ventajas y desventajas de la situación actual de las máquinas básicas**

A continuación algunas ventajas y desventajas de la situación mecánica de las máquinas básicas R6:

### **Ventajas:**

- a) Diseño original, se cuenta con los planos y manuales de las máquinas básicas R6.
- b) El personal que le hace mantenimiento correctivo, tiene bastante tiempo de experiencia en estas máquinas.
- c) Se tiene control de mantenimiento predictivo en algunas herramientas que se utilizan y las cuales se cambian con regularidad. Por ejemplo, filo de troqueles, cambio de martillo, estación de prueba eléctrica, formadora de casquillo.
- d) Se cuenta con un taller en el cual se tiene un inventario de los repuestos que se cambian con más frecuencia, y un control de vida útil de los mismos.

### **Desventajas:**

- a) No se cuenta con un control de mantenimiento preventivo, únicamente se tienen historiales de algunas repuestos los cuales se les programa cambio predictivamente, por conteo de golpes o vida útil.

- b) Se cuenta únicamente con 2 mecánicos titulares para las máquinas básicas AA, 1 por cada turno, los demás mecánicos no son especialistas en la línea.
- c) No se tiene suficiente inventario para algunos repuestos, especialmente los de alto costo o manufacturados con materiales como titanio o stellite, por lo que los repuestos en la mayoría de casos son cambiados hasta que presentan falla y no de manera preventiva.
- d) No se lleva un historial de mantenimientos preventivos, motivo por el cual, no se sabe con certeza si algunas piezas o herramientas necesitan cambio o ajuste, lo cual dificulta el control de los inventarios en la bodega de repuestos.
- e) No se ha involucrado a los operadores en la limpieza y lubricación de piezas móviles, lo cual dificulta los trabajos de mantenimiento preventivo, ya que se acorta su vida útil.

### **2.3 Estado mecánico en que se encuentran las máquinas**

Las máquinas AA se encuentran con problemas mecánicos causados principalmente por falta de mantenimiento, corrosión provocada por las materias primas utilizadas en el proceso, y piezas manufacturadas con materias primas inadecuadas.

La corrosión es uno de los problemas principales, las guardas de seguridad en algunas partes de la máquina no cubren por completo los componentes de alto costo, como el caso de los cilindros de doble efecto y electroválvulas, que pueden dañarse con la suciedad.

Además, el poco mantenimiento que se realiza en las máquinas hace que la situación se agrave y estas se vuelvan menos confiables. Problemas comunes como la falta de lubricación en partes móviles, y falta de purga en las unidades de mantenimiento de aire, son las causas principales que se realicen cambios en piezas dañadas por desgaste o corrosión provocadas por exceso de humedad en el aire comprimido. Contribuyendo a que la máquina aumente su costo de mantenimiento.

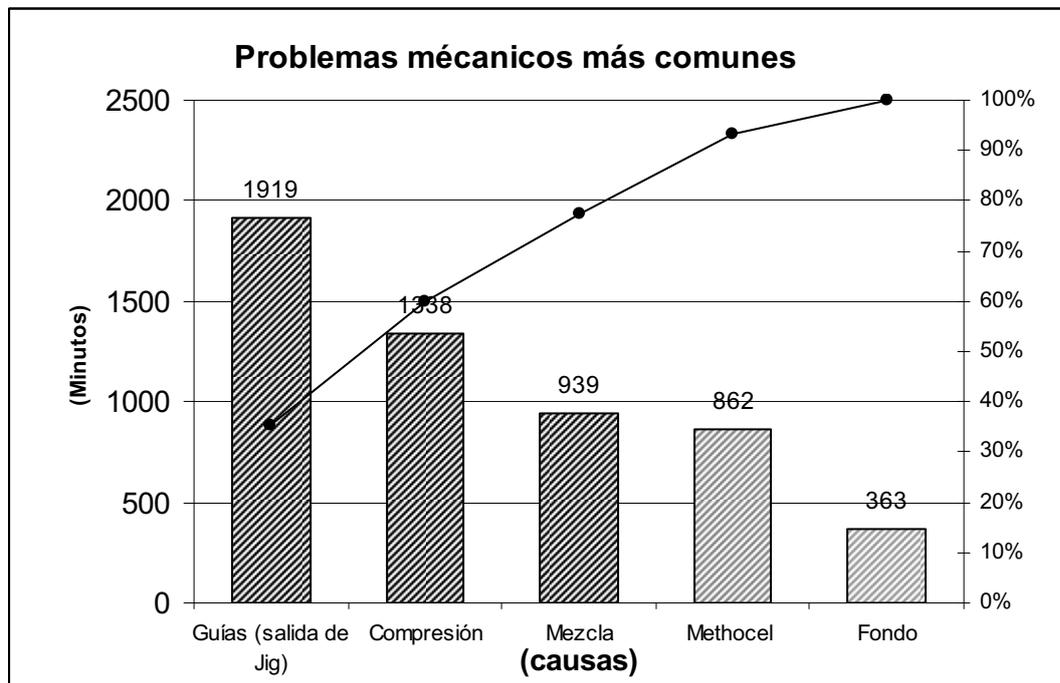
En las máquinas se pueden observar piezas manufacturadas con materiales inadecuados para el proceso, por ejemplo; la utilización de aceros en piezas que están en contacto directo con la mezcla (altamente corrosiva), en vez de utilizar metales de mayor costo, pero que son más resistentes a la corrosión y por tanto tienen más tiempo de vida, tal es el caso de titanio o stellite.

En consecuencia, la situación actual de las máquinas puede mejorar significativamente si en estas se realiza una restauración superficial y se comienza un programa de mantenimiento preventivo en las máquinas, de esta manera se espera que las máquinas sean más eficientes y se deprecien con menor rapidez.

## **2.4 Problemas mecánicos más comunes**

Los problemas mecánicos más comunes en las máquinas básicas AA por lo regular se presentan en las 5 estaciones principales, siendo éstas: la estación de papel separador (methocel), roldana de fondo, tamper, roldana de compresión, salida de jig (guías). En la gráfica se puede observar en orden cual es la estación que más tiempo de paro representa.

Tabla I Estadística de Causa



Fuente: Historial de paros, enero 2007 Rayovac Guatemala S.A

### 2.4.1 Estación de papel liner

Esta estación es una de las que menos paros mecánicos presentan en las máquinas básicas, sin embargo su reparación es una de las más delicadas en la máquina. Esto debido a que el papel liner pasa por una serie de anillos que lo halan para ser posteriormente cortado en secciones que deben ser del mismo tamaño, para luego ser introducidos en el vaso.

De darse un problema en esta estación puede repercutir grandemente en la eficiencia de la máquina, debido a que en ocasiones es muy difícil encontrar la causa del problema, que generalmente es papel arremangado y/o con orificios en el papel. Esto genera un corto circuito de lenta caída de voltaje, lo que significa que la semipila se descargará lentamente y por lo regular es detectada hasta las pruebas eléctricas posteriores a la máquina básica AA.

Los desajustes de las barras se deben a desgastes producidos por falta de lubricación, lo que genera desgaste y fricción excesiva. La lubricación debe ser constante, por lo que se deben colocar aceiteras con gota moderada, para que tenga un flujo de lubricante constante.

Desafortunadamente de las 6 básicas R6 con las que se cuentan, únicamente una cuenta con este sistema, y es la maquina que presenta la menor cantidad de paros causados por papel liner.

Figura 3 **Estación de liner**



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### **2.4.2 Estación de roldana de fondo**

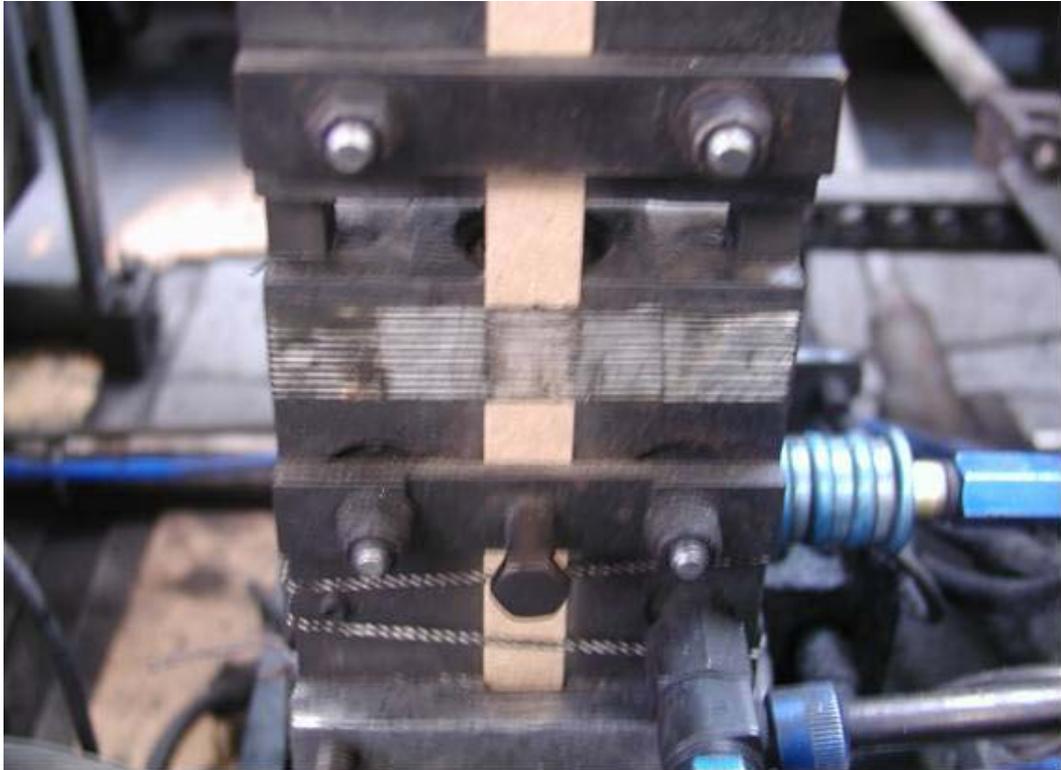
La estación de fondo, es la estación más fiable en su operación y que menos problemas mecánicos da en el proceso de la máquina básica, esto debido a que la roldana es cortada por un macho y una hembra que por lo regular están afilados adecuadamente, y a diferencia de la roldana de compresión no tiene orificio en el centro lo que puede provocar el centro descentrado.

El problema más común en esta estación es el mal corte, debido a falta de filo en los troqueles, que representan el 47% de los paros, es por esta razón que se afilan regularmente, llevando un historial de las pilas que han producido, desde el momento que afilo la última vez.

El otro 48 % de los paros es ocasionado por roldana volteada, estos se deben en su mayoría por suciedad o por mala calibración en el empujador de la roldana de fondo, lo que ocasiona que al entra esta se quede pegada en el troquel, lo cual voltea la roldana.

Por esta razón es tan importante mantener los troqueles limpios, debido a que los residuos de papel quedan incrustados en este. El 5% restante es producido por otros problemas como mal funcionamiento de neumáticos o piezas empujadoras quebradas.

Figura 4 Estación de roldanas de papel



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### 2.4.3 Estación de tamper

En esta estación donde mayor flujo y acumulación de mezcla hay en toda la máquina, debido a que la mezcla es altamente corrosiva, esta estación requiere mayor mantenimiento y la selección del metal para fabricar la herramienta tiene que ser de características especiales como: resistencia a la corrosión, abrasión e impacto.

Una leva excéntrica que tiene movimiento giratorio provee movimiento a la barra de balancín, que a su vez esta acoplado al martillo que esta alineado por tres bujes, siendo estos: el superior (que es de bronce), el medio y el de caja que regularmente son de stellite, material altamente resistente a la corrosión.

Una camisa de cerámica recubre la punta de la barra de martillo, la parte que mayor contacto tiene con la mezcla, y mayor expuesta se encuentra a la corrosión y abrasión. La cabeza del martillo está sujeta por un tornillo de titanio que es un material muy resistente a la corrosión.

En la parte interna del tamper existen unos brazos agitadores, los cuales giran constantemente y tienen como función distribuir uniformemente la mezcla en todo el tamper para evitar que este se pegue a las paredes internas o que se formen grumos de mezcla. Generalmente estos brazos son de stellite.

Los problemas más comunes que se dan en esta estación se pueden ver reflejados en la variación de pesos en las pilas. Comúnmente provocados por corrosión en la cabeza de los martillos o desgaste de los brazos agitadores o bujes sostenedores.

Además un problema muy común es la falta lubricación entre el martillo y los bujes, lo que provoca fricción y posteriormente holgura entre ambos.

#### **2.4.4 Estación de roldana de compresión**

Esta estación es la segunda causa de paros mecánicos, principalmente por problemas de suciedad y falta de filo en los troqueles. El corte producido entre hembra y macho cortador, provoca restos de papel que muchas veces mezclados con lubricante generan una especie de pasta que debe de limpiarse constantemente, ya que en ocasiones es tanta la suciedad que provoca la fractura del material cortante.

