



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS
EXTRUSORAS DE FICHA DE ZINC**

NORVERTH ENRIQUE SOLÓRZANO ARRIAGA

Asesorado por: Ing. Erick José Maldonado Ovalle

GUATEMALA, MARZO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS
EXTRUSORAS DE FICHA DE ZINC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTANDO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**NORVERTH ENRIQUE SOLÓRZANO ARRIAGA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

INGENIERO MECÁNICO

Asesorado por: Ing. Erick José Maldonado Ovalle

GUATEMALA, MARZOM DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR:	Ing. José Francisco Arrivillaga
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Humberto Figueroa
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 el trabajo de graduación titulado:

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS EXTRUSORAS DE FICHA DE ZINC

Tema que me fuera asignado por la coordinación de la carrera de Ingeniería mecánica, con fecha 11 de febrero de 2003.

Norverth Enrique Solórzano Arriaga

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	v
LISTA DE SÍMBOLOS.....	vii
GLOSARIO.....	ix
RESUMEN.....	xi
OBJETIVO.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv
1. GENERALIDADES Y FUNCIONES.....	1
1.1 Conceptos fundamentales.....	1
1.1.1 Definición de mantenimiento.....	1
1.1.2 Atribuciones de mantenimiento.....	1
1.1.3 Funciones y objetivos del mantenimiento.....	2
1.1.4 Funciones secundarias del mantenimiento.....	3
1.1.5 Funciones específicas del mantenimiento.....	4
1.2 ¿Qué alcance debe tener el programa de mantenimiento preventivo?.....	7
1.3 ¿Qué debe incluir el programa de mantenimiento preventivo.....	9
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	11
2.1 ¿Por qué se debe implantar un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de ficha de zinc?.....	14
2.2 Diagnóstico del problema a solucionar.....	15

3.	INFORMACIÓN TÉCNICA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS EXTRUSORAS.....	17
3.1	Funcionamiento de las máquinas extrusoras.....	17
3.1.1	Construcción de la máquina.....	17
3.1.2	Accionamiento eléctrico.....	18
3.1.2.1	Engrane de regulación.....	18
3.1.3	Embrague y freno.....	18
3.1.4	Dispositivo mecánico de retirada de piezas.....	19
3.1.4.1	Aire a presión para retirar las piezas.....	20
3.1.5	Instalación eléctrica.....	20
3.1.6	Lubricación.....	28
3.1.7	Sistema neumático.....	29
4.	ANÁLISIS DE LAS FALLAS MÁS COMUNES EN LAS MÁQUINAS EXTRUSORAS.....	35
4.1	Fallas más comunes en las máquinas extrusoras.....	35
4.2	Factores externos que provocan fallas dentro de las Máquinas.....	38
4.3	Análisis de las fallas y factores que lo provocan.....	39
5.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	43
5.1	Procedimiento y descripción de las actividades ha realizar para el mantenimiento.....	43
5.1.1	Mantenimiento de avería.....	43
5.1.1.1	Definición, propósito y resultados.....	44
5.1.2	Control de órdenes de trabajo.....	46
5.1.2.1	Definición, propósito y resultados.....	46

5.1.3 Programa de visitas e inspecciones.....	50
5.1.3.1 Definición, propósito y resultados.....	50
5.1.4 Análisis de lubricantes.....	56
5.1.4.1 Definición de lubricación.....	59
5.1.4.2 Importancia de la planificación de la lubricación	61
5.1.4.3 Tipos de lubricación.....	64
5.1.4.4 Propiedades necesarias de los lubricantes.....	68
5.1.4.5 Gráficas de muestras de aceite tomadas de la prensa extrusora.....	70
5.1.5.6 Interpretación de gráficas de muestras de aceite tomadas a prensas extrusoras.....	79
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

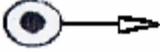
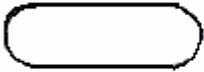
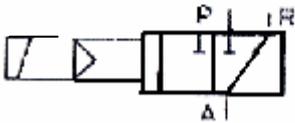
FIGURAS

1.	Esquema del dispositivo mecánico de retirad de piezas.....	31
2.	Esquema del tablero de control.....	32
3.	Esquema del mando de aire.....	33
4.	Hoja de mantenimiento de avería.....	45
5.	Ficha de orden de trabajo.....	49
6.	Gráfica contenido de hierro.....	72
7.	Gráfica contenido de cobre.....	73
8.	Gráfica contenido de aluminio.....	74
9.	Gráfica contenido de estaño.....	75
10.	Gráficas información del aceite.....	76
11.	Gráfica viscosidad a 40°C y 100°C.....	77
12.	Grafica índice de viscosidad.....	78

TABLAS

I	Lista de piezas.....	27
II	Sistema neumático.....	30
III	Fallas más comunes dentro del departamento de Extrusión.....	36

LISTA DE SÍMBOLOS

	Conexión para el aire a presión
	Válvula reductora de presión RV ½"
	Manómetro
	Grifo de salida R ½" x 73
	Válvula de seguridad para el aire a presión
	Calderín de aire
	Presostato R – 1160 SSW
	Filtro de aire a presión
	Pulverizador de aceite
	Válvula de 3 vías
	Silenciador
	Conexión para el dispositivo de soplado de aire

GLOSARIO

Carril de ficha	Es la unión entre el tambor del llenado y la alimentación de discos.
Dado	Herramienta o dispositivo redondo que tiene como principal objetivo sostener la ficha para que ésta sea golpeada por el punzón.
Embrague	Dispositivo que trabaja por fricción cuya función principal es transmitir potencia de modo intermitente.
Ficha	Discos redondos de zinc utilizados para la fabricación de vaso.
Freno	Dispositivo friccional que absorbe la energía cinética de los cuerpos en movimiento y por lo tanto controlan su movimiento.
Punzón	Herramienta de acero, con lo cual la prensa golpea la ficha para darle forma de vaso.
Resistencia	Dispositivo eléctrico, con el cual se calienta el carril de ficha y el dado.

Tejo Pieza redonda que sirve de respaldo para el dado.

Pila Generador de corriente eléctrica que utiliza la energía liberada en una reacción química.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación nos presenta una descripción de las prensas extrusoras de zinc, donde se señalan conceptos teóricos que están relacionados con la formación de vasos de zinc, además hace mención de las generalidades y funciones del mantenimiento, así como los alcances que debe tener el programa de mantenimiento preventivo, los diagnósticos de problemas a solucionar. Una vez señalado esto, se hace mención de partes que por su operación sufre desgaste y son causantes de las fallas más frecuentes, por ejemplo: dados, punzones, votadores, etc.

Se da una descripción de las fallas externas más comunes que provocan deterioro en las máquinas, así como la manera de solucionar y evitar estos problemas. Algunos de los problemas que se mencionan en este capítulo son: la mala lubricación de las fichas de zinc, la falla en el sistema de resistencias en la máquina. Una vez citados los problemas ocasionados por la ficha de zinc, se hizo una descripción del mantenimiento de averías, se hace mención de un formato de órdenes de trabajo, y de una hoja de control de mantenimiento de averías.

Finalmente se hace mención de una análisis de lubricación que se le realizó a una de las prensas extrusoras para determinar la vida útil del lubricante que se utiliza, definiendo qué es la lubricación y los diferentes tipos de lubricación que se presentan en las máquinas extrusoras.

OBJETIVOS

♦ **General**

Proponer un programa de mantenimiento preventivo de máquinas extrusoras de ficha de zinc, el cual ayudará a prolongar la vida útil de las máquinas extrusoras.

♦ **Específicos**

1. Generalidades y funciones del mantenimiento, sobre los alcances que debe de tener el programa de mantenimiento preventivo.
2. Conocer el funcionamiento de las máquinas extrusoras.
3. Conocer los problemas más frecuentes que afectan las máquinas extrusoras.
4. Establecer rutinas de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de acuerdo a la frecuencia de problemas de las máquinas.
5. Proporcionar información necesaria de los componentes de las prensas, a futuros investigadores interesados en la materia.

INTRODUCCIÓN

La empresa RAYOVAC de Guatemala S.A., se dedica a la elaboración de pilas de 1.5 voltios; y su departamento de Extrusión tiene a su cargo la elaboración del vaso de zinc para la pila 2LP, 1LP y R6 (grande, mediana y pequeña.).

Debido al aumento de la producción de las pilas en los últimos tiempos, la demanda de vaso de zinc ha crecido considerablemente, por lo que es importante el cuidado de cada uno de los componentes de las prensas que hacen posible el proceso de fabricación. Para darle una solución al problema, se trata de implementar un programa de mantenimiento preventivo, el cual no ha dado solución al problema, por lo que se ha adoptado la modalidad del mantenimiento correctivo, no logrando con ninguna de estas implementaciones el objetivo del mantenimiento, evitar que las máquinas queden fuera de servicio.

A consecuencia de todas las fallas en las máquinas extrusoras se ha hecho necesario anteponérseles a las fallas con la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, con el fin de evitar todos aquellos paros inesperados en las prensas; así como la eliminación de averías y anomalías sistemáticas, que producen un aumento en los costos de mantenimiento. También se pretende asegurar que las prensas funcionen en condiciones más eficientes, para ofrecer un buen servicio dentro de un nivel óptimo de operación.

Por la importancia que ha tomado el departamento de Extrusión, en la producción de pilas, se ha convertido en el departamento con mas prioridad, ya que es el inicio de la producción.

El principal objetivo del programa de mantenimiento preventivo es ayudar a la prolongación de la vida útil de las prensas extrusoras, todo esto se pretende lograr con un análisis de fallas más comunes en las prensas extrusoras. También se pretende predecir con anticipación el desgaste que pueden producir algunas de sus partes internas, por medio de un análisis de aceites, el cual proporcionará datos reales, con lo cual estaremos con la capacidad de anticipar la detención de las averías.

Todo esto pretende reforzar con la realización de visitas, inspecciones y revisiones periódicas con el fin de detectar posibles fallas que puedan ocasionar o generar una avería o paro dentro de la máquina, las visitas deben realizarse por medio de un programa, el cual debe adecuarse al número de prensas extrusoras existentes en el departamento. Las inspecciones se delegarán a los mecánicos que tengan a su cargo las limpiezas de las prensas extrusoras, así como a los operarios se les entregará un formato donde reportarán por medio de las inspecciones de su prensa, las posibles averías existentes.

Con este programa de mantenimiento se espera que los tiempos muertos disminuyan, y los costos de mantenimiento se mantenga bajos.

1. GENERALIDADES Y FUNCIONES

1.1 Conceptos fundamentales

1.1.1 Definición de mantenimiento

Se entiende por mantenimiento a toda clase de actividades que deben realizarse con el fin de conservar en óptimas condiciones los elementos físicos de una empresa: maquinaria, equipos, instalaciones, etc., para operar en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente, económico y especialmente para mantener el servicio que prestan y para el cual han sido creados.

1.1.2 Atribuciones de mantenimiento

El servicio de mantenimiento implica la realización, entre otras cosas, de las siguientes actividades.

- Reparar las averías que puedan producirse en máquinas e instalaciones en un mínimo tiempo.
- Prever las posibles averías con antelación suficiente para que estas no se produzcan, eliminando los paros imprevistos.
- Verificar la calidad de fabricación de máquinas e instalaciones para evitar que se deterioren, produciendo rechazos de piezas fabricadas.

- Eliminar las averías y anomalías sistemáticas, que producen un aumento en los costos de mantenimiento.
- Realizar una correcta gestión de *stocks* de los repuestos y de los materiales de mantenimiento para disminuir los inmovilizados de almacén, impidiendo al mismo tiempo las roturas de las piezas, que pueden originar paros excesivos en máquinas e instalaciones.
- Reacondicionar máquinas e instalaciones para conseguir llevarlas a un estado similar al que tenían cuando fueron nuevas.

1.1.3 Funciones y objetivos del mantenimiento

La función del mantenimiento es proveer todos los medios necesarios para la conservación de los mismos elementos físicos de una empresa, para que operen con la máxima eficiencia, seguridad y economía.

En el mantenimiento existen dos objetivos fundamentales: el primero, se considera el más importante, es conservar el servicio que presta la maquinaria, equipos o instalaciones. El segundo objetivo se refiere a la conservación y estado de los elementos mismos.

Estos dos objetivos, no son independientes uno del otro, por lo que debemos tratarlos conjuntamente. Para cumplirlos debemos combinar en la mejor forma los factores siguientes:

1. Calidad económica del servicio
2. Duración adecuada del equipo
3. Minimizar de los costos de mantenimiento

1.1.4 Funciones secundarias del mantenimiento

- **Transportes internos**

Tiene como acción específica los transportes internos de la planta, asegurando que las líneas y secciones de producción estén provistos en el momento adecuado de materia prima útiles, herramientas, repuestos, etc.

- **Transportes nuevos**

Suele asignársele al mantenimiento este tipo de actividades por lo que debe estar dotado de los medios para realizar cualquier trabajo nuevo que surja en la planta y cuya urgencia o excesivo costo impida su contratación.

- **Existencia de repuestos y materiales**

Tiene por objeto el estudio de los repuestos de máquinas e instalaciones, determinación de existencia, intercambiabilidad de piezas, etc.

- **Seguridad**

La seguridad se incluye en el mantenimiento, por ser el servicio de la fábrica que mejor conoce la situación y tipo de equipo así como sus posibles fallas y los peligros que puedan surgir para el personal.

- **Servicios generales**

Consiste en la vigilancia y mantenimiento en servicio de las instalaciones generales de la planta, tales como las instalaciones de vapor, agua, aire, edificaciones, pistas de acceso, drenajes y jardinería.