Por esta razón se deben realizar limpiezas constantes, de preferencia antes de cada turno. Además se debe tener en cuenta cuando se realizó el último filo en el troquel, ya que en ocasiones se utiliza aun después del tiempo de vida del material, lo que provoca paros en tiempos de producción, generando bajas en la eficiencia de las máquinas.

De los 1,338 min de paro registrados en el mes de enero 2007, un 67 % de los paros mecánicos son causados por suciedad o descalibración, lo cual provoca roldana descentrada, seguido de un 18 % por problemas de neumático, los cuales por lo regular son debidos a mala lubricación y problemas con la presión de aire; que en su mayoría son provocados por mal mantenimiento de las estaciones de mantenimiento de aire. El 15% restante se produce por problemas relacionados con la calidad del papel de roldana, puede que se doble mientras es llevado al corte o que su medida sea diferente a la requerida.

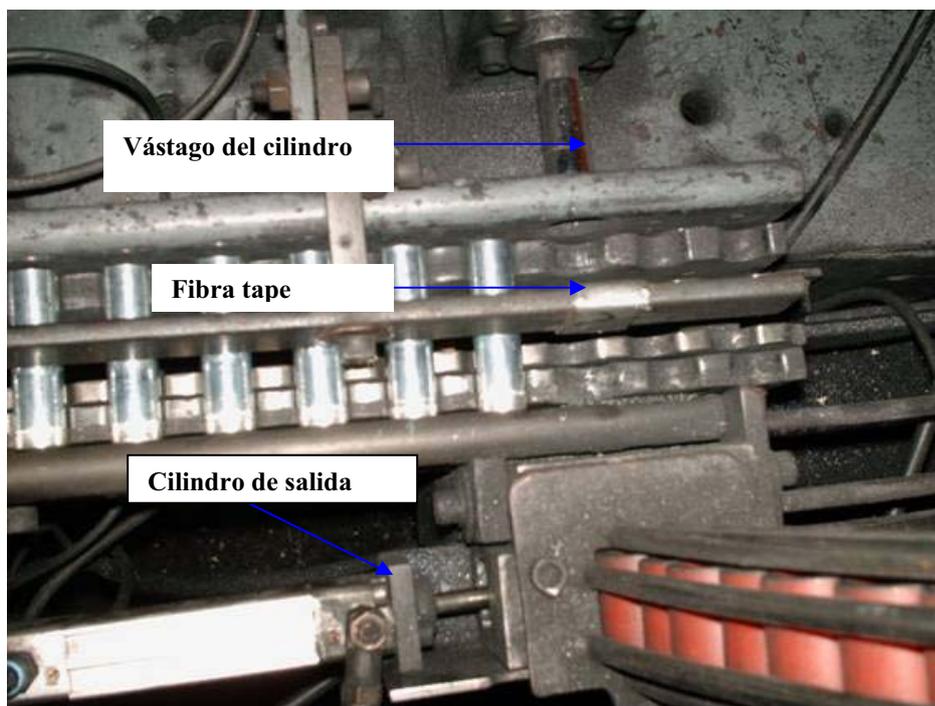
#### **2.4.5 Estación de salida de Jig (guías)**

Este paro es el más frecuente, y representa el 35% de todos los paros mecánicos, una de las causas de este problema es la falta de atención que se tiene respecto a los cilindros de doble efecto que sirven para introducir la semipila en el jig, y que las cajas sostenedoras no están estandarizadas, es decir, ninguna de las 6 cajas que tienen las 6 básicas, tienen una medida estandar, lo que provoca que se deban calibrar cada vez que se cambian.

Regularmente cuando sucede un problema en esta estación el operador opta por adherir pedazos de filamentape a las guías, para que lleguen a la medida original, ya que estas guías se encuentran gastadas, y en el programa de mantenimiento preventivo no se considera esta pieza

como candidata a cambio constante. Este problema es constante, y se debe estandarizar y rectificar todas las guías.

Figura 5 Estación del jig y guías



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

## 2.5 Mantenimiento preventivo regular que se practica en las máquinas

Se puede definir el mantenimiento preventivo como, el conocimiento sistemático del estado de la máquina y equipo, para la planeación y programación de las actividades que eliminarán las averías que provocan paros imprevistos.

Con el mantenimiento preventivo se pretende minimizar la probabilidad de fallas, desminuyendo de esta forma, la utilización de mantenimiento correctivo. Esto se logra mediante la aplicación constante de un nivel determinado de mantenimiento para prevenir averías. El desarrollo

del mantenimiento preventivo, se realiza a través de las siguientes actividades básicas: visitas, revisiones, lubricación y limpieza.

**a) Visitas**

Sirven para comprobar el estado del equipo por medio de inspecciones periódicas que no involucran ninguna operación de desmontaje.

**b) Revisiones**

Son inspecciones periódicas para comprobar el estado del equipo, muy similares a las visitas, pero se diferencian de por la realización de operaciones de desmontaje parcial o total. De preferencia debe realizarse durante tiempo de paro programado.

**c) Limpieza**

En general, en cualquier tipo de industria, la limpieza de maquinaria y equipo es un punto muy importante para la aplicación del mantenimiento preventivo, pues permite detectar fácilmente las averías en el equipo y facilita también el trabajo del personal de mantenimiento.

**d) Lubricación**

No es más que la aplicación periódica de aceites y grasas, para evitar las fallas provocadas por desgaste prematuro de las piezas, debido a la fricción.

La lubricación es la base del mantenimiento preventivo, pues si se realiza de manera adecuada, se pueden obtener muchos beneficios, por ejemplo:

1. Prolongación de la vida útil de maquinaria y equipo.
2. Reducción de costos de mantenimiento.
3. Reducción de paros imprevistos.

### **2.5.1 Lubricación periódica**

Actualmente las máquinas son lubricadas por los operadores de las máquinas básicas, lubricando las partes móviles visibles y que se encuentran a su alcance. Desafortunadamente, en la mayoría de casos, estos operadores están pendientes de otros problemas que se dan en producción y descuidan la lubricación, aplicándola solo cuando se recuerdan o tienen tiempo.

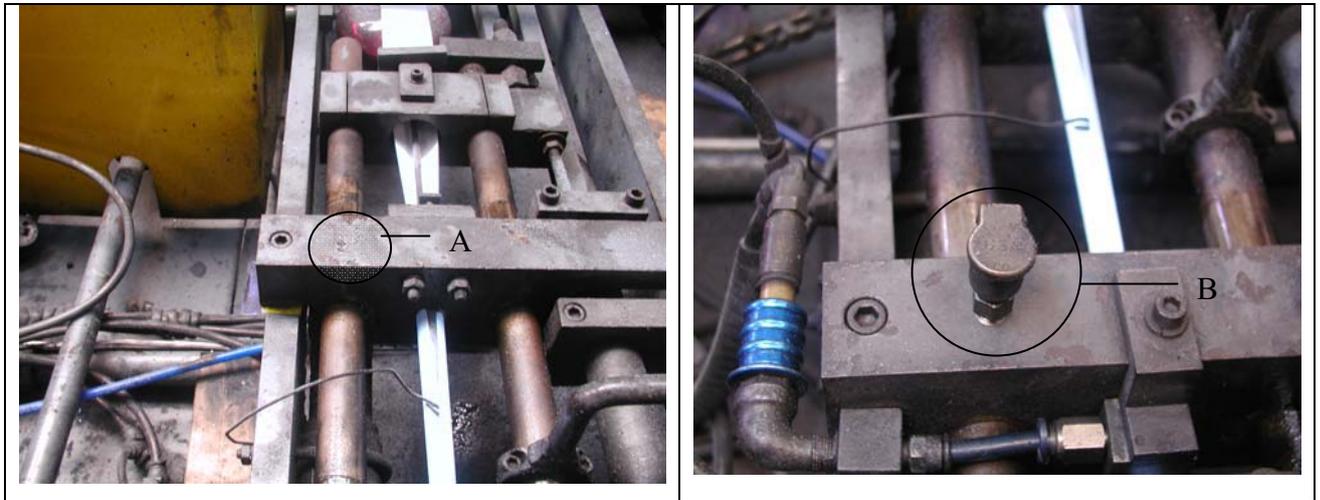
Sumado a este problema, también se debe mencionar que los operadores solo utilizan aceite SAE 220, en dicha lubricación de las máquinas, sin embargo, otras partes donde existen presiones o cargas extremas, y que deben de ser lubricadas con grasas, no son lubricadas regularmente, y deben esperar el programa mensual de lubricación.

El método con el cual se emplea la lubricación es manual, es decir, el operador aplica el aceite directamente sobre la pieza móvil, en lugar de aplicarlo a un sistema por goteo o en aceitera.

La siguiente comparación muestra las dos diferentes formas en las que se puede emplear este lubricante.

- A. Forma actual (manualmente, se aplica directamente),
- B. Forma correcta, por medio de aceitera por goteo.

Figura 6 Comparación entre máquinas



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### 2.5.2 Cambio de martillo y bujes

Es la pieza que más se cambia en la máquina básica R6, esto debido a que la cabeza del martillo es de stellite, y se encuentra en constante contacto con la mezcla corrosiva, por lo que su desgaste es significativo por la falta de lubricación entre buje y martillo. Si existe una holgura entre martillo y buje, el peso de la mezcla en la semipila comienza a variar significativamente, por lo que se realizan cambios programados tanto de martillo como de bujes, los cuales por lo general, se realizan fuera de producción.

El cambio se programa mediante un historial de golpes de martillo o en teoría pilas producidas (cada golpe es una semipila), y se sabe que cada 350,000 golpes aproximadamente (cada 5 días en condiciones de producción normales), el peso en la semipila empieza a variar. Siempre se trata de llegar en la medida de lo posible a esta cantidad de golpes, sin embargo, en ocasiones la variación comienza antes y se debe cambiar.

Figura 6 **Buje y martillo**



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

La lubricación en el cuerpo de martillo es deficiente, por lo regular se encuentra contaminada de mezcla, lo que provoca constante fricción y por lo tanto más desgaste. En ocasiones se lubrican con grasa 2 EP, la cual es una mala práctica que daña significativamente los bujes.

### **2.5.3 Filo y/o cambio en troqueles de roldana**

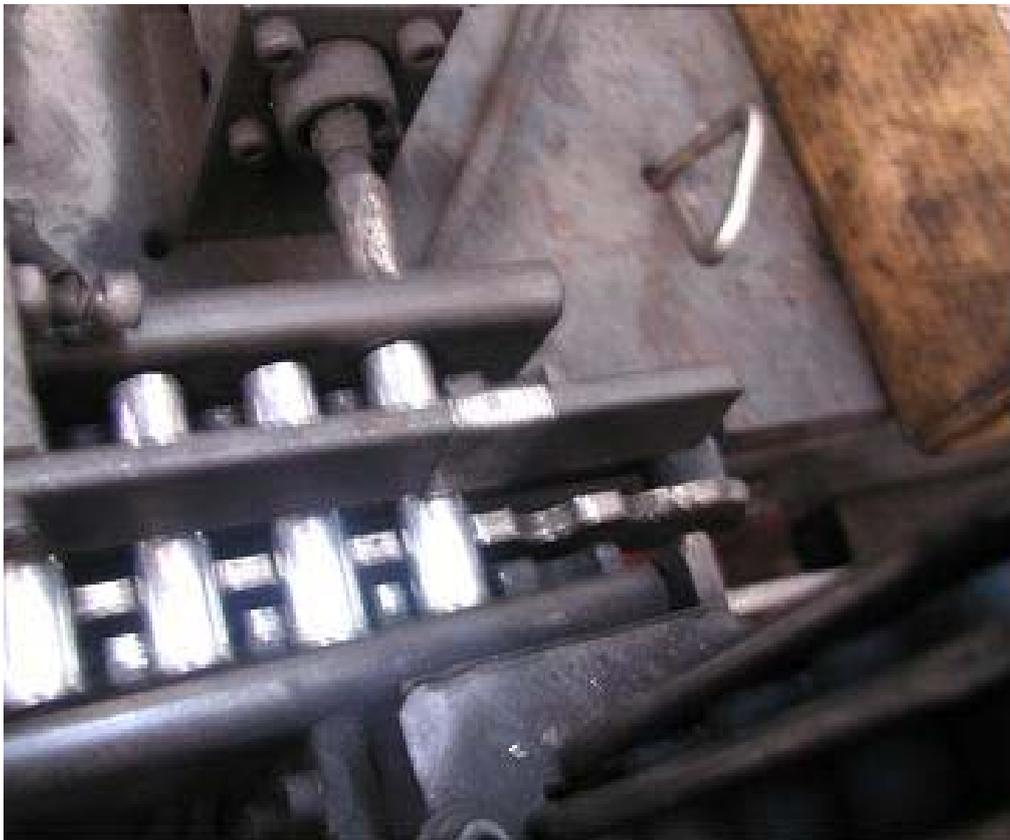
El filo en los troqueles de roldana de fondo se realizan cada 2,500,000 pilas producidas, o antes de ser necesario. La pieza se desarma completamente teniendo cuidado de que el filo macho se no quiebre al tocar los lados de la base. Luego se envía al taller donde se realiza un trabajo en torno. Es importante mencionar que este material es muy frágil y delicado a la orden de trabajar con el, lo que en ocasiones provoca atrasos en las entregas de estas herramientas.