1.1.5 Funciones específicas del mantenimiento

Mantenimiento curativo

El mantenimiento curativo es reconocido también como mantenimiento de averías. Este tipo de mantenimiento se da cuando hay algún paro de producción debido a alguna avería en el equipo y es necesario repararlo de inmediato.

A partir del momento en que se presenta la avería, se hace la planificación de actividades, repuestos, materiales, personal, etc., para la reparación. Este tipo de mantenimiento como única función no es recomendable. En la industria es imposible depender de un tipo de mantenimiento de esta naturaleza; puede acarrear grandes pérdidas, dependiendo de la gravedad de la avería.

En cualquier tipo de industria, hay que desarrollar un plan previsto de mantenimiento, para poder evitar al máximo, que se presenten averías de este tipo. El mantenimiento de averías, es una variante del mantenimiento curativo. Se diferencia de este, en que el tipo de avería ya ha sido previsto y planificada su reparación, aunque no conocemos el momento justo en que ocurrirá.

Mantenimiento preventivo

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, considerando que los paros necesarios para esta acción, aunque tengan la menor influencia posible sobre la producción.

Sabemos que al ocurrir una avería, siempre se tiene que aplicar el mantenimiento correctivo. Con el mantenimiento preventivo, se busca minimizar la probabilidad de fallas; por medio de la aplicación constante de un nivel determinado de mantenimiento para prevenirlas.

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

- **Visitas**

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

- **Revisiones**

Son inspecciones periódicas para comprobar el estado del equipo, muy similares a las visitas, pero con la diferencia de que sí se realizan operaciones de desmontaje parcial o total.

Su profundidad es mayor que en las visitas, sin embargo es necesario efectuar paros o realizarlas durante el tiempo programado de interrupción de producción.

- **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 un punto fundamental en el mantenimiento preventivo, pues con una adecuada lubricación, podemos 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

- **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 más fácilmente las averías en el equipo y facilita así mismo el tiempo del personal de mantenimiento.

Ventajas del mantenimiento preventivo

Entre las ventajas de la aplicación del mantenimiento preventivo tenemos:

1. Mayor confiabilidad
2. Prolongación de la vida útil
3. Reducción de la existencia de almacén
4. Disminución del tiempo muerto
5. Disminución en los costos de reparación

Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo, al que está encaminado a reducir y mejorar las condiciones insatisfactorias en maquinaria y equipos encontrados durante la inspección del mantenimiento preventivo.

Sus funciones podemos dividirlos así:

1. Corregir las averías sistemáticas de maquinaria y equipo, aunque sea necesario para ellos realizar cambios en los diseños o construcción de los mismos. También se trata de mejorar su ergonomía para evitar accidentes laborales.
2. Reacondicionar la maquinaria y equipo en tal forma que su funcionamiento permita obtener el máximo rendimiento.

1.2 ¿Qué alcance debe tener el programa de mantenimiento preventivo?

Por definición el mantenimiento preventivo es el trabajo que se ejecuta sin un conocimiento específico que exista algún defecto en el equipo. Los trabajos de mantenimiento tienen que planearse de manera que no se produzcan paros en los equipos, tales como un paro en el servicio de calderas. Excluye también las reparaciones por roturas o descomposiciones cuando se interrumpe el funcionamiento del equipo por no ejecutar la función que se espera del mismo.

Para proteger una inversión cuantiosa, como la compra de un automóvil, casi todos nosotros llevamos a cabo cierta forma de mantenimiento preventivo. En este sentido, si el objetivo es mantener y operar un edificio al menos costo posible, con una óptima eficiencia y por toda su duración, es imperativo que se pongan en práctica un mantenimiento preventivo y contra roturas para que a la larga resulte en el costo de mantenimiento total más bajo.

1.3 ¿Qué debe incluirse en el programa de mantenimiento preventivo?

El punto importante que debe considerarse es que no todos los equipos pueden incluirse dentro del programa de mantenimiento preventivo. Para algunos equipos, el mantenimiento de las roturas podría ser la forma más económica de hacerlo. Para la instalación, tiene que prepararse primero una lista de las partidas y equipos que se incluirían en el programa de mantenimiento y esta lista sería exclusiva para la instalación de que se trate. Esta lista tiene que mantenerse al día y revisarse cuando se añadan nuevos equipos o se descarten otros mantenimientos preventivos. A continuación indicamos algunos de los puntos que deben considerarse al decir qué equipos deben incluirse en el programa de mantenimiento preventivo:

1. ¿Es crítico el equipo? ¿Si llega a fallar, producirá riesgos de seguridad o una avería de grandes repercusiones?
2. ¿Requerirá una inspección de mantenimiento el desmontaje de equipo?
3. ¿Tiene el equipo otra reserva? ¿Puede ponerse en funcionamiento sin pérdida de eficiencia?
4. ¿Excederá el costo del mantenimiento preventivo, el costo de las reparaciones no programadas?

5. ¿Qué importancia tiene la prolongación de la duración del equipo? Entre otras palabras: ¿Llegará el momento en que el equipo tendría que reemplazarse por resultar anticuado o la disponibilidad de marcas mejores?
6. ¿Qué importancia tiene el funcionamiento ininterrumpido de una pieza de equipo en particular?
7. ¿Cuánto tiempo se tomarían la reparaciones?

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Un servicio o programa de mantenimiento tiene como principal objeto el de mantener en perfecto estado de funcionamiento todos los elementos productivos de una empresa-máquinas, equipos e instalaciones-, para lograr su máximo rendimiento, con una calidad adecuada y con un mínimo costo.

El servicio de mantenimiento en numerosas empresas, comienza con la reparación de averías, más tarde se le asignan funciones de engrase y limpieza, que en un principio realizaban las operaciones de las máquinas e instalaciones, luego aparecen las necesidades de adelantarse a las averías y con ello se introduce el mantenimiento preventivo. Por último el imperativo de la calidad y de disminuir al máximo los costos de mantenimiento y de alargar la vida útil de las máquinas, obliga a la aparición de un estudio final más depurado de la aplicación de un mantenimiento correctivo.

Sin embargo, en numerosas empresas de países en vías de desarrollo no han sobrepasado la primera fase y el mantenimiento es considerado en cierto modo como un lastre para la empresa porque únicamente se destacan por sus aspectos negativos. Esta consideración llevan a los hombres que forman parte del equipo de mantenimiento a sentirse a menudo desmotivados por el poco reconocimiento que reciben sus logros, considerados como normales por el resto de la fábrica, y por el excesivo énfasis en las fallas, frecuentemente no imputables al servicio de mantenimiento.

La falta de un adecuado sistema de mantenimiento puede afectar seriamente a la producción de la fábrica y en consecuencia al desarrollo económico del país. Las pérdidas pueden ser entre otras:

- Disminución de la vida útil de la maquinaria, originado por un mantenimiento deficiente o por reparaciones inapropiadas.
- Pérdidas de producción, debido a equipos parados por averías.
- Pérdidas de calidad en la producción, que pueden ocasionar desprestigio comercial de la empresa.
- Pérdidas por el incremento por el inmovilizado de los *stocks* de repuestos al producirse un exceso de averías sobre el normal y no tener gran seguridad en cuanto al plazo de reposición.
- Exceso de gastos de energía debidas al mal estado de la materia que produce Consumos anormales o pérdidas debidas a fugas o defectos de aislamiento.

Todas las pérdidas mencionadas anteriormente producen costos indirectos, que por su dificultad de medición son ignorados por la empresa.

Una acción de mantenimiento preventivo puede lograr reducción del 40 al 80 por ciento en el numero de averías producidas y del 30 al 40 por ciento de las horas de paro.

Una cifra generalizada es estimar que los costos del mantenimiento no deberán sobrepasar el 4 por ciento del inmovilizado de la empresa. Sobrepasar esta cifra indica la existencia de una maquinaria e instalaciones obsoletas o que se está aplicando un exceso de mantenimiento. Por el contrario, una cifra inferior puede indicar una falta de mantenimiento, cuyas reparaciones sufrirá la empresa a mediano plazo.

La implantación de una política de mantenimiento preventivo de la fabrica, produce un incremento de los costos de mantenimiento durante primero y segundo año de su aplicación. Sin embargo, a los tres o cuatro años de mantener esta política, se pueden obtener reducciones del 30 al 50 por ciento de los costos por mantenimiento existentes antes de comenzar el mantenimiento preventivo. Pero paralelamente a estos efectos, aparentemente negativos inicialmente, se obtienen unas notables reducciones, con una espectacular disminución de los costos indirectos.

2.1 ¿Por qué se debe implantar un programa de mantenimiento en el departamento de Extrusión?

El departamento de Extrusión de la empresa **RAYOVAC, S.A.**, cuenta actualmente con 17 máquinas o prensas extrusoras.

Todas estas máquinas tienen 20 a 30 años de trabajo, por lo que son antiguas y obsoletas. Esto viene a repercutir en su funcionamiento y por consiguiente necesitan de un mayor mantenimiento de cada una de sus partes.

Actualmente el departamento de Extrusión esta realizando mantenimiento curativo o de avería, lo cual a traído como consecuencia paros o tiempos muertos continuos y excesivos en la maquinaria, y por lo tanto una considerable disminución de la producción. Con un buen programa de mantenimiento evitaríamos esos largos tiempos muertos y fallas continuas.

Debido a que las máquinas en el departamento de Extrusión han venido presentando una serie de problemas, este se ha convertido en uno de los departamentos más importantes, sino el más importante dentro de la empresa.

Debido a la continuidad de las fallas ocurridas a las máquinas, la producción que se obtiene a diario es insuficiente, por lo cual es imposible obtener una producción para almacenaje, convirtiéndose así: en el único departamento que no cuenta con un almacenamiento del producto que elabora a diario, en caso de cualquier emergencia.

El alto costo de mantenimiento en una empresa, es lo primero que se refleja en el precio de un producto, por lo que una solución es un buen programa de mantenimiento preventivo.

2.2 Diagnóstico del problema a solucionar

De acuerdo con la necesidad de un programa de mantenimiento preventivo en el departamento de Extrusión en la empresa Rayovac, S.A. Se hace realce la viabilidad de este, por ser único medio con que se cuenta para poder disminuir las infinidades de paros que se presentan en el departamento de extrusión.

Se sabe que en la empresa Rayovac, S.A. es muy difícil la posibilidad de dar un mantenimiento preventivo a la maquinaria, debido a que se le exige más producción, de lo que éstas son capaces de dar.

Al departamento de Extrusión se les exige una producción aproximada de 2,000 vasos por minuto, mientras este sólo es capaz de proporcionar 1,670 vasos por minuto aproximadamente esto sucedería siempre y cuando la maquinaria esté funcionando a un cien por ciento, lo cual es imposible que esto suceda, y trae como consecuencia una baja en la producción.

Otro factor muy importante, es el que ha venido repercutiendo en la eficiencia de la maquinaria desde hace un largo tiempo, ha sido la lubricación de la ficha. Esta ficha debe ser lubricada para que la máquina le sea más fácil la extrusión. Este problema, se ha venido acarreado desde hace mucho tiempo, provoca que las máquinas fallen constantemente, lo cual trae como consecuencia que los punzones se quiebren a cada momento, así como otras piezas. Esto provoca que los costos de mantenimiento sean más elevados, así como el precio final del producto. Todas estas fallas detienen la operación de la maquinaria constantemente, provocando así una baja producción dentro del departamento. A causa de la antigüedad de la maquinaria ha sido necesario cambiar con mucha frecuencia la lubricación de dicha ficha, provocando paradas no planificadas.

Todo esto, unido a otros factores , viene a repercutir en el desarrollo normal de las máquinas, que traen como consecuencia paros indeseados en su horario normal de funcionamiento y lo que es peor una baja producción de las máquinas.

3. INFORMACIÓN TÉCNICA Y FUNCIONAMIENTO DE LAS MAQUINAS EXTRUSORAS

3.1 Funcionamiento de las máquinas extrusoras

Antes de poner en marcha la prensa deberán comprobarse los siguientes puntos:

1. Verificar que el depósito de aceite este lleno.
2. Verificar que este llegando aceite a todos los puntos de lubricación.
3. Revisar que estén bien engrasados todos los puntos de lubricación a mano.
4. Verificar que los manómetros de aceite y de aire estén trabajando bien.

Al momento de hacer funcionar la máquina, ésta deberá funcionar lentamente, con el fin de verificar que todas las piezas deslizantes reciban la cantidad suficiente de aceite, así también se recomienda no cargar la máquina a su potencia máxima de presión durante los primeros 8 ó 10 minutos de trabajo.

3.1.1 Construcción de la máquina

La prensa trabaja según el principio de la palanca acodada, por ello ésta máquina es especialmente adecuada para la fabricación de piezas extruidas a presión.

El bastidor de la máquina es de función especial para las prensas y contiene reunidos en su interior todos los elementos de accionamiento. La máquina está con una instalación automática de lubricación central por aceite. Debido al diseño de su construcción no pueden producirse pérdidas de aceite.

3.1.2 Accionamiento Eléctrico

La prensa es accionada por medio de un motor con potencia en cortocircuito para corriente alterna trifásica. El motor se encuentra situado sobre una consola colocada junto al bastidor de la máquina y sujeta en el fundamento. La consola para el motor puede ser desplazada para el tensado de la correa.