El filo en el troquel de compresión se realiza cada 1,000,000 de pilas producidas, a pesar de ser del mismo material que los troqueles de fondo, este filo esta en contacto con la mezcla despolarizante, lo que provoca que el filo se pierda por desgaste y corrosión, el proceso de afilado es el mismo que el del troquel.

#### **2.5.4 Cambio de guías**

A pesar que actualmente es la causa de paros más recurrente en la maquina R6, no se lleva un control en la vida útil de las guías sostenedoras de pila, por lo que el cambio se debe realizar teniendo en cuenta desgastes y anomalías que se puedan observar en las guías, por medio de inspecciones periódicas.

**Figura 8 Estación de guías**



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

Las guías sufren desgaste por la fricción constante que tienen con la semipila, lo que provoca que esta última no quede centrada correctamente al momento de introducirse en el jig. La forma más común para corregir esta falla, es colocando filamentape (cinta adhesiva con fibra de vidrio) en la parte desgastada, el cual hay que cambiar constantemente porque su resistencia a la fricción es mucho menor que la de la guía de hierro fundido.

### **2.5.5 Sustitución de rodamientos y chumaceras.**

Para que los rodamientos y chumaceras funcione de un modo fiable, es indispensable que estén adecuadamente lubricados, con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura, las jaulas, y los ejes, evitando también el desgaste y protegiendo las superficies del rodamiento contra la **corrosión**, por tanto, la elección del lubricante y el método de lubricación adecuados, así como un correcto mantenimiento, son cuestiones de gran importancia.

#### **Inspección y limpieza de rodamientos:**

Como todas las piezas importantes de un maquina, los rodamientos de bolas y de rodillos deben limpiarse y examinarse frecuentemente. Los intervalos entre tales exámenes dependen por completo de las condiciones de funcionamiento. Si se puede vigilar el estado del rodamiento durante el servicio, por ejemplo escuchando el rumor del mismo en funcionamiento y midiendo la temperatura o examinado el lubricante, normalmente es suficiente con limpiarlo e inspeccionarlo a fondo una vez al año (aros, jaula, elementos rodantes) junto con las demás piezas anexas al rodamiento. Si la carga es elevada, deberá aumentarse la frecuencia de las inspecciones.

Después de haber limpiado los componentes del rodamiento con un disolvente adecuado (petróleo refinado, parafina, etc) deberán aceitarse o engrasarse inmediatamente para evitar su oxidación. Esto es de particular importancia para los rodamientos de máquinas con largos períodos de inactividad.

Los rodamientos y chumaceras con los que cuenta la máquina básica R6, no están incluidos en una programación de cambio por mantenimiento preventivo o predictivo. Su vida útil termina en el momento en que se produce una falla en esta, la cual generalmente se produce en tiempo de producción y genera paros que pueden ir desde 30 min en los casos de cambios de rodamientos, hasta 2 horas por cambio de chumaceras.

La lubricación en los rodamientos y chumaceras se realiza cada dos meses aproximadamente, lapso de tiempo significativamente grande tomando en cuenta el uso continuo de estas piezas y del contacto continuo de partículas corrosivas que se encuentran en constante contacto con ellas.

**Figura 9 Lubricación en chumacera**



Fuente Manual MG industrial, 2006



### **3. PROPUESTA DEL PLAN DE RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO EN LAS MÁQUINAS BÁSICAS**

A continuación se describirá brevemente y de manera clara, la forma en que se restaurarán las máquinas y que criterios se utilizarán para realizar los trabajos, así mismo se propone un plan de mantenimiento preventivo para evitar que se deterioren nuevamente una vez restauradas.

#### **3.1 Identificación de anomalías en la estructura de las máquinas**

Estas identificaciones se deben realizar cuando se hagan las primeras visitas para saber cual es la situación de las máquinas, el encargado debe de tener el plano del diseño original a la mano y compararlo con la situación actual de la máquina. Además debe de identificar partes de la máquina que estén expuestas a materias primas contaminantes o que estén fabricados con materiales inadecuados.

Algunas de las anomalías más comunes son:

- a) Contacto directo o indirecto del cuerpo o los vástagos de los cilindros con mezcla corrosiva.
- b) Electroválvulas contaminadas con lubricantes o polvo.
- c) Guías sostenedores hechos de acero las cuales se corroen con facilidad al entrar en contacto con la mezcla.
- d) Sistema eléctrico expuesto a humedad o contaminantes.

### **3.2 Limpieza general de las máquinas**

Actualmente, cada dos meses las máquinas básicas AA son limpiadas a presión con diesel, con lo que se eliminan los excesos de polvos, mezcla y aceite, los cuales corroen las herramientas, ejes, cadenas, etc. Además ayudan a la adecuada lubricación en las partes móviles.

Esta limpieza con diesel no es suficiente, en especial por la ubicación en la que se encuentran las máquinas y por lo volátil que son los materiales dentro de la planta, una disminución significativa en la suciedad en el interior de las máquinas se podría lograr, colocando guardas en su exterior y fomentar a los operadores, abrirlas única y exclusivamente para lubricación y trabajos de mantenimiento.

El primer paso en la restauración de las máquinas es realizar una limpieza a fondo en todas las máquinas, las cuales debe incluir ejes, guías, engranajes, cadenas, levas y chumaceras. Especialmente las partes que se encuentran en contacto directo con contaminantes.

De esta forma se puede trabajar de mejor manera, se pueden encontrar fallas, estructuras dañadas, herramientas desgastadas, y se despejan áreas donde se aplicará lubricante.

### **3.2.1 Partes que necesitan mayor control de mantenimiento**

A continuación se presentan algunas de las partes más expuestas y que necesitan una limpieza profunda.

#### **3.2.1.1 Unidades de mantenimiento aire**

Unidades de mantenimiento, aunque no estén a la vista, es importante mantenerlas siempre limpias, ya que la suciedad puede saturar las purgas y trabar los reguladores de aire.

Además a los mecánicos y operadores se les es más difícil purgar y darle mantenimiento, si los instrumentos no están totalmente visibles.

Figura 10 **Unidades de mantenimiento neumático de las máquinas**

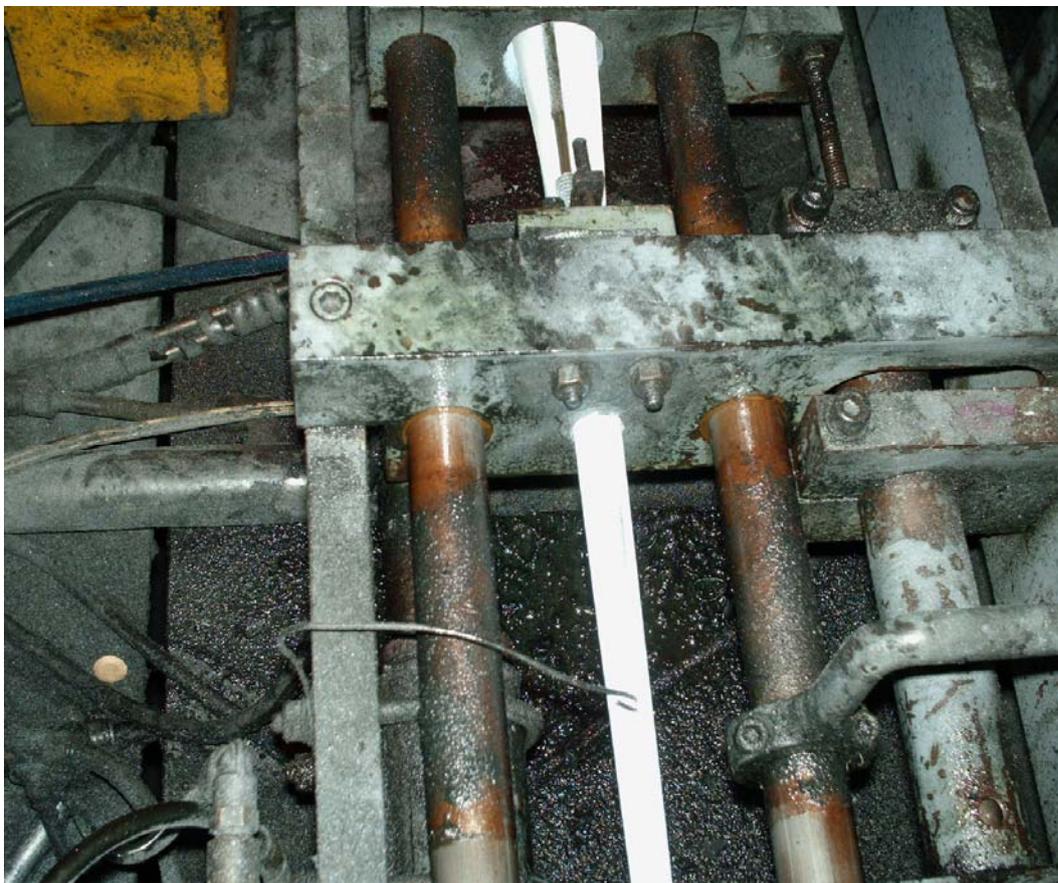


Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### 3.2.1.2 Sistema de papel methocel (liner)

Estación de methocel, por lo regular siempre están sucias, debido a que el aceite se vierte directamente sobre las barras, en vez de crear una aceitera donde se vierta y la cual evite derrames.

Figura 10 Estación de papel liner



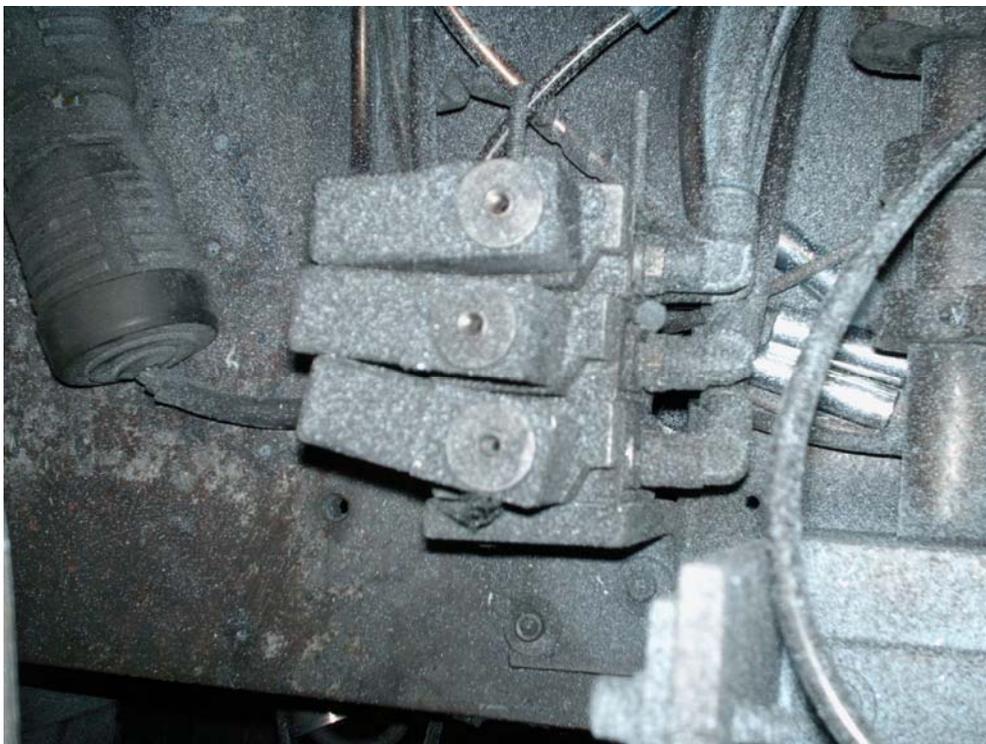
Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### 3.2.1.3 Sistema de electro válvulas

Las electroválvulas se encuentran cubiertas de suciedad, provocada por contaminantes que se encuentran en el ambiente. Dichos contaminantes son corrosivos y pueden dañar tanto el sistema eléctrico como el neumático de las electroválvulas.

Las electroválvulas controlan los tiempos e intensidades de los disparos neumáticos en los cilindros que trabajan en la máquina básica AA, si estas pulsos o señales no son los adecuados provocan problemas relacionados directamente con el funcionamiento de la máquina. El sistema mantendría mejor su eficiencia, de tener guardas o protectores que impidieran que contaminantes externos puedan dañar el sistema.

Figura 12 **Electroválvulas**



Fuente: Fotografía máquina básica AA, Rayovac Guatemala, S.A

### **3.3 Retiro, sustitución y calibración de piezas**

#### **3.3.1 Retiro de piezas ajenas al diseño original**

La mayoría de partes de las máquinas básicas AA sufren desgaste debido al trabajo continuo, además de problemas de lubricación o mal mantenimiento. Con el fin de no ocasionar paros muy prolongados en la máquina, los operadores y hasta los mismos mecánicos, optan por colocar piezas que en ocasiones sustituyen las originales, y que en la mayoría de casos no están hechas del material adecuado o no tienen el estándar de la pieza original.

Antes que hacer una restauración en la máquina se debe informar a los operadores y mecánicos los problemas que se generan a mediano y largo plazo, al realizar procedimientos inadecuados en las máquinas, como sustitución de piezas por otras que no corresponden, lubricación deficiente en partes móviles, y utilización inadecuada de herramientas que puedan dañar piezas en buen estado. De esta manera se cuenta con el apoyo del personal y se fomenta a trabajar bien desde el principio.

Se deben de identificar todas las piezas que no pertenecen al diseño original, y realizar una lista. Luego solicitar la compra o extender una orden de trabajo de la pieza solicitada en el taller de la empresa.

Entre las piezas que más comúnmente se deben sustituir se encuentran:

**Tabla II Piezas que se sustituyen con mayor frecuencia**

<b>Pieza inadecuada</b>	<b>Proceso de cambio</b>
Cinta adhesiva filamentape, en las guías sostenedoras de semipila.	Se deben cambiar las guías o rectificarlas, para que tengan la medida original.
Injertos de láminas en la caída del casquillo hacia la máquina básica.	Se deben de cambiar los flejes de lámina completamente.
Cubierta de cartón en la parte superior del tamper, para evitar que la mezcla entre en contacto con los bujes lubricados.	Cubierta plástica, como protector de los bujes y del martillo.
Adición de cemento de contacto en los carriles del vibrador de casquillo.	Se debe rectificar el carril y en las partes desgastadas, hacer llenados con soldadura de aluminio.
Topes de cartón en depósitos de vaso.	Topes de lámina. La lámina además de ser de bajo costo, es más resistente. Evita que el vaso caiga por los lados.
Sostenedores de rollos de papel, hechos de cartón.	Sostenedores de lámina. Los sostenedores de lámina son más pesados, evitan que los rollos se salgan enreden.
Piezas de cartón en el deposito de casquillo	Piezas de lámina. Evita que el casquillo caiga por los lados del vibrador, la lamina es más fácil de limpiar y más resistente.

Fuente: Planes de mantenimiento, taller AA, Rayovac Guamala S.A

Las piezas inadecuadas en las máquinas sirven como sustituto provisional de la pieza original, en ocasiones la máquina trabaja por un tiempo en estas condiciones. Sin embargo lo correcto en estos casos es descubrir que piezas han sido cambiadas para empezar con la restauración de la máquina.

Todas las piezas inadecuadas deben ser removidas, principalmente las hechas de cartón y otros materiales. En su lugar se deben colocar las piezas hechas con materiales resistentes. De esta forma se evita que las máquinas se deprecien y que poco a poco pierdan su diseño original, además, los materiales antes mencionados como el cartón, se ensucian y rompen con facilidad, lo que implica que se cambien con regularidad. Por el contrario las piezas hechas con materiales más resistentes, mejoran la productividad de las máquinas debido a que se cambian con menos frecuencia, además mejoran la apariencia física de la máquina.

### **3.3.2 Sustitución con piezas adecuadas**

Identificadas la pieza a cambiar y teniendo la pieza adecuada, se procede a realizar el cambio. Los cambios deben ser realizados en tiempos muertos, es decir en los cuales la máquina se encuentre fuera de producción.

Además deben ser realizados por un mecánico que conozca la máquina adecuadamente y que lleve un registro del tiempo que se lleve en realizar el cambio, debe estar presente en las primeras pruebas en producción que se realicen en la máquina.

Se deben evitar colocar piezas que se corroan fácilmente con los químicos que se utilizan en la elaboración de la pila, es por esto que se

deben hacer piezas de materiales sustitutos, utilizando plásticos y metales anticorrosivos como el stellite.

Debido a que en la línea se cuenta con 7 máquinas básicas y únicamente se utilizan 6, se puede realizar una programación para habilitar la máquina que no se encuentra en producción, y trabajar alguna de las que regularmente trabajan programadas.

### **3.3.3 Calibración de nuevas piezas**

La calibración se debe realizar de preferencia dentro del tiempo estipulado para la sustitución de la pieza, aunque en ocasiones esta es más exacta cuando la máquina se encuentra trabajando en su estado normal. Esto se debe a que probando la pieza de sustitución en la máquina se pueden realizar correcciones tales como rectificaciones, cambiar el tamaño e incluso el diseño de la pieza.

La mayoría de piezas que se sustituyen no requieren una calibración tan exacta, ya que se encuentran en áreas de la máquina que no son críticas, como por ejemplo, las partes externas de los depósitos o sostenedores de rollos, los cuales tienen una función que no necesita mayor calibración,

Sin embargo en los casos en los que las piezas estén relacionados directamente con el funcionamiento del área se debe prestar mayor atención, tal es el caso de los flejes y vibradores de casquillo, en los cuales se deben estandarizar todas las máquinas, para tener inventarios adecuados de repuestos para futuros cambios.

### 3.3.4 Prueba en producción continua

Sustituida y calibrada la pieza, se debe llevar un control de su comportamiento durante por lo menos una semana en producción.

Tanto el mecánico como el operador de la máquina deben de estar al tanto de cualquier eventualidad que se presente debido al cambio, y reportarlo con los responsables del proyecto.

Cuando la máquina se pone a prueba utilizándola en el proceso en línea se deben de tomar factores tanto cualitativos como cuantitativos. Los cuales se deben de comparar con otras máquinas y con historiales recientes de dichos factores. Los factores que más relevancia tienen a la hora de tomar una decisión son:

- a) Ruido en las piezas cambiadas o en las áreas donde se realizó el trabajo de mantenimiento: ¿existe ruido constantemente?, ¿es muy fuerte?, esta prueba se puede realizar con la ayuda de un decibelímetro que puede medir si existen variaciones muy grandes respecto al promedio o lo normal en el área medida.
- b) Paros continuos: estos paros continuos pueden ser causados por problemas de ajuste, por lo que en todo momento tanto el operador como el mecánico designado, deben de estar pendientes en especial del área en el cual se realizó la modificación.
- c) puede ser en el área en el que se hizo mantenimiento o deberse a la causa de esta área, se deben tomar en cuenta varios factores. ¿el operador es experimentado?, ¿se pueden corregir?, ¿están afectando el desempeño de la línea total?.

- d) El desplazamiento de la pieza debe de ser libre y sin desgaste, se puede comprobar visualmente y/o inspeccionando los residuos que queden en los aceites lubricantes, ¿existen virutas en el aceite?, ¿su color ha cambiado?

### **3.4 Aplicación de pintura anticorrosiva**

Se utiliza como protección en las máquinas, para que estas no entren en contacto con agentes corrosivos. En el caso de las máquinas básicas AA, es la mezcla química, la cual contiene cloruros y amoniaco, los cuales son altamente corrosivos.

Se debe de identificar las partes que no están recubiertas con pintura anticorrosiva y cubrirla de nuevo, ya sea con brocha o con pistola de aire. En el caso de que más del 25 % de la pieza de la máquina se encuentre sin pintura o descascarada, se debe proceder a eliminar completamente la pintura antigua y reparar partes oxidadas por corrosión, luego se debe aplicar la pintura anticorrosivo sobre la superficie limpia.

Se debe utilizar una pintura preparada anticorrosiva de fondo, la cual se puede usar tanto a brocha como a pistola directamente sobre superficies metálicas a fin de evitar la corrosión previo lavado de ellos y eliminación de residuos

### **3.5 Mantenimiento preventivo diario**

Se puede definir como la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, corregirlas en el momento oportuno.

Con un buen mantenimiento preventivo se obtienen experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir los puntos débiles de las instalaciones, máquinas y equipos.

#### **Ventajas del mantenimiento preventivo:**

- a) Confiabilidad, las máquinas básicas operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
  
- b) Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas. Se cuenta con más disponibilidad de tiempo productivo en la máquina, los niveles de producción en cierta cantidad de tiempo.

- c) Se alarga la vida de los equipos que conforman la máquina básica AA, reduciendo costos por reparación y compra de repuestos
- d) Se mantienen más ordenados los inventarios de repuestos en bodega, y se tiene un mejor control de los costos de inventario en estas máquinas en específico.
- e) Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.

**Fases de mantenimiento preventivo.**

- a) Inventario técnico, con manuales, planos, características de cada equipo.
- b) Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente.
- c) Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.
- d) Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar.

En las máquinas básicas R6, se pretende implementar un mantenimiento preventivo diario, realizado en su mayoría por el mismo operador de la máquina y por los mecánicos encargados del área, el cual consiste en limpiezas, lubricaciones y revisiones sencillas que se pueden realizar en las máquinas en un periodo corto de tiempo.

### **3.5.1 Revisión**

La revisión a profundidad se debe realizar semanalmente en todas las máquinas, revisando una máquina por día, e incluyendo en un formato lo encontrado en esta revisión (tabla III)

En dicho formato se deben incluir observaciones de las piezas y del funcionamiento de la máquina en general, las cuales son realizadas por el mecánico encargado.

Estas revisiones son apoyadas por formatos que sirven para llevar los datos de anomalías encontradas en las máquinas, como por ejemplo: si se encontró muy sucia una máquina, son alguna pieza quebrada, o algún desajuste.

En los formatos se colocan las piezas que se espera se cambien o que se limpien, lubriquen etc, es más que todo, un vistazo a grandes rasgos de la situación de la máquina. Este se utiliza a la hora de evaluar los problemas que tiene cada máquina.

El operador por lo general deja un historial colgado en la máquina, donde incluye los problemas más frecuentes que se presentaron durante la semana, por lo que el encargado de realizar la revisión debe tomar como prioridad los comentarios dados por este.

### **3.5.1.1 Revisión visual de piezas.**

La revisión visual de las piezas de las máquinas debe ser realizada por una persona familiarizada con la máquina. Además debe conocer los materiales de los cuales esta compuesta y en que condiciones trabaja.

En la mayoría de casos puede ser superficial, aunque en ocasiones se tengan que desmontar algunas piezas para tener mejor acceso a ellas, se pueden usar herramientas de medición tales como verniers, o micrómetros, los que ayudan a dar una mejor opinión de los problemas encontrados. Por ejemplo, se descubre que una pieza móvil sufre de constante fricción causado por falta de lubricación, esto amerita que se tome partido, enfatizando en que se mejore el sistema de lubricación en esta área. Sin embargo en ocasiones la persona encargada debe ir más allá, debe tener conocimiento de los estándares de calidad de la pila, medida de la materias primas, etc, lo cual se debe a que en ocasiones tendrá que tomar decisiones basados en las producciones precedentes a la revisión.

Por ejemplo: el papel methocel estuvo reventándose por la presión que tenía en la semipila, el encargado debe saber que durante la revisión visual, debe tomar como prioridad la estación de compactación, ya que de esta es donde proviene el problema.

Tabla III **Formato de revisión**

**FORMATO DE REVISIÓN SEMANAL**

Fecha de realización:

<b>OBJETO DE REVISIÓN</b>	<b>SI se realizó</b>	<b>No se realizó</b>	<b>Observaciones</b>
Limpieza	X		Se pudo observar que en áreas superficiales la máquina tiene excesos de materiales corrosivos.
Lubricación	X		
Estación de Vaso	X		
Estación de Mezcla	X		
Estación de Guías	X		La segunda guía superior se encuentra gastada, se solicitará su cambio programado.
Estación de Roldana	X		
Estación de Jig	X		

Observaciones generales: La máquina se encuentra en buenas condiciones, sin embargo se avisará a mantenimiento para que se realicen los trabajos antes descritos lo antes posible, para evitar inconvenientes futuros.

Firma del encargado

\_\_\_\_\_

Encargado de realización:

Máquina numero:

### **3.5.1.2 Medición de piezas y comparación con medida original.**

Las piezas móviles en su mayoría, sufre desgaste por varias razones, entre ellas, falta de lubricación, rozamiento con partículas o contaminantes, o en ocasiones se acercan a su vida útil estipulada por el fabricante. Es por este motivo que se deben revisar con regularidad las medidas de las piezas móviles, que en su mayoría sufren mayor desgaste.