3.1.2.1 Engrane de regulación

Por medio del engranaje de regulación utilizado en esta máquina, se regula el número de carreras variando el diámetro de las poleas de accionamiento. La variación del diámetro de la polea de accionamiento, se consigue desplazando la consola para la sujeción del motor, es decir, variando la distancia del eje entre el volante y la polea de accionamiento. La graduación de la consola del motor se efectúa por medio de una carrera.

3.1.3 Embrague y freno

La máquina está equipada con una combinación de embrague y freno de accionamiento electro-neumático y exenta de mantenimiento, la cual produce la unión firme entre el árbol del embrague y el volante. La combinación embrague-freno se conecta a través de una válvula de mando de tres vías, la cual se encuentra en la tubería de aire del embrague.

Al embragar la prensa, la válvula de mando deja libre el paso del aire hacia el embrague, con ello el freno es accionado por muelles, y a continuación se cierra el embrague.

Al desembragar la prensa, se interrumpe por medio de la válvula magnética, al paso de aire hacia el embrague y se abre el camino hacia el exterior a través de un silenciador para el aire que se encuentra en el cilindro del embrague. De esta forma se distancia el embrague y cae el freno por el efecto de los muelles. La presión de aire necesaria para el embrague y el freno es de 80.85 lb/pulg² (5.5 atmósferas).

3.1.4 Dispositivo mecánico de retirada de las piezas

El dispositivo mecánico de retirada de las piezas solamente puede ser utilizado cuando se dispone de un dispositivo circular fijo de extracción. Dicho dispositivo de retirada sirve para retirar con seguridad las piezas extruidas de la zona de la herramienta. Se encuentra sujeta en la parte superior del dispositivo circular de extracción y por lo tanto, es fácilmente accesible para los necesarios trabajos de ajuste.

Solamente la palanca del bloque **18/03/08** el dispositivo puede ser basculada hacia afuera sacándolo de la zona de la herramienta, sin que por ello se modifique su ajuste.

Debajo del dispositivo de retirada se encuentra el canal para depositar las piezas, el cual está apoyado en forma giratoria en el punto de giro "D". Después de desenclavar la pieza de unión **8755-4** puede doblarse hacia abajo el canal de retirada para depositar las piezas. Debido a esta posibilidad de doblar hacia abajo el canal, y de bascular hacia afuera el dispositivo de retirada, queda libre toda la zona de la herramienta para efectuar cómodamente el cambio de herramienta. Ver figura 1.

3.1.4.1 Aire a presión para retirar las piezas

El aire a presión de soplado dirigido, sirve para llevar las piezas extruidas ya expulsadas hasta la cinta transportadora o hasta el canal de retirada. El aire a presión puede ser dosificado finamente por medio de dos toberas de soplado. La presión del aire es ajustada por medio de una válvula reductora de presión.

El mando del aire a presión se efectúa por medio de una leva de mando en el árbol longitudinal y de una válvula neumática.

3.1.5 Instalación eléctrica

El mando de la máquina se efectúa desde el puesto eléctrico de mando. El puesto de mando consta de una parte de indicación, una parte de la preselección y una parte de mando. Ver figura 2 .

La parte de indicación consta de las siguientes lámparas de control:

Lámpara de control 7

La lámpara se enciende intermitentemente al arrancar y al parar el motor, y queda encendida constantemente cuando el motor ha alcanzado el número nominal de revoluciones.

Lámpara de control 8

La lámpara se enciende constantemente cuando el tambor de llenado está en funcionamiento.

Lámpara de control 9

La lámpara se enciende cuando el motor ha alcanzado el número nominal de revoluciones, cuando se dispone de la presión de aceite, de la presión del aire y cuando no existe ninguna avería en el control del extractor de envases.

Lámpara de control 10

La lámpara de control se enciende cuando la presión del aire en el calderín o bien en el presostato –montado en el calderín de aire-, es demasiado bajo. La presión mínima está ajustada en el presostato con 66.15 lb/pulg² (4.5 atmósferas). Tan pronto como se encienda la lámpara de control se desconecta el embrague.

Lámpara de control 11

La lámpara de control se enciende cuando actúa el interruptor de presión máxima a causa de un exceso en la presión del aceite, o bien, cuando actúa el control

del caudal de paso si la cantidad de aceite es demasiado pequeña. Tan pronto como se enciende la lámpara de control, se desconecta el embrague. El motivo de la avería en el sistema de lubricación puede comprobarse en las dos lámparas de control de presión de aceite demasiado alta y la lámpara de control de presión de lubricante demasiado pequeño, que se encuentra en el armario de conexiones.

Lámpara de control 12

La lámpara de control se enciende cuando no hay ningún disco adelante del interruptor de seguridad en el canal. Entonces se desconecta el embrague. El control solamente actúa cuando la máquina está en marcha continua.

Lámpara de control 13

La lámpara de control se enciende cuando queda bloqueado en la matriz una pieza extruída y el contacto de seguridad toca la pieza extruída. Entonces se desconecta el embrague. Una vez eliminada la avería, debe oprimirse el pulsador luminoso del control de extracción de envases. Cuando la lámpara se apaga la prensa está preparada para el funcionamiento. Este control actúa, tanto en servicio de ajuste, como en marcha continua.

Lámpara de control 27 (reserva)

Parte de preselección

La parte de preselección consta de una hilera de pulsadores. Esta puede ser bloqueada por medio de una llave de seguridad, a fin de impedir que la prensa sea puesta en funcionamiento por personas ajenas.

Cerradura 14

Por medio de esta cerradura puede ser bloqueada la hilera de pulsadores en la parte de selección.

Oprimiendo los correspondientes pulsadores, pueden preseleccionarse las siguientes funciones.

Mando desde 15

Desconexión de todo el sistema de mando.

Ajustar 16

- a. Movimiento paso a paso del punzón, a lo largo de toda la longitud de la carrera, oprimiendo brevemente el pulsador **embrague conectado**.
- b. Están puenteados los fusibles (interruptor fin de carrera) en el disco de protección y el interruptor de seguridad en el canal. Deberá disponerse de presión de aceite y presión de aire. Además, no deberá existir ninguna avería en el control de extracción de envases.

Marcha continua 17

La prensa solamente puede ser accionada en marcha continua oprimiendo el pulsador **embrague conectado**.

Sin control de discos 18

La prensa no es controlada en marcha continua por el interruptor de seguridad en el canal, es decir, que la prensa sigue funcionando incluso cuando no haya ningún disco delante del interruptor de seguridad.

Control de discos 19

La prensa es controlada en marcha continua por el interruptor de seguridad en el canal, es decir, que si no hay ningún disco delante del interruptor de seguridad se desconecta el embrague.

Línea desconectada 20

La máquina puede ser puesta en funcionamiento también sin estar unidas a las máquinas sucesivas de la línea.

Línea conectada 21

La máquina sola puede ser puesta en funcionamiento junto con las máquinas sucesivas de la línea.

Motor sobrecargado 22

Cuando el motor se encuentra sobrecargado se enciende este pulsador y la prensa no puede ser ya embragada. Solamente después de oprimir este pulsador y de apagar la lámpara, la máquina esta otra vez preparada para funcionar.

Tecla 23,24 (reserva)

Parte de mando

Embrague conectado 1

Es necesario embragar la prensa para ajustar o para marcha continua.

Embrague desconectado 2

Desembragar la prensa

Stop 2a

Al oprimir el pulsador de impacto, la prensa se detiene en cualquier posición. Este pulsador de impacto actúa, tanto en servicio de ajuste, como en marcha continua. La prensa no puede ser conectada otra vez, hasta que se haya desbloqueado el pulsador de impacto haciéndolo girar hacia la derecha. De este modo se impide una conexión involuntaria de la prensa.

Motor conectado 3

Al oprimir este pulsador, se conecta el motor. La lámpara de control **motor conectado** en la parte de indicación se enciende intermitentemente hasta que el motor ha alcanzado su número nominal de revoluciones.

Motor desconectado 4

Al oprimir este pulsador, se desconecta el motor.

Tambor de llenado conectado 5

Al oprimir este pulsador, se conecta el motor del tambor de llenado.

Tambor de llenado desconectado 6

Al oprimir este pulsador, se desconecta el motor del tambor de llenado

Tecla 25, 26 (Reserva)

Tabla I. Lista de piezas

Posición	Denominación
	Parte de mando
1	Embrague conectado
2	Embrague desconectado
2 ^a	Desconexión de urgencia
3	Motor principal conectado
4	Motor principal desconectado
5	Tambor de llenado conectado
6	Tambor de llenado desconectado
25	Reserva
26	Reserva
	Parte de indicación
7	Motor principal conectado
8	Tambor de llenado conectado
9	Prensa preparada para funcionamiento
10	Falta de aire
11	Lubricación averiada
12	Faltan discos
13	Avería en el control de extracción
27	Reserva
	Parte de preselección
14	Cerradura
15	Mando desconectado
16	Ajustar
17	Marcha continua
18	Sin control de discos

Continuación

19	Con control de disco
20	Línea desconectada
21	Línea conectada
22	Motor sobrecargado
23	Reserva
24	Reserva

3.1.6 Lubricación

Aquellos puntos de lubricación que necesitan un caudal de aceite continuo, están conectados a la instalación central de lubricación por aceite.

La bomba de rueda dentada **5m1** accionada por un motor eléctrico, es conectada simultáneamente con el motor principal al oprimir el **pulsador motor principal conectado** es el puesto de mando.

El aceite aspirado por la bomba de rueda dentada desde el depósito de aceite a través de un filtro de aspiración, es conducida hasta los distribuidores de émbolo, y desde aquí distribuida hasta cada uno de los puntos de lubricación.

Debajo del puesto eléctrico de mando están dos manómetros para presión de aceite adelante del filtro y presión de aceite después del filtro. Cuando exista una diferencia demasiado grande entre los dos manómetros de presión de aceite. Deberá limpiarse.

El nivel de aceite en el depósito está indicado en el visor. Cuando falte aceite en el depósito, deberá llenarse a tiempo.

Los cambios de aceite deberán realizarse después de un funcionamiento de un año, pero en caso de que se observe un ensuciamiento fuerte de aceite, deberá realizarse con mas frecuencia. Antes de llenar de aceite, deberá limpiarse cuidadosamente el depósito.

3.1.7 Sistema neumático

En el lado posterior de la máquina esta colocado el calderín de aire. Esta comprobado a una presión de servicio de 147 lb/pulg² (10 atmósferas).

En la tubería de aire está montada una válvula reductora de presión, con la cual puede ajustarse la presión de servicio de 80.85 lb/pulg² (5.5 atmósferas), necesaria para el embrague. La presión de aire puede ser leída en el manómetro central.

El calderín de aire está montado un presostato, el cual hace parar la máquina automáticamente cuando la presión de aire baja por debajo de 66.15 lb/pulg² (4.5 atmósferas).

Entre el calderín de aire y la válvula electromagnética, están montados un filtro de aire a presión y un pulverizador de aceite.

El filtro de aire a presión tiene la misión de proteger contra la entrada de cuerpos extraños y contra suciedad del aire a la válvula magnética, el embrague, el freno, y todos los demás equipos conectados a continuación.

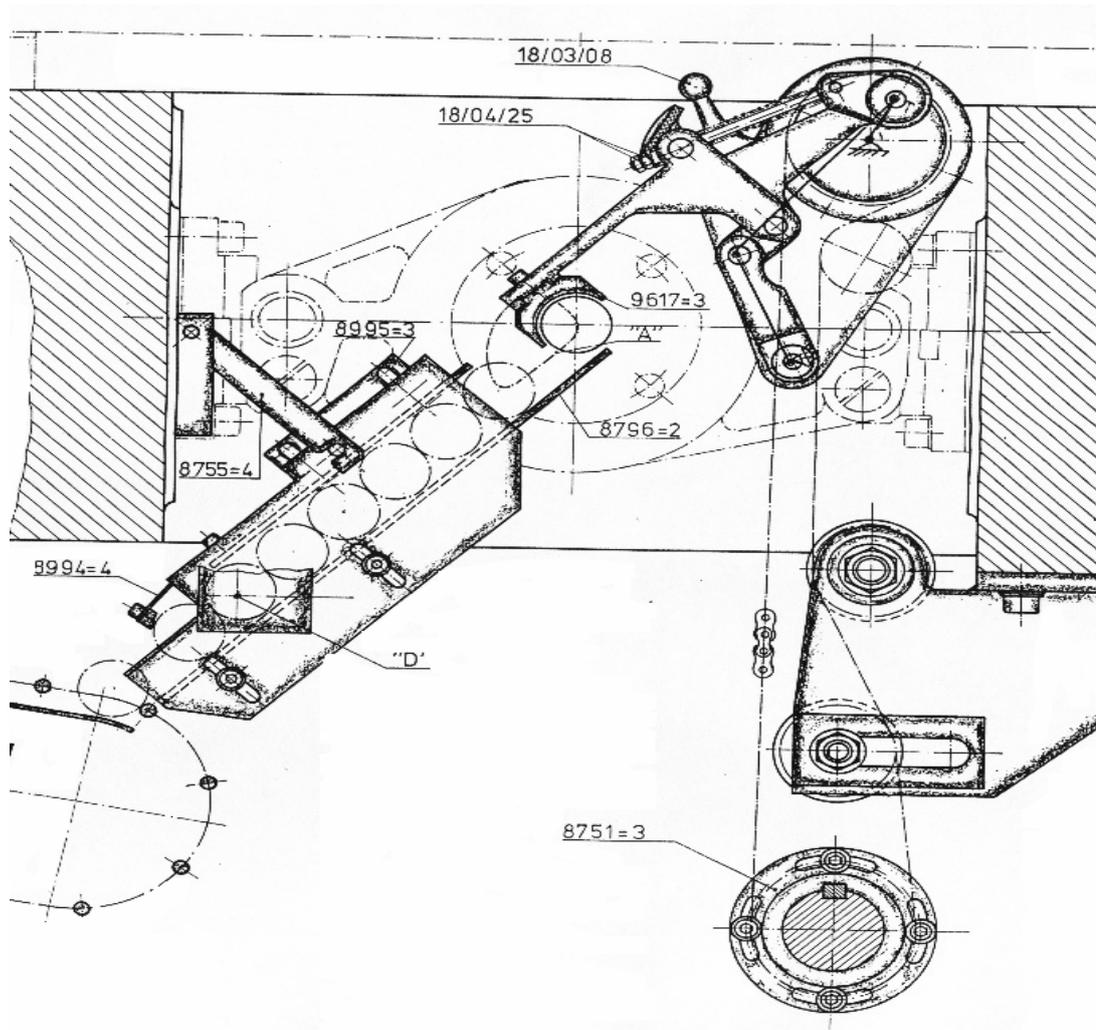
El aire limpio en el filtro es mezclado a continuación con aceite pulverizado por medio de pulverizadores de aceite, con lo que se lubrican simultáneamente las piezas móviles de los equipos situados a continuación.

Debe comprobarse constantemente el correcto funcionamiento del filtro de aire y del pulverizador de aceite, y en caso necesario, deben ser limpiados y extraída el agua condensada. Con la ayuda de la válvula magnética se conecta el embrague. El silenciador colocado a continuación de la válvula magnética, amortigua el ruido producido por la salida del aire al desembragar.

Tabla II. Lista de piezas del sistema neumático

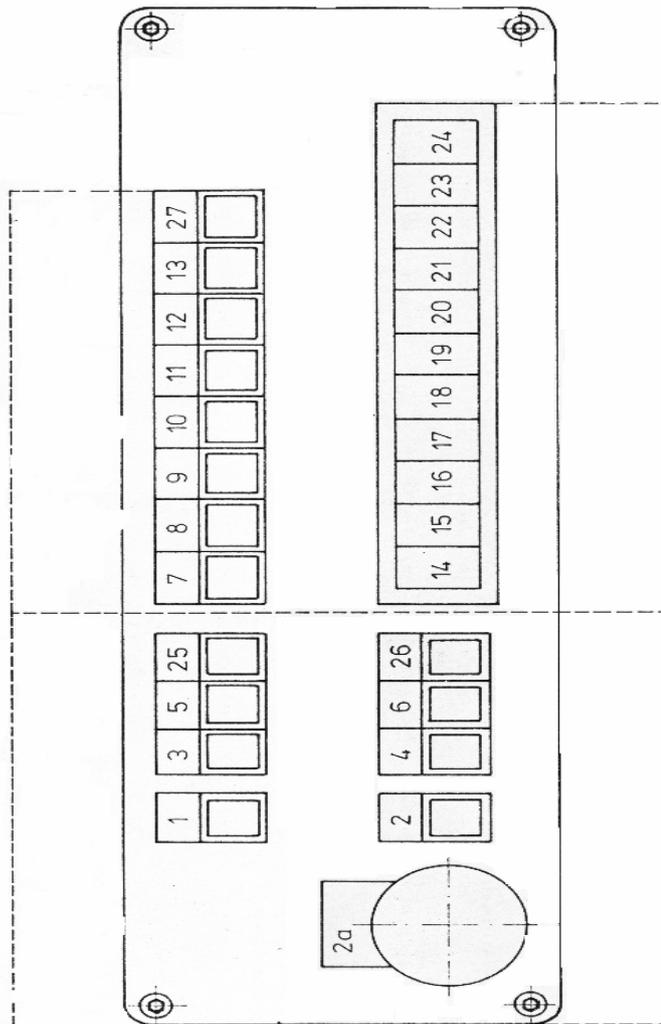
Posición	Denominación
1	Conexión para el aire a presión
2	Válvula reductora de presión RV 1/2"
3	Manómetro MR 63x16
4	Grifo de salida R 1/2" x 73
5	Válvula de seguridad para el aire a presión S142
6	Calderín de aire
7	Presostato R1160 SSW
8	Filtro de aire a presión E 30 BE - 4
9	Pulverizador de aceite OP-B 113 12-1241
10	Válvula de 3 vías F-15 D, Para apertura del paso del caudal
11	Silenciador
12	Conexión para el dispositivo de soplado de aire a presión
13	Freno-embrague

Figura 1. Dispositivo mecánico de retirada de piezas



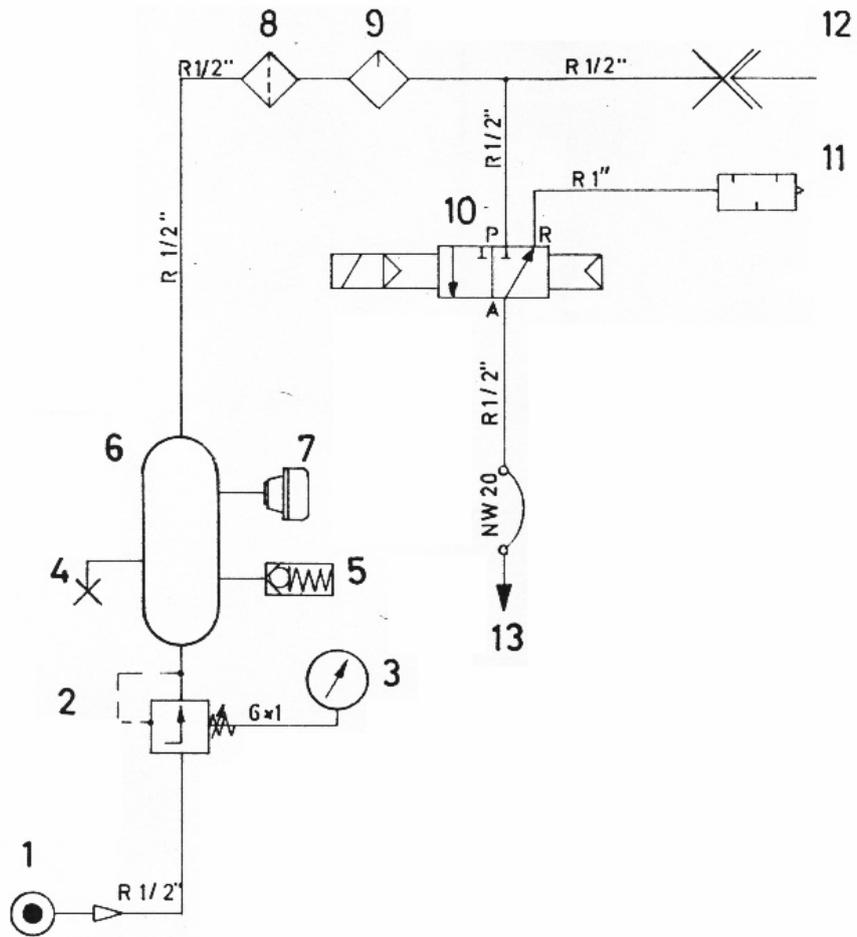
Fuente: L. Schuler 732 Goepingen

Figura 2. Tablero de control de la prensa extrusora



Fuente: L. Schuler 732 Goepingen

Figura 3. Esquema para el mando de aire



Fuente L. Schuler 732 Goeppingen

4. ANÁLISIS DE LAS FALLAS MÁS COMUNES EN LAS MÁQUINAS EXTRUSORAS

4.1 Fallas más comunes en las máquinas extrusoras

Las máquinas extrusoras son de las más importantes en la producción dentro de la empresa RAYOVAC, S.A., debido a que estas tienen la misión de abastecer de vaso 2D, 1LP y R6 (grande, mediano y pequeño) a las máquinas básicas, pero el abastecimiento ha sido escaso al departamento de Máquinas básicas debido a las fallas extrusoras. Estos problemas se agudizan en los primeros días de la semana, trayendo como consecuencia baja producción de vaso en el departamento, así como, en los departamentos subsecuentes al proceso de manufactura de pila.

Los continuos paros en las prensas extrusoras, y por consecuencia en la producción, se deben a la frecuencia de fallas que presentan las máquinas extrusoras, que en su mayoría son repetitivas, que de una u otra forma repercuten en el funcionamiento de las máquinas.

Por lo tanto, debido a la continuidad de las mismas fallas, se ha propuesto anteponérsele a las fallas con un programa de mantenimiento preventivo, con el fin de evitar o disminuir los tiempos muertos (paros) de las máquinas, así también los costos de mantenimiento y el aumentar la producción de las prensas.

A continuación presentamos las fallas más comunes o repetitivos que se presentan en las prensas extrusoras casi a diario, así como, las posibles causas que provocan las fallas.

Tabla III. Fallas más comunes en las máquinas extrusoras

Falla	Causas
1. Cambio de punzón	Debido al desgaste, fin de la vida útil, no esta alineado, por ruptura del mismo, mal estado de la boquilla, mala calidad del material, falta de temperatura, mala construcción del punzón.
2. Cambio de dado	Demasiado zinc pegado en la matriz, por ruptura del mismo, ficha mal pulida, ficha golpeada, falta de temperatura, mala construcción, mala calidad del material, ficha muy fría.
3. Cambio de tejo	Fatiga, fin de la vida útil, demasiado temple.
4. Ruptura del punzón	Debido a que no está alineado, el dado no esta caliente, la ficha esta fría, la ficha esta mal pulida, cambio de fabricación de la ficha, fallos en los cojinetes de la lanzadera, pérdida de tiempo de la manita.
5. Cambio de centro de dado	Fatiga, fin de la vida útil, mala graduación de fondos en la máquina
6. Problemas con la temperatura del dado	Por resistencia quemada, cambio de resistencia por potencia insuficiente, problemas en el termostato.
7. Falta de lubricación	Debido al constante trabajo, contaminación del aceite, mangueras rotas, filtro de la bomba tapada, censor de presión de aceite defectuoso, aceite inadecuado
8. Problemas con la temperatura del carril de ficha	Por resistencia quemada, cambio de resistencia por potencia insuficiente, operarios bajan la temperatura del carril, problemas en el termostato del panel de control.
9. Pulido de dado	Debido a que en la matriz tiene pegado demasiado zinc, el cual se acumula después de un determinado tiempo de trabajo,

	ficha mal pulida, mala operación de la máquina.
10. Cambio de botador de vaso	Por pérdida del ángulo que permite soltar el vaso del punzón, ruptura del resorte, mala alineación de los cortes en el porta botador.
11. Problema con el Sistema de clutch	Debido al constante trabajo, fricciones desgastadas, tornillos de sujeción del disco de clutch quebrados, retenedores de la unión rotativa en mal estado.
12. Problemas con el Sistema neumático	Válvula de tres vías defectuosas, tubería con fugas, falta de presión.
13. Problemas en la Estación de lanzadera	Desgaste del dedo que coloca la ficha, pérdida de presión del pin del dedo, mal ajuste entre lanzadera y porta lanzadera, pérdida de presión de los resortes orientadores del dedo, desgaste de la manita del botador, desajuste del rodó que impulsa el dedo, fallas en los rodos de leva y resorte de leva.
14. Fallas en los sistemas eléctricos	Resistencia del dado quemada, resistencia del carril quemada, sensor de aire defectuoso, sensor de presión de aceite en malas condiciones, Censor de falta de ficha desajustado, sensor de falta de vaso quemado, Censor de compuerta quemado, Censor de ficha en la tómbola mal ajustado o quemado.

4.2 Factores externos que provocan fallas dentro de las máquinas

Las máquinas extrusoras son un componente muy importante en la producción de pila para la empresa RAYOVAC S.A., debido a que su mayor y principal objetivo es mantener las máquinas en condiciones óptimas, y obtener de ellas su máximo rendimiento en bien de la empresa.

El departamento de Mantenimiento hace todo lo posible para lograr que las máquinas estén en las mejores condiciones, pero lamentablemente hay algunos factores externos a las máquinas que provocan fallas dentro de las mismas, por lo cual, el evitar que se den estas fallas está fuera del alcance de las personas y del equipo de mantenimiento.

Los inconvenientes que provocan las fallas externas en las prensas extrusoras son los paros en la producción. Algunos además de producir pérdidas en la producción, nos provocan pérdidas en los costos de mantenimiento, ya que éstas provocan que algunas piezas o elementos de las máquinas se arruinen, con lo que los tiempos muertos en la producción de dichas máquinas se prolongan.

Uno de estos factores externos, quizá el más importante que provoca paros y pérdidas en la producción, es el cambio en la lubricación de la ficha de zinc. Este factor, incide en el funcionamiento de la prensa, puede provocar daños en la piezas de la máquina; otro de los factores externos es la fabricación de piezas fuera del taller de máquinas, herramientas de la empresa, ya que no fabrican las piezas según la muestra y los planos proporcionados, otro factor es la sobre-dimensión en la que se compran los

punzones y las matrices de las prensas, los cuales se tienen que trabajar en el taller para darle las dimensiones adecuadas, generando paros en las máquinas, como también pérdidas en la producción y aumento en los costos de mantenimiento.