A continuación la lista de las medidas originales de las piezas móviles que se deben comparar regularmente para predecir cambios o calibraciones futuras.

Tabla IV Tolerancias en piezas

<b>Pieza</b>	<b>Medida original</b>	<b>Limites</b>	<b>Acción correctiva de ser necesaria</b>
Guia de vaso	50.26 mm	- 0.05 mm	Rectificación
Guia de casquillo	13.83 mm	± 0.02 mm	Calibración de guias
Chifle de salida de jig ancho	54.11 mm	± 0.05 mm	Calibración de chifle
Chifle de salida de jig Altura.	49.41 mm	± 0.03 mm	Calibración de chifle
Guía de salida de semipila con jig.	25.47 mm	± 0.03 mm	Rectificación
Diámetro de martillo, bujes superior e inferior.	25.19 mm	± 0.01 mm	Cambio de base
Abertura de neumático de compresión.	17.38 mm	± 0.5 mm	Rectificación
Abertura de neumático de fondo.	16.9 mm	± 0.04 mm	Rectificación

Fuente: Informe de trabajos en taller Rayovac Guatemala S.A

### 3.5.1.3 Evaluación y toma de decisiones.

Es importante que la persona encargada del mantenimiento preventivo tome decisiones certeras, de tal forma que se eviten acciones equivocadas que pueden significar pérdidas económicas ocasionadas por paros inesperados en la producción o cambio no justificado de piezas. Dicho de otra manera, el encargado tiene que tener claro cuales son las prioridades en el momento en el que evalúa la máquina y de esta manera tomar la mejor decisión. Debe saber cuales son los estándares de las

herramientas, contar con los historiales a la mano, para luego poder tomar la mejor decisión.

El siguiente ejemplo muestra lo que debe de llevar el formato:

Tabla V **Evaluación de Sistema de transmisión**

<b>Nombre del encargado</b>			
<b>Fecha en que se realizó la evaluación</b>			
<b>Pieza a Evaluar</b>	<b>Condiciones</b>		<b>Observaciones</b>
	<b>Buena</b>	<b>Mala</b>	
Eje principal			
Engranajes helicoidales walking beam			
Engranajes cónicos tiempo de araña			
Bujes de base engranajes helicoidales			
Bujes de base de levantado			
Elevador de mezcla			
Faja de transmisión			

Fuente: Manual de piezas, máquina básica. Taller Rayovac Guatemala S.A

De ser aceptable la condición de la pieza se coloca una X en buena, de lo contrario, si la la pieza tiene alguna falla, o desgaste se coloca una X en mala, y se coloca la observación.

Este tipo de formatos no se han utilizado, por lo que los problemas y cambios que se realicen se deben de guardar en un historial que facilitará la toma de decisiones en el futuro.

### **3.5.2 Limpieza**

Por esta razón se debe implementar una limpieza diaria en lugares que tengan más contacto con agentes corrosivos, tales como la estación de mezcla y las guías en general, los cuales generan más problemas por acumulación de suciedad.

Se debe tener especial cuidado en limpiar los sensores eléctricos, cilindros y electro válvulas, los cuales son los más delicados y su costo es más elevado.

Una rutina diaria de mantenimiento es necesario que se limpien a fondo todas las máquinas, de esta forma se puede trabajar mejor

#### **3.5.2.1 Limpieza de troqueles**

La limpieza de los troqueles se debe efectuar por lo menos una vez diaria, antes de empezar a trabajar la máquina.

Se debe desmontar la pieza con mucho cuidado, procurando que el filo macho no toque los lados de la base lo cual puede provocar que se quiebre la pieza de titanio.

Se limpia la base con un wipe, procurando quitar la mayor cantidad de lubricante sucio y otros contaminantes que puedan corroer la pieza. El filo macho se debe limpiar con mucho cuidado debido a que es muy frágil, además se debe utilizar un lubricante con propiedades antioxidantes los cuales por lo general se encuentran en spray y se conocen con el nombre de “aflojador de piezas”.

### **3.5.2.2 Limpieza de guías y chifles**

La limpieza de las guías es de doble importancia, ya que por una parte evita que las guías se corroan debido a la mezcla, y por otra parte que la semipila se manche y provoque problemas de calidad.

Su limpieza es simple, se debe quitar el exceso de suciedad con un wipe con un poco de lubricante WD40, el cual mantiene limpia el área.

Además se deben retirar los excesos de adhesivos que se colocan en estas guías. Eventualmente se deben de inspeccionar partes de las guías que no tengan pintura anticorrosiva, o que se encuentre descascarada, para posteriormente reportarla.

La limpieza de chifles se debe de realizar por lo menos tres veces por semana o cuando sea necesario, ya que la semipila debe deslizarse sin problemas por esta y la suciedad puede provocar que se trabe la semipila. Su limpieza se debe hacer por medio de un wipe con un poco de silicón líquido, el cual es un excelente limpiador, que mantiene las superficies metálicas lisas y con protección impermeable.

### **3.5.2.3 Limpieza de unidades de mantenimiento y neumáticos**

Todo circuito neumático requiere de una alimentación para trabajar. En el caso de las máquinas básicas se utiliza aire comprimido; este tiene que pasar por una etapa de acondicionamiento, previo a ser entregado al circuito, para de esta forma evitar daños a los componentes neumáticos y extender al máximo su vida útil.

El aire comprimido antes de llegar a las máquinas básicas pasa por las unidades de mantenimiento, la cual tiene función de limpiar el aire de suciedad, virutas de la tubería, óxidos y condensaciones, mediante un filtro con separador de agua. Cuenta además con un regulador de presión, el cual ajusta al aire comprimido suministrado a la presión de funcionamiento requerida y compensa las fluctuaciones de la presión de entrada. El vaso del filtro posee un tornillo de drenaje para limpiar impurezas acumuladas, cuenta con un manómetro que muestra la presión ajustada y una válvula de interrupción de corte y descarga de presión en el sistema. Finalmente antes de que el aire entre en el sistema es empapado con aceite el cual sirve para proteger y lubricar las partes internas de los componentes neumáticos.

Las unidades de mantenimiento que se encuentran en las máquinas básicas r6 se encuentran descuidadas y el mantenimiento preventivo en éstas es casi nulo, esto afecta directamente a todo el sistema neumático de las máquinas, debido a que el aire que se encuentra circulando en el, está sucio y muy húmedo.

Las rutinas de limpieza en las unidades de mantenimiento deben de efectuarse por los menos 2 veces al día, de preferencia en el comienzo de las jornadas de trabajo. Estas limpiezas no llevan más de 5 min, y puede efectuarlas el operador de la máquina. Se debe de efectuar una purga en la trampa de agua, girando el tornillo que tiene en la parte de abajo, y dejar liberar el aire comprimido hasta que ya no tenga residuos de agua.

Además el mantenimiento diario debe ser realizado por mecánicos del área, los cuales deben programar la limpieza de filtros y regular las caídas y cambios de aceite de ser necesario, para que el aire comprimido llegue en óptimas condiciones a los sistemas neumáticos, estos mantenimientos se pueden hacer una vez por semana, tomando una máquina por día.

La limpieza externa de las unidades de mantenimiento se deben realizar una vez por mes, de esta forma se evita que los contaminantes lleguen a tapar filtros y se liberan las entradas y salidas de aire en estos.

#### **3.5.2.4 Limpieza de sensores eléctricos y electro válvulas**

La limpieza de sensores eléctricos se debe de realizar por lo menos una vez al día, de preferencia al inicio de la jornada de trabajo. La limpieza la deben de realizar los electricistas en turno y consiste en el siguiente procedimiento:

1. Se debe detener la máquina básica R6, por seguridad del electricista, accionando el paro de emergencia. Con un tiempo estimado de paro 5 minutos.

2. Se utiliza un spray limpiador para contactos eléctricos, el cual se puede rociar directamente al sensor, o utilizando un hisopo de algodón. Es importante tener cuidado de no aplicar en áreas de alta temperatura, o cerca de fuente de ignición, ya que es un producto inflamable.
  
3. Se debe de secar el área limpiada y accionar nuevamente la máquina, es recomendable que el electricista pertenezca observando la máquina por lo menos otros 5 minutos, para asegurarse que el trabajo realizado es satisfactorio.

Para la limpieza y mantenimiento de electroválvulas, se debe tomar en cuenta que estas son libres de mantenimiento, por lo únicamente se debe de cuidar que la calidad del aire sea la adecuada, realizando la rutinas correspondientes en las unidades de mantenimiento de cada máquina. Sin embargo es importante mantener estas electroválvulas limpias superficialmente, ya que esta suciedad puede afectar los sistemas eléctricos y corroer los componentes metálicos, para dicha limpieza se puede utilizar un spray desengrasante y quitar la suciedad restante con un wipe.

### **3.5.3 Lubricación**

Se conoce como lubricación a la interposición de sustancias oleosas o grasa (lubricantes) entre las superficies en contacto de piezas en movimiento relativo. Los lubricantes, adhiriéndose fuertemente a las superficies, forman una capa o película delgada que reduce el rozamiento, limitando por consiguiente, la pérdida de energía mecánica y el desgaste de los materiales, facilitando el movimiento de las piezas.

Aunque la presencia de la capa de lubricante elimina el rozamiento excesivo en el contacto metal contra metal, disminuyendo así el desgaste o posibilidad de agarrotamiento de las piezas; la lubricación también actúa como medio refrigerante ya que ayuda a absorber parte del calor generado por la fricción de las piezas en movimiento.

**a) Lubricación por capa límite:** se obtiene cuando el espesor de la película del lubricante es de una magnitud similar a las moléculas individuales de aceite. Esta condición se presenta cuando la cantidad de lubricante es insuficiente, o el movimiento relativo entre las dos superficies es demasiado lento. El coeficiente de rozamiento  $\mu$  en este caso es alto, tan alto como 0.1, y sobre el incipiente contacto metálico puede alcanzar 0.5.

Cuando el coeficiente aumenta (es decir, la resistencia aumenta), las pérdidas por rozamiento también aumentan. Estas se convierten en calor, aumentando la temperatura del lubricante y reduciéndose su viscosidad de forma que la capacidad de carga de la película se reduce (el caso peor es cuando se reduce tanto que el contacto metálico se produce). Ello se puede evitar empleando aditivos que refuercen la resistencia de la película.

**b) Lubricación hidrodinámica:** Lubricación de película gruesa, se obtiene cuando las dos superficies están completamente separadas por una película coherente del lubricante. El espesor de la película excede así de las irregularidades combinadas de las superficies. El coeficiente del rozamiento es bastante menor que en la lubricación por capa límite, y en ciertos casos puede llegar a 0.005. La lubricación hidrodinámica evita el desgaste de las partes en movimiento, ya que no hay contacto metálico entre ellas.

**c) Lubricación elasto-hidrodinámica** esta condición se obtiene en superficies en contacto fuertemente cargadas (elásticas), esto es, superficies que cambian su forma bajo una carga fuerte, y vuelven a su forma original cuando cesa la carga.

### **3.5.3.1 Tipos de aceites y grasas a utilizar**

Es importante saber que tipos de lubricante utilizar en la máquina, de esta forma se logra conservar por mas tiempo el lubricante y las piezas conservan una capa más uniforme entre ellas.

#### **Cuándo se emplea aceite?**

Se suele emplear lubricación con aceite cuando la velocidad o la temperatura de funcionamiento hacen imposible el empleo de la grasa, o cuando hay que evacuar calor. El aceite, tiene su mayor aplicación en la lubricación de compresores, motores de combustión interna, reductores, motorreductores, transformadores, sistemas de transferencia de calor, cojinetes de fricción y antifricción y como fluidos hidráulicos.

#### **La función del lubricante es:**

- a) Formar una película entre los componentes en movimiento, para evitar el contacto metálico. La película debe ser suficientemente gruesa para obtener una lubricación satisfactoria, incluso bajo fuertes cargas, variaciones grandes de temperatura y vibraciones;
- b) Reducir el rozamiento y eliminar el desgaste;
- c) Proteger contra la corrosión;
- d) Obturar (en el caso de la grasa) contra impurezas tales como suciedad, polvo, humedad o agua.

**Aceites minerales:** los aceites minerales proceden del petróleo, y son elaborados del mismo después de múltiples procesos en sus plantas de producción, en las refinerías. El petróleo bruto tiene diferentes componentes que lo hace indicado para distintos tipos de producto final, siendo el más adecuado para obtener aceites el crudo parafínico.

Este es ideal para la lubricación de rodamientos y chumaceras, debido a que su consistencia uniforme, resistencia a la presión y tracción, es por este motivo que se utiliza este tipo de lubricante en los rodamientos y chumaceras internas de la máquina básica AA.