Un incidente común, que puede provocar la mala lubricación o el cambio de lubricación de la ficha, es la ruptura del punzón o de la matriz o el dado. Otra forma en la que incide este factor es que parar la máquina por un tiempo prudente para poder ajustar la máquina de acuerdo a la nueva lubricación de la ficha. Los problemas presentados por la fabricación de piezas fuera de los talleres de la empresa son, los paros por los ajustes que se le realizan a las piezas, la mala calidad del material que utilizan y el tiempo de entrega que retrasa las reparaciones de las prensas.

Estos factores mencionados son los problemas más importantes a tratar ya que son los que presentan inconvenientes dentro de las máquinas provocando paro obligatorio de la máquina.

4.2.1 Análisis de las fallas y factores que las provocan

En cualquier empresa es de vital importancia mantener en óptimas condiciones todo el equipo y la maquinaria, con el objeto de prolongarle la vida útil, así también para que la producción de la planta se mantenga dentro de los objetivos de la empresa.

En un análisis hecho a las máquinas extrusoras se constató que ocurren una serie de fallas diariamente, provocando paro de las prensas extrusoras, esta diversidad de fallas se agudizan durante los primeros días de la semana y principalmente el primer turno de trabajo y que disminuyen conforme los días avanzan.

Debido a la diversidad de fallas, las máquinas no pueden quedar mucho tiempo fuera de trabajo, ya que su diseño no lo permite entrar rápidamente al ritmo de trabajo, provocando graves daños en la máquina; también se piensa que dichas máquinas deberían calentarse un tiempo más prudente de lo normal, especialmente el día lunes que es el día que se comienza una nueva semana de trabajo.

Las prensas extrusoras llevan un punzón, ya que es la herramienta encargada de producir el vaso de zinc, se realizó una prueba en una de las prensas extrusoras, la cual consistía en colocarle una resistencia al punzón al terminar la jornada de trabajo, el operario coloca la resistencia y al conectar la máquina se activa automáticamente, la resistencia calienta el punzón. El objetivo era lograr que la máquina arranque y alcance su nivel óptimo de trabajo con la menor cantidad de desperdicio, la prueba realizada alcanza su objetivo, el cual es de producir poco desperdicio lo cual dió la pauta para colocarle resistencia a todas las máquinas, pero después de unos días uno de los punzones alcanzó el final de su vida útil y era necesario el cambio, al efectuar la operación se observó que la boquilla estaba pegada al porta punzón y el punzón pegado a la boquilla esto provocó que la herramienta se quebrara con lo que quedó descartada la opción de las resistencias, ya que aumentaban los costos de mantenimiento.

Las prensas extrusoras llevan dos resistencias, y una de ellas tiene la misión de calentar el carril de la ficha. La otra tiene la función de calentar la matriz o dado, pero estas por una u otra razón al empezar el día no están bien calientes, por lo tanto, no cumplen bien su trabajo, provocando por consiguiente que la ficha este fría, y produciendo que la herramienta o punzón se quiebre, y que la matriz o dado se dañe.

Por consiguiente, es necesario que los termostatos que estén a la temperatura adecuada para cuando el operario arranque la máquina, las resistencias estén a la temperatura óptima de trabajo para no descomponer el punzón y la matriz.

Otro caso muy importante que se pudo constatar en el análisis hecho a las prensas extrusoras, es el constante cambio de distribuidor de ficha, por lo que la calidad de la ficha de zinc no es la misma, ya que las fórmulas de lubricación en la ficha es diferente, este cambio de lubricación siempre provoca alguna falla dentro de las máquinas y por consiguiente su paro, el problema del cambio de lubricación no radica en el cambio, ya que trae beneficios para una mejor extrusión de la ficha, sino que su problema está en que los ensayos o pruebas se hacen dentro del horario normal de producción, o también que no le hacen los ajustes necesarios a las máquinas, ya que las prensas tienen una reacción debido a la nueva lubricación.

Las fallas ocurridas pueden ser prevenidas con un buen programa de mantenimiento, que permita eliminar cada una de las fallas, con el fin de que las máquinas estén en buen funcionamiento y puedan proporcionar su máxima eficiencia.

5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

5.1 Procedimiento y descripción de las actividades ha realizar para el mantenimiento

Con el objeto de que el programa de mantenimiento tenga éxito se deberá de poner en práctica una serie de actividades que a continuación se describirán. En el departamento de Extrusión se encuentran instaladas una serie de prensas extrusoras de ficha de zinc, que tienen los mismos mecanismos con la diferencia de tamaños y velocidad, el departamento de Mantenimiento tiene a su cargo, velar por el correcto funcionamiento del siguiente equipo:

Prensa extrusora X – 150	8
Prensa extrusora X – 75	2
Prensa extrusora X – 25	6

5.1.1 Mantenimiento de averías

Se han desarrollando una serie de actividades de mantenimiento, con el afán de solucionar los paros no programados que se dan en las prensas durante la producción, pero no se ha dado solución a los problemas de las prensas, ya que el tipo de mantenimiento que se practica es solamente el de avería, que se realiza cuando la máquina o equipo ha dejado de funcionar, con el consiguiente paro de la misma.

5.1.1.1 Definición, propósito y resultados

Definición

Es aquella falla que ocurre cuando la máquina a dejado de funcionar, con el siguiente paro de la unidad. Su función se inicia al presentarse la avería, es decir, se diagnostica y de cuerdo con los resultados del mismo, se planean actividades, recursos humanos, herramientas, repuestos y materiales para iniciar la reparación.

Propósito

Permite realizar la reparación de la maquinaria o equipo averiado, tratando de que este sea en el menor tiempo posible, para evitar pérdidas de producción.

Resultados

- Se obtiene una pronta reparación del equipo, evitando así una pérdida en producción mucho más grande, mientras se programa un mantenimiento preventivo adecuado para la máquina fuera del horario de trabajo.

Los informes de mantenimiento preventivo deberán revisarse constantemente, por lo menos cada tres meses, con el objetivo de hacer un análisis cuidadoso de cada una de las fallas ocurridas a las máquinas para determinar qué está ocurriendo internamente dentro de las máquinas.

Figura 4. Hoja de mantenimiento de avería.

RAYOVAC, S.A.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

ÁREA DE MANTENIMIENTO

Hoja de informe de mantenimiento de avería

Departamento: _____ Máquina _____

Fecha: _____

Parte que falló:

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| Estación lanzadera | <input type="checkbox"/> |
| Sistema de lubricación | <input type="checkbox"/> |
| Estación formación de vaso | <input type="checkbox"/> |
| Tómbola de ficha | <input type="checkbox"/> |
| Transportador de vaso | <input type="checkbox"/> |
| Sistema de transmisión | <input type="checkbox"/> |
| Sistema neumático | <input type="checkbox"/> |
| Sistema eléctrico | <input type="checkbox"/> |

Origen de la falla: _____

Observaciones: _____

Mecánico _____ Tarjeta _____ Hora de inicio _____

Hora final _____ Supervisor _____

5.1.2 Control de órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo, son una manera muy importante de organizar los diferentes trabajos de mantenimiento, excepto las tareas rutinarias deben programarse, es muy importante poner todas las órdenes de trabajo por escrito, no importando el volumen de la tarea. Esto permite que el encargado del taller pueda programar adecuadamente, y determinar cuáles son los trabajos pendientes.

Es de suma importancia tener en cuenta que las órdenes verbales pueden dar origen a confusiones. La excepción es en caso de emergencias; sin embargo, debe hacerse la hoja de trabajo más tarde, de modo de realizar y programar todo lo necesario.

5.1.2.1 Definición, propósito y resultados

Definición

El control de órdenes de trabajo es un medio para ejecutar cada tipo de trabajo de mantenimiento, tanto si su alcance es principal o secundario; este queda cubierta por una forma normal escrita, que muestra el trabajo que se requiere, el cual se llena en forma adecuada; está aprobada y emitida por la jefatura del departamento y sirve como registro.

Propósito

Permite que un supervisor programe su trabajo; proporciona un medio para revisar los trabajos en lo referente al costo, necesidad y magnitud, etc., tanto antes, como después de haberse realizado. Podemos determinar la necesidad del trabajo, y proporcionar a la jefatura del departamento los medios para estimar y programar el trabajo.

Resultados

- Establece un procedimiento escrito donde las aprobaciones definitivas se hacen necesarias.
- Ofrece una guía y dirección para la elaboración y terminación del trabajo.
- Utiliza los registros disponibles de todo el trabajo realizado en lo referente a costo de mano de obra y de materiales.

Los datos registrados en las órdenes de trabajo, deben ser específicos y deben ser de valor para la asignación del trabajo, el establecimiento de prioridades y la acumulación de todas las cargas de mano de obra. Los modelos que son demasiado minuciosos, desalentaran al personal que los llena; la orden no debe ser ni demasiado breve ni muy extensa.

Cuando se completa una tarea, la orden de trabajo toma una nueva importancia a causa de los datos históricos que proporciona.

Las órdenes deberán de revisarse cada 3 meses para analizar las reparaciones repetitivas, y verificar la frecuencia de paros obtenidos en el departamento.

Para cada tarea deberá hacer una orden de trabajo distinta. Si por casualidad dos o más secciones del departamento requieren una misma tarea, se deberá entregar una orden por cada sección.

Deberá hacerse una práctica común, que todo el trabajo, con la excepción de los ajustes mecánicos y las reparaciones menores de media hora de labor, deben engendrarse con una orden de mantenimiento.

Figura 5. Ficha de orden de trabajo

RAYOVAC, S.A.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

ÁREA DE MANTENIMIENTO

ORDEN DE TRABAJO PARA MÁQUINAS EXTRUSORAS

Máquina o equipo: _____ Fecha: _____

Núm. _____ Código inventario: _____

Trabajo solicitado por: _____

Responsable del trabajo: _____

Tareas por realizar				
Aprobado por:	Eléctrico	Taller de torno	Mant. preven	Carpint.
Trabajo hecho:	Nombre:	Fecha	Resumen	
	Asignado a:		Trabajo h.	
	Recibido por:		Repuestos:	

5.1.3 Programa de visitas e inspecciones

El mantenimiento preventivo tiene como misión conocer sistemáticamente el estado de las máquinas e instalaciones, para programar en los momentos más oportunos y de menor impacto sobre la producción la eliminación de anomalías que puedan originar paros por averías en las máquinas. Dos de las acciones que nos permiten mantener en un estado permanente el equipo son las visitas e inspecciones.

5.1.3.1 Definición, propósito y resultados

Las visitas equivalen a inspecciones o verificaciones, que se realizan periódicamente en las máquinas o instalaciones para comprobar su estado, detectar posibles focos de averías o seguir la evolución de las anomalías aparecidas para atajarlas antes de que degeneren en averías.

Las visitas deberán poseer entre otras las siguientes características:

- a. Verificar las inspecciones en el lugar de trabajo, comprobando si el equipo se utiliza en las condiciones de óptimo rendimiento.
- b. Ser rápidas, deteniendo el equipo el mínimo tiempo posible.
- c. No desmontar órganos complejos.
- d. Utilizar dentro de lo posible procedimientos no destructivos de detección de averías (p. e. Ultrasonidos, espectrómetros de vibración, termómetros)
- e. Realizar pequeñas reparaciones, siempre que estas sean imprescindibles y no provoquen una detención excesiva del equipo.

- f. No alargar, en ningún caso, más de una hora la duración programada de la visita. En el caso de ser necesario una intervención de mayor duración, se deberá llegar a un acuerdo previo con producción.
- g. Detectar las anomalías que exigen reparaciones para permitir programar las revisiones posteriores.

Las puestas en marcha de las visitas preventivas deberá realizarse apoyándose en una serie de acciones sucesivas. Sin embargo, no es necesario que termine todas las acciones para que se puedan iniciar las siguientes.

- a. Estudiar y preparar las fichas de visitas del equipo incluido en el programa.
- b. Si se dispone de catálogos o instrucciones del fabricante se hará la relación inicial de puntos de visita y su frecuencia de acuerdo con su recomendación.
- c. Si no se dispone de una documentación de origen adecuada, se tendrá que analizar la máquina, y los boletines de avería para determinar una primera relación aproximada de puntos y frecuencias.
- d. No se deberá establecer la ficha de visita definitiva hasta pasado un año de su puesta en marcha sistemática, ya que se suelen producir variaciones al implantar el programa completo de mantenimiento preventivo.
- e. Estudiar los métodos de trabajo de las visitas y su organización general con el objeto de:

- Acortar el tiempo
 - Racionalizar las tareas de la visita
 - Formar o instruir a los visitantes
 - Normalizar la actuación de los operarios de mantenimiento
 - Conseguir una actuación disciplinada en el personal
- f. Determine las herramientas, útiles y aparatos de medida a utilizar por el visitador en función del método de la visita.
- g. Calcular las necesidades de personal para realizar los planes. Los cálculos se realizan sobre la base de la carga de trabajo diario y a su distribución a lo largo de la jornada y del año. Para lo cual es preciso definir la especialidad del visitador y del número de especialistas necesarios. Es aconsejable formar equipos de revisión compuesta por dos operadores (un mecánico y un electricista).
- h. Realizar la selección del personal de visita con extremo cuidado. Este personal tiene una gran responsabilidad y necesita poseer una experiencia y conocimientos técnicos altamente calificados. La mayor parte de sus decisiones las deberá tomar sin posibilidad de consultar con sus mandos.
- i. Preparar meticulosamente los programas de formación. La formación de visitantes es un problema importante y esencial para el correcto funcionamiento del programa de mantenimiento. Hay que tener en cuenta que la formación de este personal incluye los objetos fundamentales.

- Preparar técnicamente al operario, haciéndole conocer profundamente la tecnología del equipo para que sea capaz de localizar y determinarlas causas posibles de las averías.