**Aceites sintéticos:** los aceites sintéticos no tienen su origen directo del crudo o petróleo, sino que son creados de sub-productos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio. Al ser más largo y complejo su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales.

Este se utiliza con menor frecuencia en las máquinas básicas AA, debido a su alto costo y que las bajas velocidades en los rodamientos y partes móviles, no justifican la utilización de estos aceites. Este tipo de aceite se utiliza con mayor frecuencia en la lubricación de motores de alta revolución.

### **Cuando se emplea grasa?**

La grasa se emplea generalmente en aplicaciones que funcionan en condiciones normales de velocidad y temperatura. La grasa tiene algunas ventajas sobre el aceite. Por ejemplo, la instalación es más sencilla y proporciona protección contra la humedad e impurezas. Generalmente se utiliza en la lubricación de elementos tales como cojinetes de fricción y antifricción, levas, guías, correderas, piñonería abierta algunos rodamientos.

En las maquinas básicas R6 se tienen tanto ventajas como desventajas, las más importantes son:

**Ventajas:**

- e) Tanto las chumaceras como las levas que son las partes que más cargas soportan, revolucioanan a bajas velocidades, por lo que su lubricación es más accesible.
- f) Debido a que existe poca fricción, baja velocidad de revolución y cargas bajas con respecto a los puntos de contacto, la temperatura es levemente mayor a la temperatura ambiente.
- g) La lubricación que se utiliza es por capa limitante, por lo que se puede usar aceite industrial 220 ó 360 de preferencia, ya que no los aditivos que este cuenta es suficiente para mantener lubricadas las partes en contacto sin generar desgaste.

**Desventajas:**

- a) Las guardas de las máquinas no son herméticas en su totalidad, por lo que permiten la entrada de polvos y contaminantes, que se pegan al aceite y grasas con facilidad. Esto genera mala lubricación entre las piezas, debido a que los contaminantes desplazan a los lubricantes de los puntos de contacto.
- b) Faltan aceiteras en algunos partes de las máquinas, en especial las que más fricción y cargas resisten, un sistema de lubricación por goteo mejoraría considerablemente la situación.

### **3.5.3.2 Lubricación en bujes, cadenas, levas, guías, rodamientos y ejes**

Con excepción de los bujes, la lubricación de las cadenas, levas, guías, rodamientos y ejes, son realizados con grasa 2 EP.

#### **3.5.3.2.1 Bujes**

Los bujes son manufacturados de bronce, por lo que no se puede utilizar grasa para su lubricación por ser un metal amarillo (este tipo de grasa corroe este tipo de metales), por lo que se utiliza aceite sae 220 para la lubricación, la cual debe efectuarse por lo menos 6 veces al día, limpiando antes el área donde se va aplicar el lubricante.

#### **3.5.3.2.2 Cadenas**

Las lubricación en cadenas se debe realizar por lo menos una vez al mes. Se debe de realizar una limpieza con diesel o un desengrasante, seguidamente se debe cubrir toda el área de la cadena en especial entre los rodillos con grasa 2 EP. Es importante asegurarse que las guardas de protección queden herméticamente cerradas para que no entre suciedad después de realizado el mantenimiento.

#### **3.5.3.2.3 Levas**

Las levas al igual que las cadenas se deben se lubricar una vez al mes con grasa 2 Ep, sin embargo esta se debe lubricar además por lo menos 3 veces al día con aceite SAE 220, debido a que las levas soportan grandes cargas y revolucionan a velocidades entre 100 y 120 revoluciones por minuto, y necesitan la mejor lubricación posible.

#### **3.5.3.2.4 Guías**

La lubricación en las guías es la más fácil de realizar, debido a que estas no soportan cargas considerables y su revolución y movimiento es moderado, se puede utilizar aceite SAE 220 en los pivotes de movimiento, lubricando 3 veces al día.

#### **3.5.3.2.5 Rodamientos**

Para que los rodamientos puedan funcionar de una manera fiable, deberán estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el desgaste que produce el contacto metálico directo entre los elementos rodantes, los caminos de rodadura y las jaulas. Además, el lubricante evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión. Se debe utilizar grasa 2 EP, aplicando lubricante por lo menos 1 vez al mes, ya que debido los esfuerzos mecánicos a los que esta sometido, perderá gradualmente sus propiedades de lubricación.

#### **3.5.3.2.6 Ejes**

Los ejes son los que soportan la mayor cantidad de cargas, por lo que se deben lubricar adecuadamente 1 vez por semana, utilizando grasa 2 EP, y cuidando siempre de que se aplique en áreas limpias de suciedad y contaminantes.

### **3.5.3.3 Inspección de residuos de metales en lubricantes.**

Por la forma de lubricación que se efectúa en las máquinas básicas, un análisis de las condiciones de los lubricantes es importante, especialmente por los contaminantes y residuos de metales que puedan afectar las propiedades de estos.

Las condiciones del aceite se pueden determinar mediante a análisis con infrarrojo.

Este tipo de análisis es fundamental en máquinas que cuentan con lubricación hidrodinámica. En el caso de las máquinas básicas R6 por no ser el caso anterior, se pueden hacer como medida preventiva, tomando pequeñas muestras en algunos puntos de contacto, y realizar pruebas que determinan la cantidad de azufres, hollín, metales, agua y otros contaminantes.

Este trabajo lo debe hacer una persona calificada que conozca los componentes principales de la máquina. Es importante mencionar que la evaluación se debe hacer con fines preventivos y con vistas a mejora.

### **3.5.4 Monitoreo**

Para que el proyecto sea confiable y se mantenga retroalimentando de información, es importante que se monitoreen los avances de los trabajos y mantenimientos que se realizan en las máquinas.

#### **3.5.4.1 Métodos de control**

Los métodos de control serán llevados por medio de un formato que se utilizará diariamente en cada una de las máquinas, por lo que el mecánico debe ser organizado al saber a qué máquina le toca el mantenimiento, dado que son 6 máquinas en la línea de producción, se realizará el mantenimiento a una máquina diaria, para que el espacio entre mantenimiento de esta máquina sea prudente.

El formato contiene los partes más importantes que deben ser revisadas, limpiadas, y lubricadas de ser necesario, en caso de necesitar lubricación, se especifica que aceite o grasa se debe de utilizar.

A continuación el formato de mantenimiento diario en las máquinas básicas AA

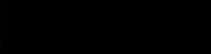
Tabla VI **Formato de mantenimiento sistema de transmisión máquina básica AA**

**Departamento de Ingeniería  
Mantenimiento preventivo**

**Programa de limpieza y lubricación en Máquinas Básicas R6**

Nombre: \_\_\_\_\_ Clave: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

 = No aplica

Actividades de Limpieza y Lubricación	Condiciones		Observaciones
	Limpieza	Lubricación	
Eje principal		2 EP	
Engranajes helicoidales walking beam		2 EP	
Engranajes cónicos tiempo de araña		2 EP	
Bujes de base engranajes helicoidales		220	
Bujes de base de levantado		220	
Elevador de mezcla			
Faja de transmisión			

\_\_\_\_\_  
**Firma inspector**

Tabla VII Formato de mantenimiento estación de methocel, máquina básica AA.

**Departamento de Ingeniería  
Mantenimiento preventivo**

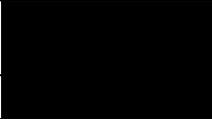
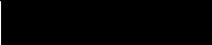
**Programa de limpieza y lubricación en Máquinas Básicas R6**

Nombre:

Clave:

Fecha:

 = No aplica

Actividades de Limpieza y Lubricación	Condiciones		Observaciones
	Limpieza	Lubricación	
Cabeza empujadora de papel methocel			
Cincho de excéntrica			
Dos barras de estación methocel		220	
Detector de methocel			
Abridor de vaso			
Buje de carro		220	
Buje de brida de graduación		220	
Cilindro de arrastre y retención		WD- 40	
Estado de la sierra de corte			

\_\_\_\_\_  
**Firma inspector**

Tabla VIII Formato de mantenimiento estación de fondo y compresión, máquina básica AA.

**Departamento de Ingeniería  
Mantenimiento preventivo**

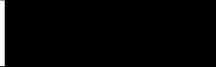
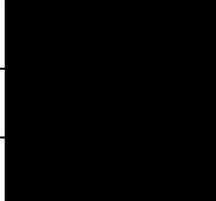
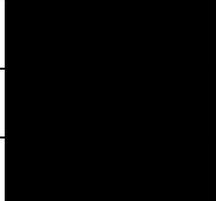
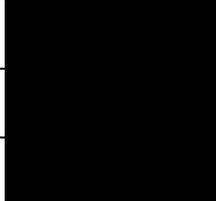
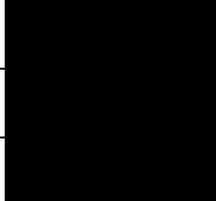
**Programa de limpieza y lubricación en Máquinas Básicas R6**

Nombre:

Clave:

Fecha:

 = No aplica

Actividades de Limpieza y Lubricación	Condiciones		Observaciones
	Limpieza	Lubricación	
Filo			
Barra empujadora		220	
Buje barra empujadora		220	
Profundidad del macho			
Neumático			
Cincho			
Bujes de stellite			

\_\_\_\_\_  
**Firma inspector**

Tabla IX Formato de mantenimiento de estación de tamper, máquina básica AA

**Departamento de Ingeniería  
Mantenimiento preventivo**

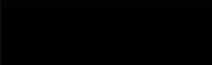
**Programa de limpieza y lubricación en Máquinas Básicas R6**

Nombre:

Clave:

Fecha:

 = No aplica

Actividades de Limpieza y Lubricación	Condiciones		Observaciones
	Limpieza	Lubricación	
Bujes de brida y pasador		220	
Molde			
Bujes inferiores y superiores de martillo		220	
Bujes de balancín		220	
Patas de araña			
Cadena		2 EP	
Martillo		220, 2 EP	
Cincho			

\_\_\_\_\_  
**Firma inspector**

Tabla X **Formato de mantenimiento de estación de tamper, máquina básica AA**

**Departamento de Ingeniería  
Mantenimiento preventivo**

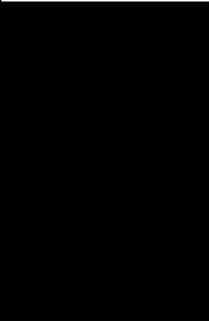
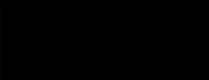
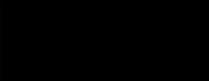
**Programa de limpieza y lubricación En Máquinas Básicas R6**

Nombre:

Clave:

Fecha:

 = No aplica

Actividades de Limpieza y Lubricación	Condiciones		Observaciones
	Limpieza	Lubricación	
Bujes extractor de pila		220	
Buje de émbolo		220	
Anillo de extractor			
Descanso del extractor			
Extractor de pila			
Espaciadores de latón			
Embolo		220	
Barras de compactación		220	

\_\_\_\_\_  
**Firma inspector**

#### **3.5.4.2 Actualización de reportes**

Diariamente al inicio de cada turno se deben entregar los formatos, al encargado de la programación de los mantenimientos preventivos, el cual debe de ingresar las solicitudes de cambios realizados o anomalías encontradas, en cuyo caso este debe de extender una orden de trabajo.

Cada máquina AA debe contar con un historial, el cual en el caso de los mantenimientos preventivos es actualizado manualmente, sin embargo en el caso de los cambios programados como martillos y filo en troqueles, se puede realizar predicativamente, tomando en cuenta las producciones obtenidas desde el último cambio de la pieza, los cuales se actualizan automáticamente cuando se ingresan las producciones en los reportes (tabla 11) de producción realizados por los supervisores de la línea.

#### **3.5.4.2 Designación de órdenes de trabajo**

La designación de órdenes de trabajo debe estar enfocada a la participación de todas las partes involucradas, dependiendo de la responsabilidad de cada departamento.

El encargado de designar y planificar las ordenes de trabajo es el supervisor de mantenimiento del área , tomando como base informes los reportes elaborados por los mecánicos que realizan las evaluaciones del estado de las máquinas y trabajos a realizar. Se debe tomar como herramienta los resultados de los reportes realizados por el departamento de producción (tabla 11), y realizar la orden de trabajo procurando que sea realizada en tiempo no productivo, de caso contrario solicitar el permiso el apoyo del área de producción para efectuar trabajos en tiempo productivo.