- Producirle un fuerte cambio de mentalidad en su enfrentamiento con los problemas de mantenimiento y de la conservación del equipo, para que enfoque estos problemas desde un punto de vista económico y no solamente técnico. Las inspecciones son intervenciones que se realizan sobre máquinas e instalaciones para detectar o confirmar las anomalías localizadas en las visitas, reparándolas, con el fin de dejar el equipo en condiciones de funcionamiento que evite la reparación de averías.

La revisiones deberán tener las siguientes características:

- a. Desmontar los órganos parciales de las máquinas o instalaciones cuando parezca que existe alguna anomalía en ellos.

- b. Montar totalmente la máquina o instalación, si su estado así lo requiere.

- c. Estimar el tiempo de revisión para negociar con producción el momento en que este puede efectuarse.

- d. Reparar las anomalías previamente señaladas por las visitas y otras detectadas durante la inspección.

- e. Sustituir las piezas necesarias, según un criterio técnico-económico de rentabilidad de la máquina.

- f. Intentar la normalización de piezas, aprovechando la revisión, cuando se hayan producido deterioros en ella y sea necesario cambiarlas.
- g. Realizar la revisión en el puesto de trabajo siempre que se pueda.
- h. Trasladar el equipo al taller de mantenimiento si la duración y dificultad de reparación lo requiere y si es posible llevar a cabo este traslado.

Al igual que las visitas, las revisiones se pondrán en marcha realizando una serie de acciones, que se describirán brevemente a continuación:

- a. Determinar los métodos de trabajo del equipo incluido en el programa.
 - Para facilitar las visitas es útil preparar el trabajo estudiando detalladamente los métodos de desmontaje y montaje –indicándose en ellos el proceso a seguir-, la secuencia de operación a realizar (fases), las instrucciones de regulación y reglaje de ciertos conjuntos, las precauciones a tomar en algunos, montajes, etc.
 - Por supuesto, no es necesario preparar con tanto detalle la revisión de cualquier máquina o instalación, ya que sería antieconómico. Se debe actuar de una manera selectiva y aprovechando reparaciones importantes, reacondicionamientos, paradas por revisión, etc.
- b. Estudiar las necesidades de herramientas y útiles para las revisiones.
- c. Calcular los tiempos de montaje y desmontaje.

- d- Planificar globalmente las revisiones.
- e- Calcular las necesidades del personal.
- f- Seleccionar y formar al personal de revisiones.
- g- Estudiar las previsiones de materiales y repuestos.
- Las previsiones de materiales y repuestos se calculan aplicando los métodos de gestión de *stocks*, Con la precaución de considerar que ciertas piezas pueden tener un plazo de reposición extremadamente largo (en particular los repuestos extranjeros) y que los consumos pueden presentar en ciertos casos oscilaciones aleatorias (tener en cuenta la duración de la vida útil que le queda al equipo al establecer la previsiones de *stocks*).
- h. Controlar económicamente los resultados del mantenimiento preventivo.

5.1.4 Análisis de lubricantes

El análisis periódico de los aceites de las máquinas extrusoras consiste en la realización de una serie de pruebas destinadas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite. Es de suma importancia realizar estas pruebas a todas las máquinas extrusoras para llevar un historial de desgaste de piezas, las cuales nos permitirán prevenir paros inesperados de las prensas y por consecuencia de la producción, la interpretación de estas muestras se deben hacer por personas preparadas y conocedoras de la maquinaria a la cual se le esta realizando el estudio, ya que es de suma importancia conocer los elementos que componen dicha máquinas.

Tres son las pruebas básicas que se le realizan a las muestras de aceite entre las que tenemos.

1. Análisis de desgaste
2. Pruebas químicas y físicas
3. Análisis de las condiciones del aceite

Análisis de desgaste

El análisis de desgaste se realiza mediante un espectrofotómetro de absorción atómica. Esencialmente la prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite se pueden establecer líneas de tendencia de los distintos elementos de desgaste de una prensa determinada. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencia se desvían del patrón establecido.

El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con la tierra. Las fallas debidas a fatiga del componente, pérdida prevista de lubricación o ingestión imprevista de tierra, se producen rápidamente para poder predecir mediante este tipo de prueba.

Pruebas químicas y físicas

Las pruebas químicas y físicas detectan el agua, el combustible y el anticongelante en el aceite y determinan cuando su concentración excede los límites establecidos.

La presencia y la cantidad aproximada de agua se detecta mediante la “prueba de chisporroteo” se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura controlada de 110°C (230°F). La aparición de burbujas es una indicación positiva de agua en el aceite (es aceptable una presencia de agua entre el 0.1 % al 0.5%).

Se determina la presencia de algún tipo de combustible o solvente mediante el probador de destello. Este probador está calibrado para determinar el porcentaje de combustible diluido.

La presencia de anticongelante se determina mediante una prueba química. (cualquier indicación positiva es inaceptable.)

Análisis de las condiciones del aceite

Las condiciones del aceite se determinan mediante el análisis infrarrojo. Esta prueba determina y mide la cantidad de contaminantes como hollín y azufre y productos de oxidación y nitración. Aunque también pueden detectar agua y anticongelante en el aceite para poder hacer un diagnóstico preciso el análisis infrarrojo debe ir acompañado siempre por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas. También se puede utilizar el análisis infrarrojo para reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones en particular.

5.1.4.1 Definición de lubricación

Se conoce como lubricación a la interposición de sustancias oleosas o grasas (lubricantes) entre las superficies en contacto de piezas en movimiento relativo. Los lubricantes, adhiriéndose fuertemente a las superficies, forman una capa o película delgadísima 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.

Ventajas de la lubricación

La lubricación correcta de los mecanismos produce efectos benéficos que pueden agruparse en el siguiente orden:

- a) Reducción del desgaste (menor costo de mantenimiento)
- b) Reducción de pérdidas de fuerza (mayor aprovechamiento fuerza motriz)

Causas que motivan un cambio regular de lubricante

Es difícil que las partes de los mecanismos que están sujetas a lubricación se mantengan limpias. La atmósfera casi siempre contiene polvo, en algunas industria o equipos, la cantidad de polvo y suciedad constituyen un gran problema. en este caso se hallan, por ejemplo, los cojinetes descubiertos utilizados en las minas, las maquinarias de construcción, los equipos de transporte de materiales, etc. Las partículas muy pequeñas de polvo pueden pasar a veces por el espacio libre de las piezas sin producir inconvenientes, pero la gran mayoría de las partículas de polvo son bastantes grandes como para poder originar un desgaste rápido en los mecanismos.

El polvo y la suciedad contribuyen en gran parte a la formación de emulsión (masa negra y aceitosa), la cual trae consigo el deterioro de las características de los lubricantes y de las piezas mismas.

Generalmente, el agua y el lubricante no se mezclan, pero las pequeñas partículas contaminantes actúan a veces como promovedores del emulsionamiento, dando como resultado la formación de la masa aceitosa.

Para cuidar que el polvo atmosférico origine estos problemas, los mecanismos deben ser protegidos en todo lo posible, a la vez, se puede recurrir a métodos específicos de lubricación, los cuales permiten usar por más tiempo un mismo lubricante; pero esto no es suficiente para estar seguro de que está usando un lubricante con las características originales debido a que también se encuentra sometido a efectos de temperatura, humedad, velocidad, carga, etc. Los cuales también contribuyen en el deterioro de los lubricantes.

No todos los contaminantes sólidos provienen de la atmósfera. También integran esta categoría las partículas metálicas provenientes del desgaste de las piezas, la arena de fundición que ha quedado en las piezas, etc. La misma aplicación de aceite o grasa puede originar la contaminación, si los aplicadores o el lubricante están sucios. En algunos equipos, es repetidamente utilizado. Si no se remueve a tiempo, o si es sometido a altas temperaturas o a la acción de ciertos factores externos, el lubricante se oxidará. Si esta oxidación alcanza un grado extremo puede formar materiales ácidos, sustancias semejantes a barnices o gomas.

5.1.4.2 Importancia de la planificación de la lubricación

¿Qué es planear la lubricación?

Planear la lubricación es lograr un sistema apropiado que permite lubricar la maquinaria correctamente, con la frecuencia que corresponda, en el mismo tiempo, sin posibilidad de error y que, además, sea fácil de controlar y actualizar.

La planeación de la lubricación es una de las funciones del departamento de Mantenimiento que sistematiza por adelantado los factores de la lubricación. Cualquier empresa dedicada a la elaboración de algún producto, hace uso de maquinaria, la cual por simple que sea requiere la lubricación. Por tanto, su organismo de planeación tiene que tener en cuenta las actividades de lubricación para lograr los objetivos de la empresa. Esto supone la traducción del comportamiento de la maquinaria de acuerdo a condiciones de trabajo y ambientales, así como de las indicaciones del fabricante para lograr la máxima eficiencia de las mismas.

El objetivo es el de lograr el menor número de paros de la maquinaria por motivos de lubricación y al mismo tiempo alarga su vida útil. Y si hay paros, que tengan el menor tiempo de duración a la vez de invertir la menor cantidad de recursos.

La falta de la planificación de la lubricación es desastrosa, ya que por un lado crea un mayor margen de daño en la maquinaria. Y como es del saber de todos; maquinaria descompuesta cuesta mucho dinero, no solo porque se deprecia, sino porque no produce ni un solo centavo; la clientela se pierde por falta de satisfacción en sus requerimientos y además se genera mano de obra ociosa. También se incumplen plazos de producción, que generan penalizaciones económicas para la empresa.

Por otro lado, la falta de planeación de la lubricación no permite un control de inventarios de repuestos y lubricantes.

Por lo tanto, la importancia de planeación de la lubricación se halla ante la necesidad de mantener la maquinaria en su nivel óptimo de funcionamiento.

El control de la lubricación consiste en precisar el momento de la lubricación de cada uno de los puntos de un mecanismo.

Por otra parte, el control de la lubricación también ejerce una acción reguladora sobre sus costos, ya que trata de eliminar o reducir a un mínimo las deficiencias de la lubricación. Estas faltas de eficiencia pueden deberse a que las operaciones se realizan con equipos que no se presta para ello, o que las condiciones son inadecuadas; se puede desperdiciar tiempo y esfuerzo en trabajo de lubricación improductiva y las duplicaciones o las omisiones en la planeación o en la ejecución del trabajo pueden crear confusiones y retrasos.

Bastará al diagnosticador del departamento de Mantenimiento una visita por el área de lubricación para observar las condiciones en que se encuentran los mecanismos, equipos de lubricación y lubricantes.

El objetivo del control de la lubricación es efectuar las actividades de lubricación en el tiempo preciso, en la mejor forma y usando el lubricante y equipo adecuado, también empleando los mejores métodos y de menos costo.

Un buen procedimiento de control de la lubricación supone menos trabajo en el proceso, una disminución y una rotación más rápida de los inventarios que, a su vez, resulta en que se tenga menos capital congelado en materiales que no se emplean. En el control de la lubricación implica tanto la planeación, como el control; la planeación previa necesaria para conseguir un flujo ordenado de materiales y la ejecución de ese plan asegura que se mantiene el control deseado.

5.1.4.3 Tipos de lubricación

Para poder entender los tipos de lubricación que existen debemos de entender la diferencia que existe entre los aceites y las grasas, de estos dos productos podemos decir rápidamente que sus principales diferencia es que los aceites tienden a fluir y las grasas a permanecer en el área de aplicación.

No obstante que los modernos avances en la tecnología y la formulación de lubricantes han permitido elaborar productos para cada aplicación, sin embargo se utiliza la palabra aceite y grasa en una forma liberal.

La lubricación es requerida cuando hay dos superficies que entran en contacto para permitir el deslizamiento y facilitar el movimiento. Pese a la complejidad de los diferentes equipos en la industria y la tecnificación existente los componentes que requieren lubricación se podrían dividir en cinco grandes grupos o categorías.

Rodamientos: Encargados de soportar cargas y permitir movimiento.

Engranajes: Piezas dentadas que conjugan con otras similares para transmitir fuerza, cambios de sentido de movimiento o variar velocidades, etc.

Guías: Encargados de guiar y soportar cargas reciprocantes lineales

Pistones: Estos están moviéndose en un cilindro, transmiten poder y fuerza.

Cadenas: Transmiten la fuerza y pueden trasladar objetos a diferentes puntos.

Los lubricantes son formulados para cumplir diversas propiedades y se clasifican en forma general de acuerdo al servicio para el cual se utilizan con mayor intensidad, existen cuatro regímenes de lubricación, las cuales tienen diferentes características de acuerdo al grupo o categoría de mecanismo, es de suma importancia entender cuál es la función de cada tipo de lubricación que existe, con lo que entenderíamos las recomendaciones de lubricación que nos dan los fabricantes de la maquinaria y en algunos casos poder seleccionar un lubricante con características similares al recomendado si ese fuera la necesidad. Los regímenes de lubricación son:

- Hidrodinámica
- Limítrofe
- Mixta
- Elasto-Hidrodinámica

Lubricación hidrodinámica

Mantener una capa de líquido intacta entre las superficies que se mueven una respecto a la otra, se logra generalmente mediante el bombeo de aceite. Entre un cigüeñal y su asiento existe una capa de aceite que hace que el cigüeñal flote. El espesor de esta capa depende de un balance entre la entrada y la salida del aceite.

El espesor de equilibrio de la capa de aceite se puede alterar por:

- Incremento de la carga, que expulsa aceite
- Incremento de la temperatura, que aumenta la pérdida de aceite
- Cambio a un aceite de menor viscosidad, que también aumenta la pérdida de aceite
- Reducción de la velocidad de bombeo, que disminuye el espesor de la capa

La lubricación de un cigüeñal que rota dentro de su bancada es un ejemplo clásico de la teoría de la fricción hidrodinámica, como fue descrita por Osborne Reynolds en 1886. La teoría asume que bajo estas condiciones, la fricción ocurre solamente dentro de la capa fluida, y que es función de la viscosidad del fluido.

Lubricación limítrofe

Al presentarse contacto continuo entre las asperezas de los componentes, se dice que la máquina opera en condiciones límites o de lubricación limítrofe. Bajo estas condiciones la fricción se hace excesiva y el desgaste es progresivo. Las películas de desgaste abrasivo que se forman pueden contaminar el aceite y dañar rápidamente las superficies de trabajo, llegando a producirse fallas en las piezas y ocasionando paros no programados para su reparación.

- La película de lubricante no es capaz de separar las superficies
- Se provoca fricción sólida y desgaste

Lubricación mixta

Al existir variaciones en la velocidad de rotación del eje o temperatura de operación y la carga deja de ser estable para convertirse en carga de impacto, se reduce el espesor de la película de aceite de tal forma que es posible que esta no sea lo suficientemente grande y que eventualmente algunas de las asperezas entren en contacto unas con otras. En este momento se encuentra trabajando bajo lubricación mixta.

Bajo las condiciones de lubricación mixta se incrementa la fricción y el desgaste a menos que se utilicen los lubricantes de alto rendimiento.

Lubricación Elasto-Hidrodinámica

A medida que la presión o la carga se incrementa, la viscosidad del aceite también aumenta. Cuando el lubricante converge hacia la zona de contacto, las dos superficies se deforman elásticamente debido a la presión del lubricante. En la zona de contacto, la presión hidrodinámica desarrollada en el lubricante causa un incremento adicional en la viscosidad que es suficiente para separar la superficies en el borde de ataque del área de contacto. Debido a esta alta viscosidad y al corto tiempo requerido para que el lubricante atraviese la zona de contacto, hacen que el aceite no pueda escapar, y la superficies permanecerán separadas.

La carga tiene un pequeño efecto en el espesor de la capa, debido a que a estas presiones, la capa de aceite es más rígida que las superficies metálicas. Por lo tanto, el efecto principal de un incremento en las cargas es deformar las superficies metálicas e incrementar el área de contacto, antes que disminuir el espesor de la capa de lubricante.

- Este tipo de lubricación se da en los cojinetes y los engranajes
- Grandes presiones en el área de contacto
- Deformación elástica de las superficies
- Un incremento momentáneo de la viscosidad del lubricante debido a las grandes presiones.

Debido a estos efectos, se logra separar las superficies a pesar de las altas fuerzas existentes

5.1.4.4 Propiedades necesarias de los lubricantes

Los fabricantes de aceite cuidan, evidentemente que sus productos tengan las propiedades necesarias de operación, para mejorar las cualidades del aceite los fabricantes de los aceites agregan a las bases minerales un 10 al 20 % de aditivos los cuales mejoran las funciones del aceite y por consiguiente el funcionamiento de las máquinas.

Es importante mencionar las cualidades que le imparten los aditivos a los lubricantes, los cuales proporcionan una vida más larga y una protección a los componentes internos de las máquinas, los aditivos imparten propiedades especiales al lubricante según la aplicación.

Antidesgaste

Una de las cualidades más importantes que debe tener un aceite es un aditivo que le confiera la cualidad de proteger las piezas que debe lubricar contra el desgaste y para ello se le aplica un aditivo, los fabricantes tienen clasificados los aceites según el aditivo, AW (antidesgaste), EP (extrema presión).

Los aceites que contienen el aditivo EP (extrema presión) no son recomendados para lubricar piezas de cobre pues los ácidos que contiene, degradan las cualidades del material.

Anti-oxidante

Cuando el aceite está caliente a temperaturas elevadas y fuertemente agitado, de modo que el aire se mezcla con él, el oxígeno del aire tiende a combinarse con el aceite, oxidándolo. Y como las condiciones en que se halla el aceite en la máquina que estamos analizando es muy parecida (está calentando y agitando, o pulverizado en el ceno del deposito de aceite).

Cuando se oxida el aceite, se produce una ruptura de sus partículas, dando lugar a partículas contaminantes muy activas. Algunos de los productos de la oxidación se adhieren a la superficie de los metales formando capas de depósitos pegajosos como alquitrán, barnices y lacas. Todos estos depósitos pueden obstruir los canales de aceite e impiden la acción normal de los segmentos.

Anti-espumante

El batido que tiene lugar en el depósito de aceite de las máquina tiende a favorecer la formación de espumas en el aceite. A medida que aumenta la cantidad de espuma, el aceite tiende a rebosar y a perderse por los orificios de ventilación del depósito de aceite. Por otra parte, el aceite en estado espumoso no es útil para proporcionar la adecuada lubricación, debida a las piezas, crea también inconvenientes en los casos de las bombas de aceite por el efecto de herrumbre y los tanques hidráulicos, haciendo que su funcionamiento no sea satisfactorio, dando lugar a ruidos y rápidos desgastes con posibles rupturas . para evitarlos se añaden aditivos antiespumantes.

Detergentes dispersantes

A pesar de los filtros existentes en la tubería principal de la máquina y del filtro en el depósito de aceite el polvo logra entrar en la máquina y además en el funcionamiento de la misma, se generan depósitos de carbón. a todo lo cual debe aún añadirse los productos resultantes de la oxidación del aceite, por pequeño que sea. A consecuencia del desgaste de las piezas de la maquinaria aparecen partículas metálicas en el seno del aceite. como resultado de todas estas acciones resultan la formación de considerables depósitos en las diversas partes de la máquina, que gradualmente degrada su rendimiento y acelera el desgaste de sus partes. Para combatir la formación de esos depósitos se añaden productos detergentes en el aceite.

Los detergentes actúan de un modo análogo como lo hace el jabón ordinario para las manos, los detergentes despegan los depósitos de las paredes metálicas (sea gomas, carbón y suciedades diversas) y el aceite los arrastra a todos. Las partículas mayores caen al fondo del depósito de aceite, pero las menores permanecen en suspensión y no se eliminan eficazmente hasta que no se produce una renovación del aceite.

Se añaden también productos dispersantes para impedir que las partículas formen grumos, y mantenerlas firmemente divididas, sin ellos, dichas partículas tienden a agruparse y pueden bloquear el filtro, con lo cual reducen su eficiencia. También pueden coagularse en las canalizaciones y taponándolas de modo que lleguen a impedir la circulación de aceite. Los agentes dispersantes impiden todas estas anomalías y aumentan grandemente la capacidad del aceite para transportar impurezas.