Los reportes son ingresados diariamente en un programa llamado omni y en los cuales se agregan los siguientes datos:

**Tabla XI Reporte diario de producciones, copia en formato excel**

Fecha: 4 de enero 2007

Maquina	Operador	MOD	MOI	Paro no programado (min)	Paro programado	Tiempo en Maquina	Producción	Desperdicio
1	1126	3.75	0.25	20	5	470	35,652	45
2	1126	4		40	10	470	28,652	25
3	1422	3.75	0.25		15	470	40,256	65
4	1422	4			26	470	31,623	32
5	1082	3.75	0.25		15	470	40,251	32
6	1082	4			10	470	35,265	42

Fuente: Reporte diario en las máquinas AA, copia en excel, 4 de enero 2007  
Rayovac

Este reporte al ser actualizado, es sumado al historial de cada máquinas en el departamento de mantenimiento, y cuando las producciones sobrepasan lo estipulado para cada máquina, un cambio de alguna pieza puede ser prevenido y programado.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN**

De implementarse el plan, se debe seguir con un orden determinado, y designar responsables que se encarguen de verificar que los trabajos se están haciendo de la manera adecuada y con la utilización óptima de los recursos. Se debe tener previsto que los trabajos de mantenimiento deben de ser continuos, y monitoreados constantemente para que las máquinas básicas AA, no vuelva de nuevo a la situación en que se encontraban, una vez puesto en marcha el proyecto.

### **4.1 Responsables de los trabajos de restauración**

Los trabajos de restauración deben de realizarse en cada máquina de la línea AA, programando un paro programado en una máquina, procurando que la producción no se vea afectada.

El encargado debe ser un mecánico que se encuentre familiarizado con la maquinaria AA, además debe mantenerse en constante comunicación con el jefe de mantenimiento preventivo.

### **4.2 Responsables del mantenimiento diario**

En el trabajo de mantenimiento diario se debe involucrar tanto a mecánicos como a operadores de la línea, pasando por supervisores de mantenimiento y producción, y finalmente con el jefe de mantenimiento preventivo.

La responsabilidad de los operadores es mantener lubricadas las partes móviles mientras la máquina se encuentra funcionando, los mecánicos deben de realizar un trabajo más específico, la revisión, limpieza y lubricación general.

Tabla XII **Responsabilidades del personal:**

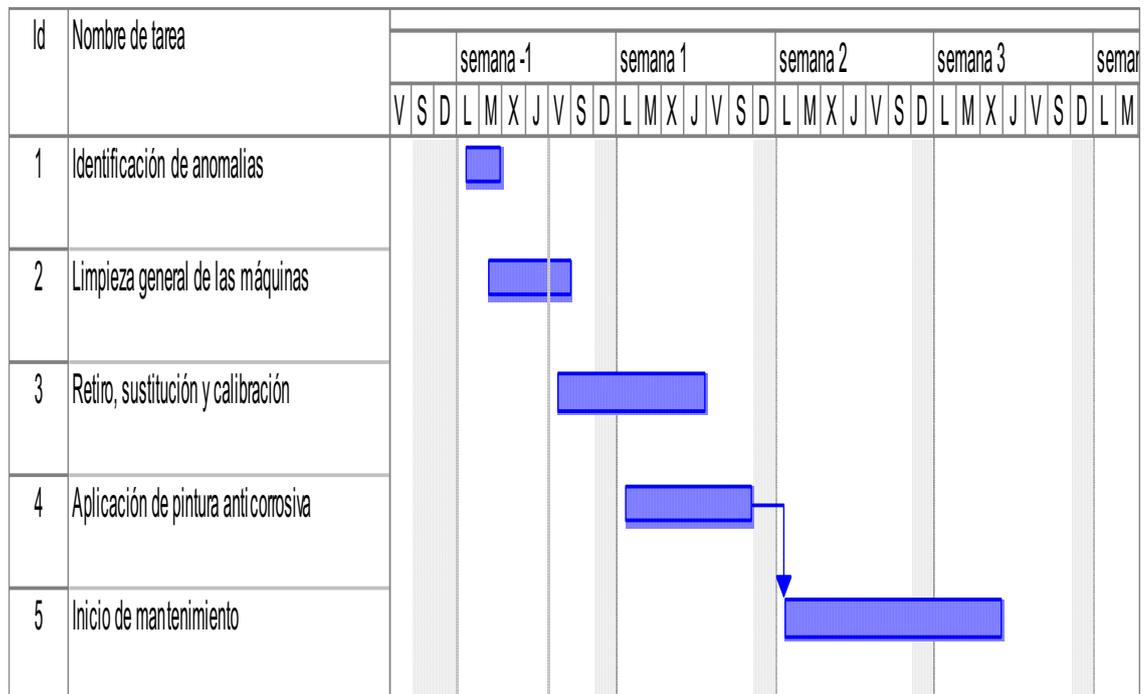
<b>Encargado</b>	<b>Trabajo</b>	<b>Duración</b>
Operador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de residuos de papeles o mezcla, lubricación de partes móviles.</li> </ul>	4 a 5 veces durante la jornada de trabajo (8 hrs).
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión, limpieza y lubricación general, cambio de piezas y realización de tabla de inspección</li> </ul>	Una vez a la semana por máquina, son 6 máquinas, una máquina diaria.
Supervisores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar con los mecánicos, trabajos extraordinarios o cambios rutinarios de piezas.</li> <li>• Informar al jefe de mantenimientos preventivos de trabajos extraordinarios a realizar.</li> </ul>	Control diario, flujo de información constate con todo el personal involucrado.
Jefe de mantenimiento preventivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este debe coordinar todos los trabajos extraordinarios que se tengan que realizar.</li> <li>• Pedido y requisición de repuestos y materiales, control de inventario de repuestos.</li> <li>• Ingreso de datos y revisión de historiales por máquinas.</li> </ul>	Flujo de información constante, el sistema debe retroalimentarse e involucrar a todas las personas encargadas.

### 4.3 Tiempos estimados de implementación del plan

El tiempo de implementación del proyecto puede variar por varias razones, como políticas de la empresa, o falta de recursos humanos y económicos, un tiempo estimado para la elaboración del proyecto se presenta a continuación.

Figura XIII Tiempos estimados de implementación del plan

**Cronograma de actividades**



#### 4.4 Recursos a utilizar

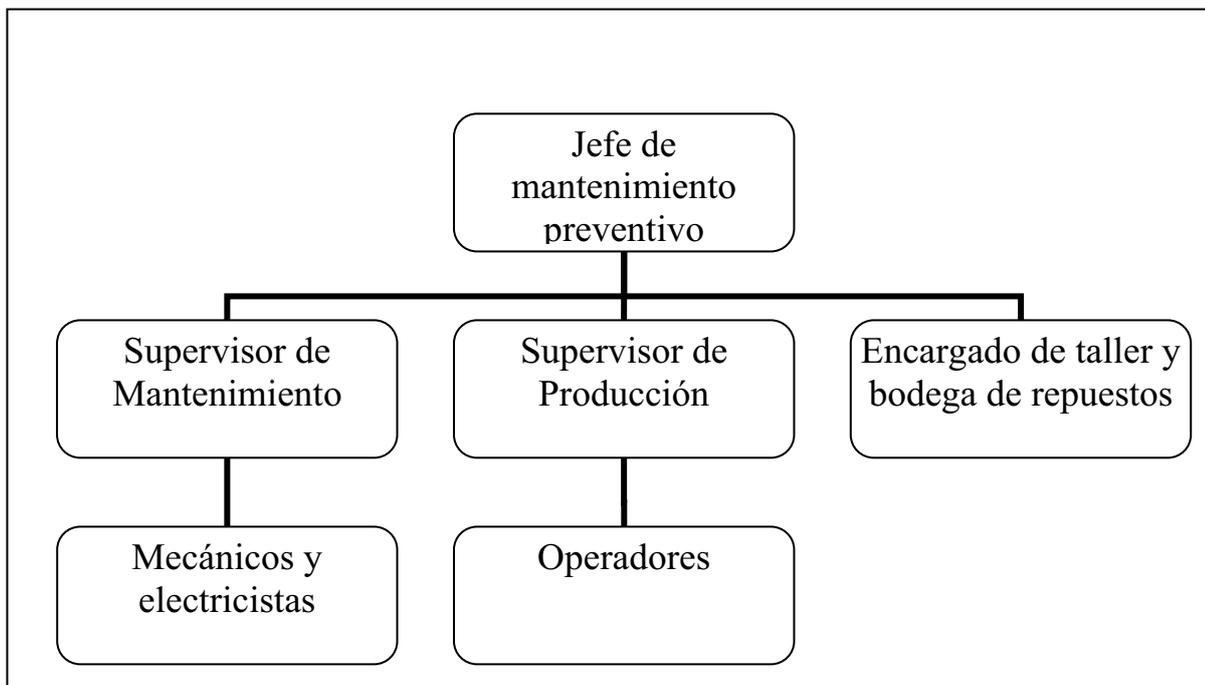
Para la implantación del proyecto se debe contar con recursos que, preferiblemente se encuentren disponibles dentro de la empresa.

Recurso Humano: Es el recurso más importante y que mayor atención y control amerita.

Se necesita personal que conozcan el área a trabajar y los objetivos que se esperan alcanzar, por lo que se les debe de capacitar con regularidad y fomentar el trabajo en equipo y el intercambio de información entre departamentos.

El organigrama del proyecto queda de la siguiente manera:

Figura XIV Organigrama del proyecto



El pilar del sistema de mantenimiento preventivo que se desea implementar es la comunicación e intercambio de información, de esta forma se puede tener una idea más clara de los trabajos que se desean realizar.

Por ejemplo, un operador visualiza un problema que se repitió significativamente en la jornada productiva, este luego informa al mecánico el problema, y si no se puede controlar fácilmente, se comunica con el supervisor del área en turno. Existen muchas posibilidades de fallas, sin embargo, mientras más historiales e información se tenga, más fácil será corregirlos.

Recurso económico: la empresa es la encargada de asignar un presupuesto para la puesta en marcha del proyecto, de este fondo provendrían especialmente la compra de materiales o repuestos que se deban trabajar en las máquinas, además de algunos servicios externos necesarios.

Recurso de mobiliario y equipo: la empresa cuenta con talleres de torno, fresadora, esmerilado, soldadura, y bodega de repuestos entre otros, por lo que este recurso se encuentra activo dentro de la empresa, sin embargo es importante tener la información confiable a la hora de solicitar trabajos o materias primas, con el propósito de no desperdiciarlos



## **5. SEGUIMIENTO Y MEJORA**

### **5.1 Evaluación de resultados**

Los resultados se analizarán cada mes, tomando los datos de las reparaciones que se han realizado y los paros automáticos que han quedado registrados en las computadoras de cada una de las máquinas. Es decir, por cada máquina se debe de llevar un historial de trabajos realizados, luego se deben de comparar los resultados entre los meses anteriores y los meses en los cuales ya se han realizado trabajos de restauración y mantenimiento diario.

El método que se propone utilizar para la evaluación de problemas y posteriormente mejoras, es el de graficas de paros automáticos por mes, mediante paretos.

También se debe de llevar un control de los inventarios de repuestos, por lo el encargado de coordinar los mantenimientos preventivos y de restauración, debe de tener constante comunicación con los encargados de taller.

## 5.2 Toma de decisiones

La toma de decisiones es el proceso de definición de problemas, recopilación de datos, generación de alternativas y selección de un curso de acción.

Para que un proceso de toma de decisiones pueda considerarse completo es preciso que existan ciertas precondiciones.

Estas precondiciones se cumplen cuando es posible responder si a las siguientes preguntas.

1. ¿Existe una diferencia entre la situación presente y las metas deseadas?

Actualmente no se cuenta con un mantenimiento preventivo diario en las máquinas básicas R6, además los historiales de trabajos realizados a las máquinas son pocos.

No se cuenta con inventarios actualizados de repuestos en la bodega, esto debido a que no se tienen visitas y revisiones de herramientas que puedan necesitar cambios.

Se estima que esto cambie una vez implementados los trabajos de restauración y mantenimiento, los historiales y mantenimientos preventivos diarios ayudarán a que las máquinas sean más confiables. Los operadores y mecánicos trabajarán coordinadamente en las rutinas de lubricación y limpieza, de esta manera se crea un involucramiento general en el proyecto.

2. ¿El responsable de tomar la decisión está consciente del significado de la diferencia?

Los mantenimientos diarios proveerán información con la cual no se contaba, con esta información los encargados podrán tomar la decisión más acertada, por ejemplo; se necesita cambiar una pieza, mejorar el sistema de lubricación, realizar una orden de trabajo, o cualquier otra decisión que signifique menos costo sin que afecte el proceso productivo.

3. ¿El responsable del proyecto se siente motivado a actuar para eliminar la diferencia?

Todos los responsables en el proyecto están conscientes de que los trabajos se deben realizar, las máquinas básicas R6 producen constantemente paros no programados que significan dinero, y los cuales se pueden evitar si se involucra la gente en el proyecto.

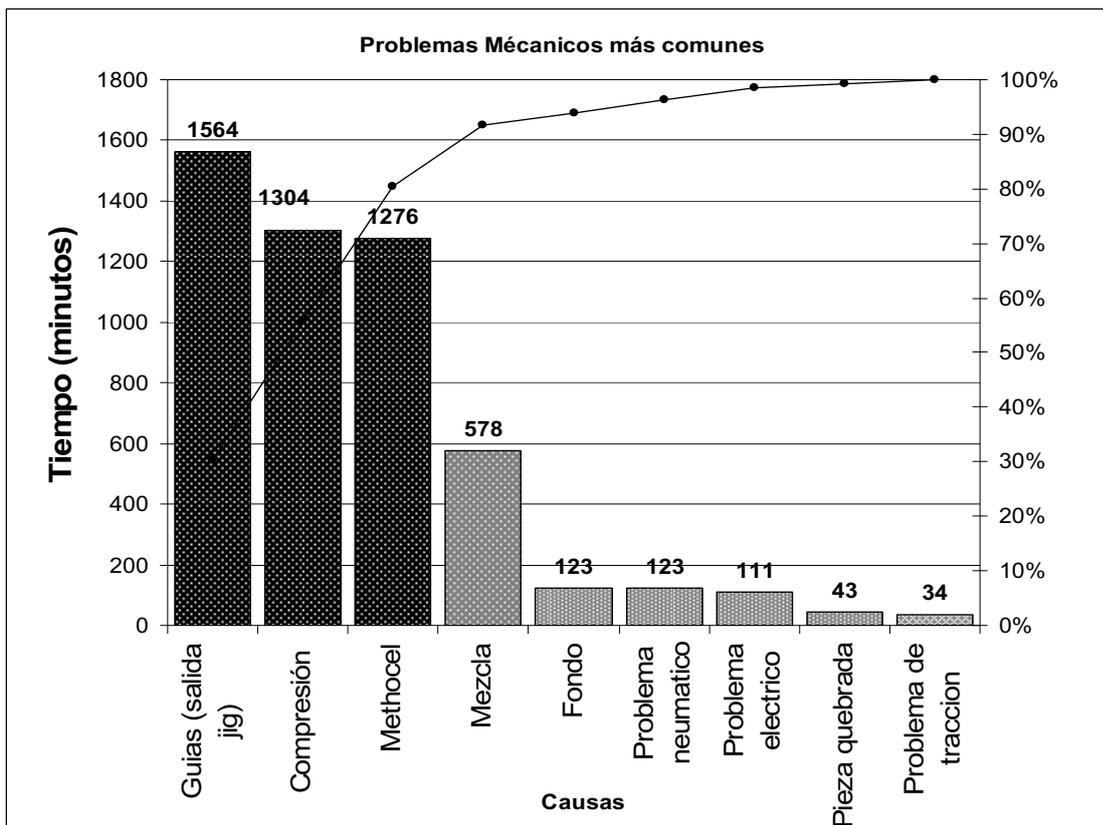
4. ¿El responsable de tomar la decisión cuenta con los recursos necesarios (capacidad y dinero, por ejemplo) para actuar a favor de la eliminación de la diferencia?

La empresa cuenta con los recursos necesarios para echar andar el proyecto, debido a que la mayoría de repuestos se encuentran en la bodega, sin embargo, el problema radicaba principalmente en que no se tenía un orden para hacer las solicitudes, debido a que se realizaban cuando la máquina producía falla. Sin embargo, con los historiales e inspecciones continuas, se pueden tomar mejores decisiones debido a que el encargado estará más seguro de que está será la adecuada.

Las decisiones con las que se trabajará diariamente serán rutinarias, estas se definen como la elección estandarizada en respuesta a problemas y soluciones alternativas relativamente definidas y conocidas. Una de las herramientas más comunes para esta toma de decisiones es la utilización de los paretos.

El diagrama de Pareto es un gráfico para determinar las prioridades de asuntos o problemas. Este reconoce que un número reducido de causas (generalmente un 20 por ciento) explica la mayoría de los problemas (generalmente un 80 por ciento) en cualquier situación.

Figura 15 **Problemas mecánicos más comunes**



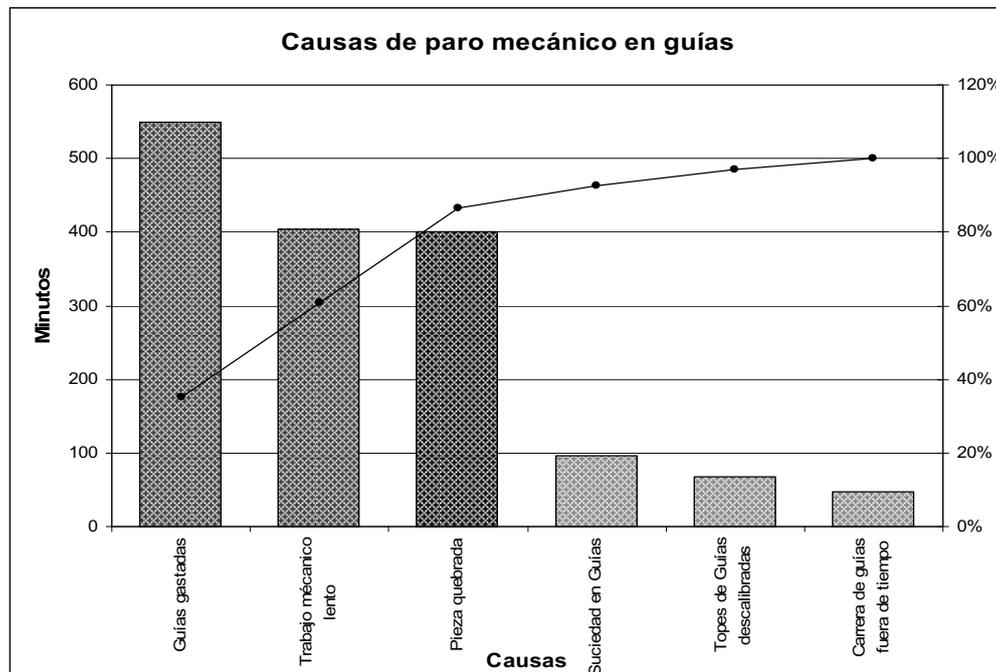
Fuente: Pareto de paros mecánicos más comunes mes de febrero 2007 Rayovac

En el diagrama anterior se puede observar claramente que las 3 principales causas de pasos mecánicos son: guías (35%), roldada de compresión (25%), y methocel (20%), los cuales sumados significan el 80% de los paros totales y únicamente el 20% de las causas de paros. Este ejemplo cumple cabalmente con el principio de pareto, sin embargo no en todos los casos estos porcentajes son similares, ayudándonos más que todo a tener una idea de los problemas primordiales que hay que tratar.

Con los datos anteriores se pueden ser más certero a la hora de tomar una decisión tomando el ejemplo anterior se puede tomar de la siguiente forma.

- a) Se desglosa nuevamente un pareto para las causas principales, en este caso en las guías

Figura 16 **Causas de paros mecánicos más comunes**



Fuente: Pareto de causas de paros mecánicos más comunes mes de febrero 2007 Rayovac

- b) Se toma las causas principales nuevamente y se empiezan a proponer soluciones.
- c) Se puede utilizar lluvia de ideas, o simplemente deducir cuales son las soluciones óptimas.

En la grafica anterior es obvio que la causa principal de los paros mecánicos son las guías gastadas, por lo una opción podría ser rectificar o cambiar según el estado de estas, también los trabajos mecánicos son muy lentos, una propuesta puede ser capacitar a los mecánicos en este tipo de problemas y proveer el equipo necesario para que realicen su trabajo de una mejor manera, y en la pieza quebradas deben revisar desgastes de las piezas, posibles fallas y mantener un inventario adecuado de repuestos. Como se pudo observar anteriormente, las tomas de decisiones son más confiables cuando se tienen los datos y la información, los mantenimientos diarios, pueden proveer esta información para mantener siempre los historiales actualizados.

### **5.3 Mejora continua**

La mejora continua se entiende como una sucesión de decisiones tomadas dentro de una organización, las cuales resultan año tras año en una gran cantidad de pequeñas mejoras.

La mejora continua está regida por las metas de brincar mayor calidad (en los trabajos de mantenimiento), elevar la eficiencia (menos paros no programados), y responder a las necesidades de los clientes (departamento de producción). En correspondencia con ello, por lo general las mejoras sirven para:

1. Incrementar el valor que se ofrece mediante productos y servicios mejorados.
2. Reducir errores, defectos y desperdicios.
3. Incrementar la sensibilidad a cambios y expectativas de los clientes.
4. Elevar la productividad y la eficiencia en el uso de todos los recursos.

Esa es una de las actitudes que se pretende implementar en el departamento de ingeniería, debido a que los seguimientos a los proyectos no son constantes y muchas veces quedan en el olvido, se debe crear un sistema en el que todos participen y aporten mejoras en la máquinas básicas. Una mejora que se desea implementar es el mantenimiento diario en las máquinas básicas R6, de esta forma se puede tener un mejor control de estas y se puede dar seguimiento a los proyectos de restauración e implementación de nuevos sistemas.

#### **5.4 Acciones a tomar**

Antes de tomar las acciones en un proceso de producción continua se deben discutir los pros y contras que un trabajo pudiera provocar en éste, por ejemplo, el cambio de piezas que puedan llevar mucho tiempo su reparación y signifiquen que esa máquina no tenga producción mientras la máquina este deshabilitada. Esta es una de las razones principales de la implementación de mantenimientos preventivos diarios, ya que con estos las fallas y paros no programados disminuirán significativamente, sin embargo

en algunos casos las fallas se producirán sin que se pueda hacer nada, por lo que las acciones que se tomen deben ser las más certeras posibles. Las acciones en este caso, es poner en práctica lo que se discutió en la toma de decisiones, llegando además a acuerdos y negociaciones con otros departamentos y hasta proveedores de servicios, para que la acción sea rápida, del menor costo posible y confiable.

## CONCLUSIONES

1. La excesiva suciedad, sumada a la poca limpieza que se realiza en máquinas y métodos inadecuados de lubricación son las principales causas de los problemas de mantenimiento en las máquinas básicas. Mediante formatos, designación de órdenes de trabajo, limpieza y lubricaciones periódicas se pueden prolongar la eficiencia y vida útil de las máquinas básicas AA.
2. Se proveerán formatos y órdenes de trabajo dependiendo de los trabajos que ameriten ser realizados en las máquinas, se proponen capacitaciones a los involucrados en el proyecto, para realizar revisiones continuas de resultados y establecer una política de mejora continua.
3. Se identificó por medios estadísticos y visuales, cuáles son las variaciones estructurales más relevantes en las máquinas básicas AA, respecto a su diseño original, además se identificaron prioridades de cuales ameritan mayor atención.
4. Las órdenes de trabajo se deben realizar mediante historiales de uso de las piezas, esta información será obtenida de los reportes diarios de producciones que ya se utilizan en la línea de producción.
5. Siguiendo los planes de trabajo y contando con el personal disponible, se puede concluir la primera restauración y mantenimiento de la máquina en 4 semanas, por lo que se debe de aprovechar que existe una máquina fuera de línea para empezar con esta, y luego rotar las restantes.



## RECOMENDACIONES

1. Capacitar constantemente tanto a operadores como a mecánicos de la línea de máquinas básicas AA, en especial en temas de mantenimiento preventivo y buenas practicas de manufactura, con el fin de mantener personal experimentado y motivado en los procesos de producción.
2. Asignar aleatoriamente encargados de realizar auditorias externas, a fin de mantener verificaciones de los resultados e implementar mejoras con la información obtenida.
3. Informar a todo el personal de la planta, por medio de boletines o carteleras de la empresa, los resultados y mejoras obtenidas, durante y después de la implementación, a fin de involucrar al personal y fomentar mejoras en otros departamentos.
4. Posteriormente implementar programas informáticos que entrelacen a todos los departamentos, para mejorar la recolección de información y contar con datos más exactos, uno estos programas podría ser el programa SAP.
5. Se sugiere aprovechar la máquina que esta fuera de producción , para empezar los trabajos de restauración con esta, seguidamente se debe de incorporar a la línea de producción y rotar las otras máquinas para realizar los trabajos de mantenimiento en ellas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. José Santos. **El Manual de la Pila.** Guatemala, 2006. Rayovac Guatemala, S. A.
2. Sergio Torres. **Control de la producción.** Guatemala, Palacios 2001.
3. Hamrock, Jacobson y Smith. **Elementos de máquinas.** México, McGraw- Hill 2004.
4. Maynard. **Manual Del Ingeniero Industrial.** México, McGraw- Hill 2007.
5. Buameister, Theodore. Avallone, Eugene. **Manual Del Ingeniero Mecánico.** 2da . ed. McGraw-Hill. Fecha publicación: 1978.
6. <http://www.skf.com/portal>
7. [http://www.festo .com](http://www.festo.com)