Figura 6. Contenido de hierro

Gráfica de muestras de aceite tomadas de la prensa extrusora

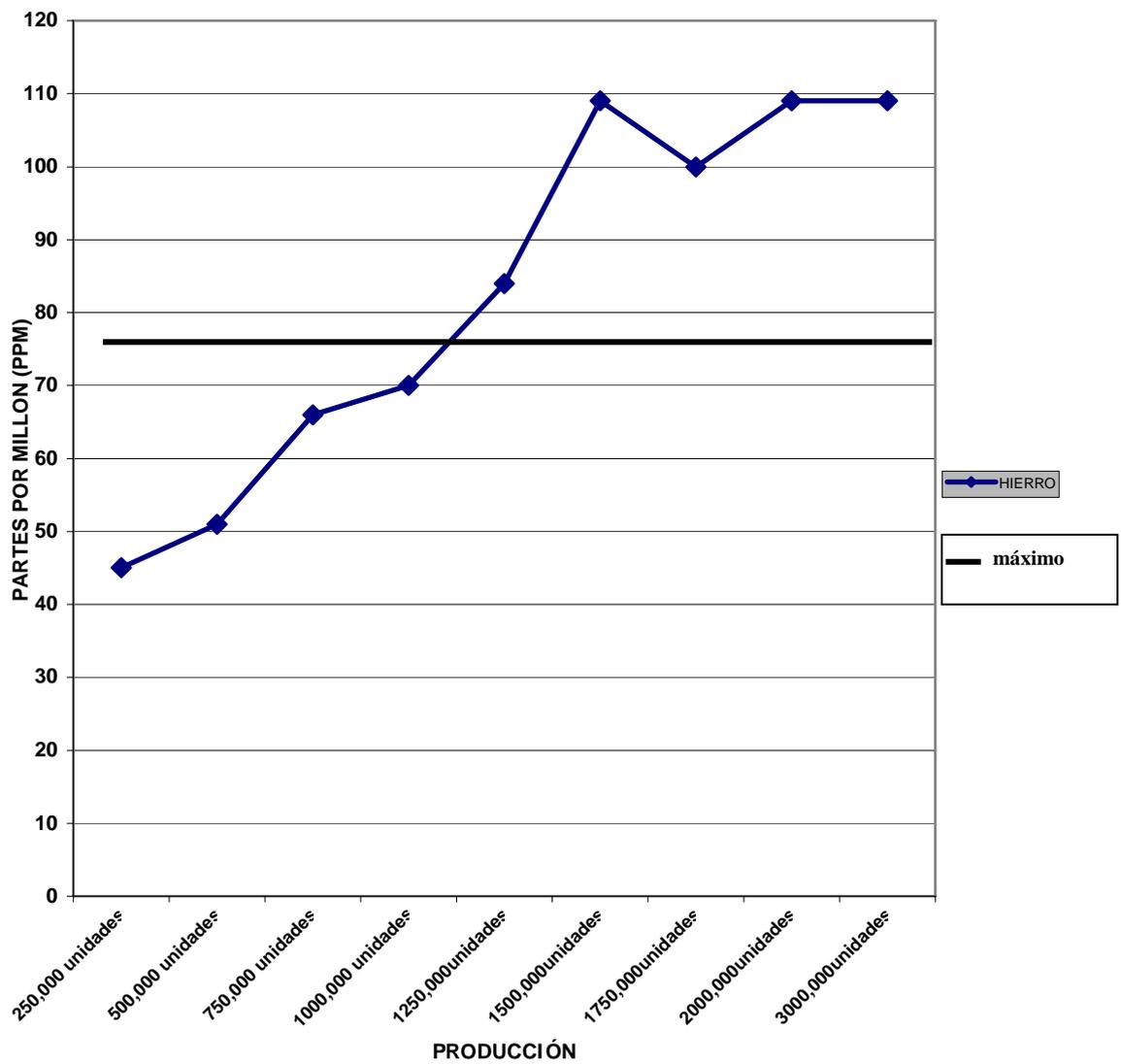


Figura 7. Contenido de cobre

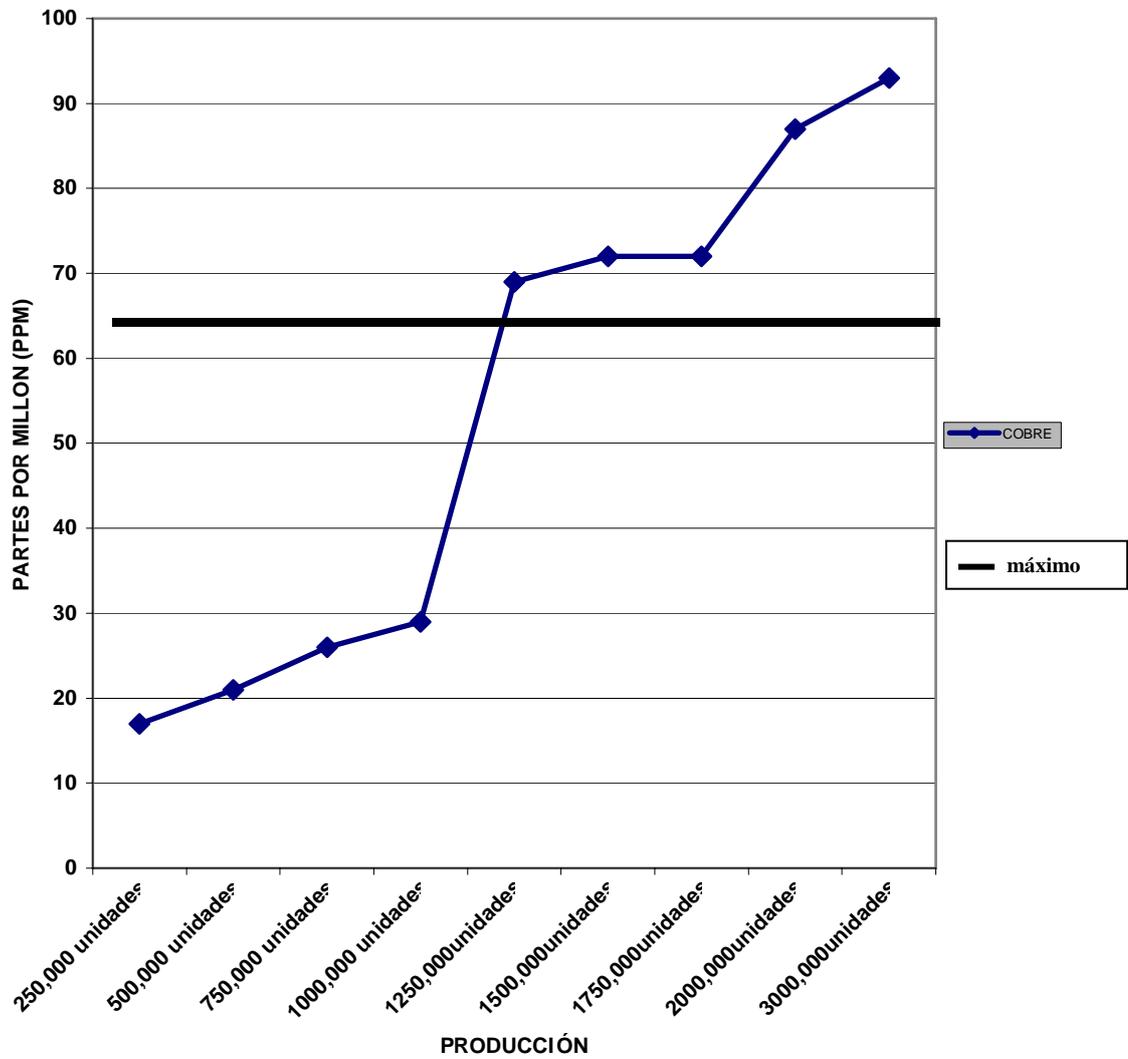


Figura 8. Contenido de aluminio

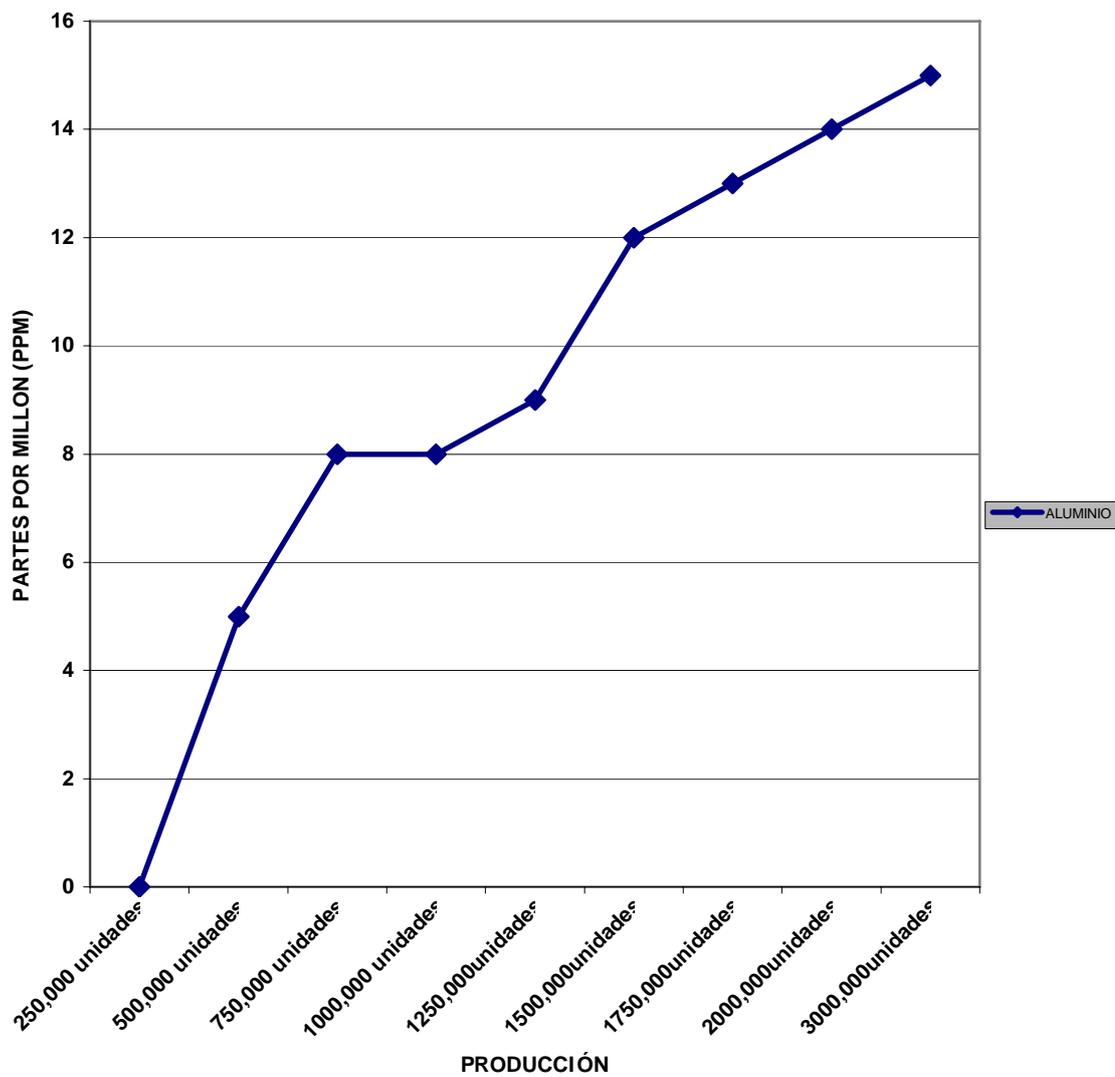


Figura 9. Contenido de estaño

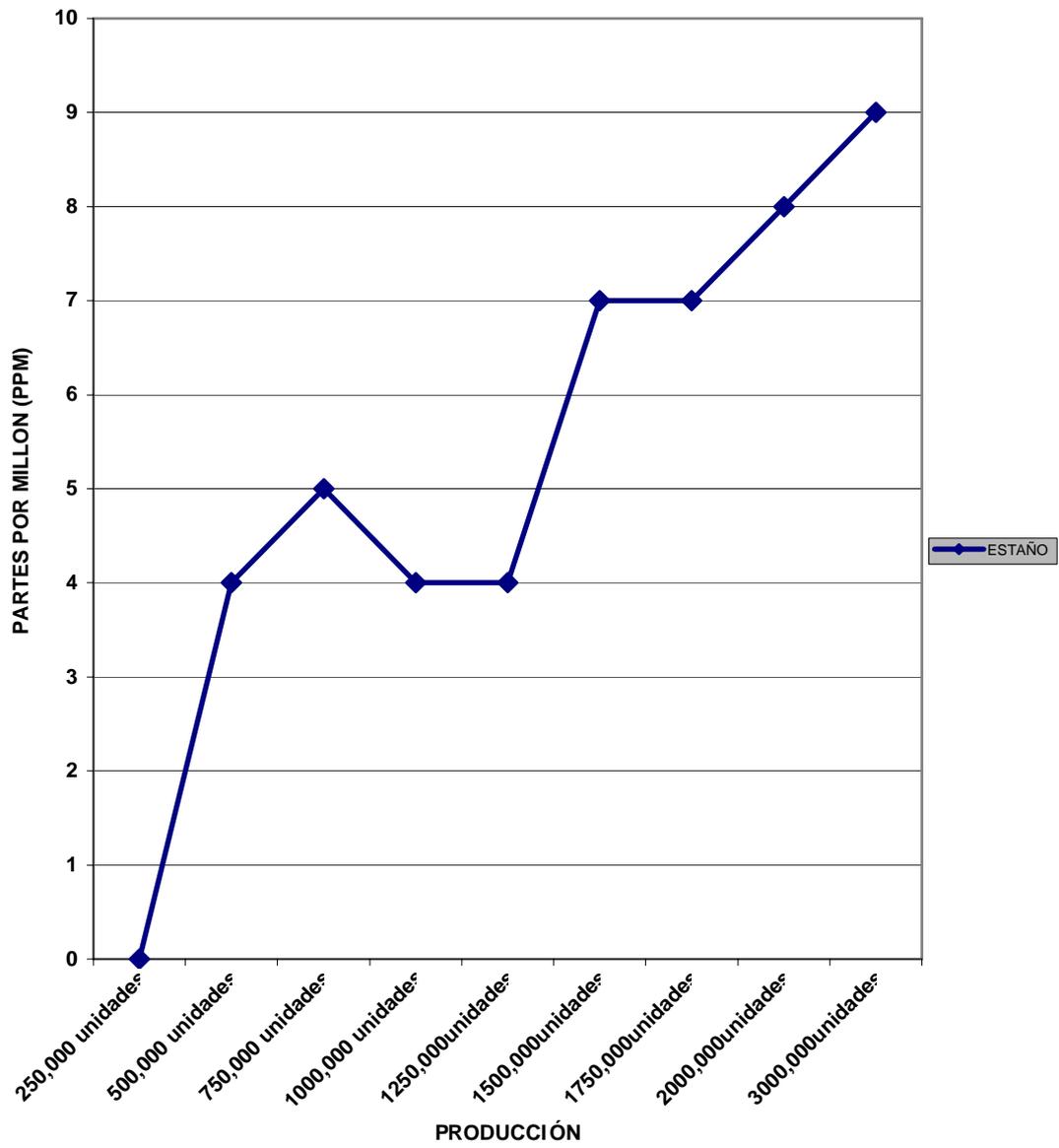


Figura 10. Información del aceite

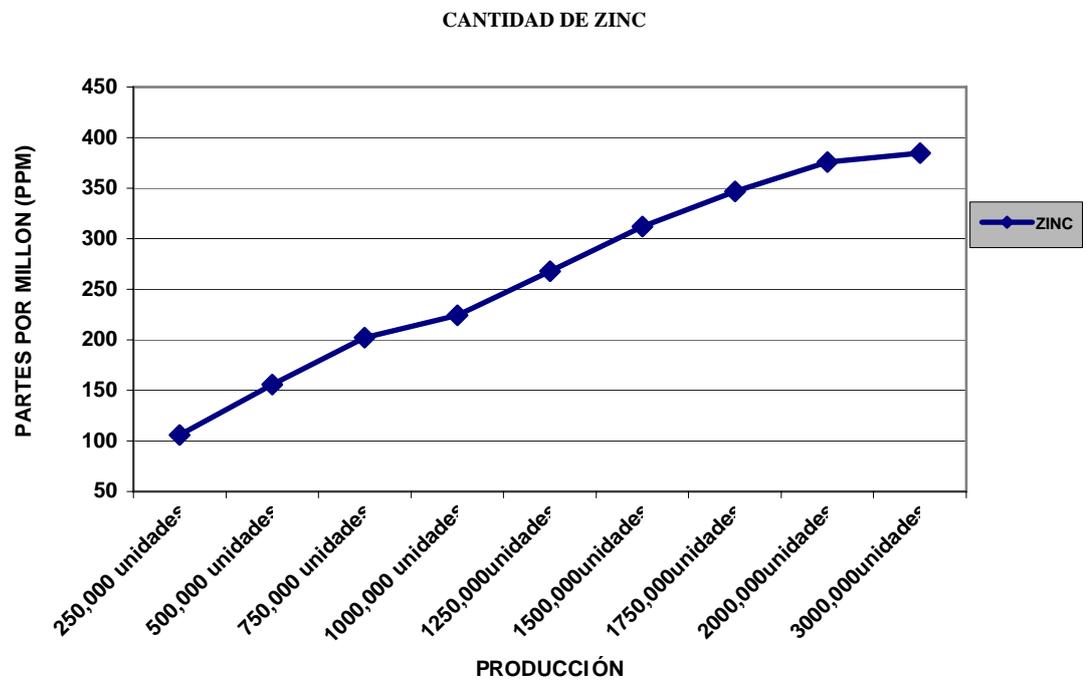
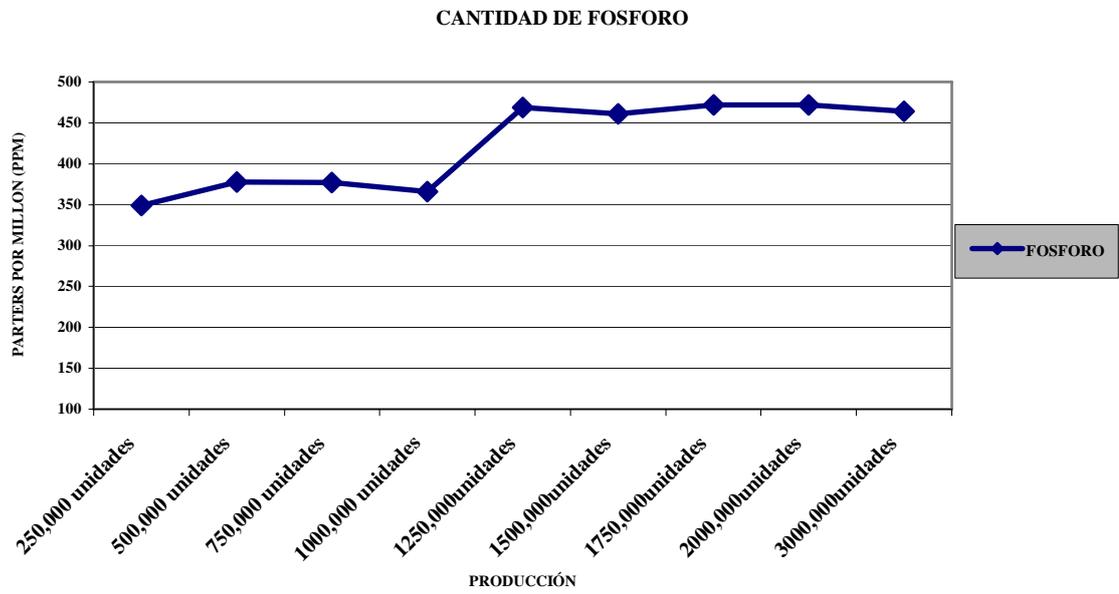


Figura 11. Viscosidad

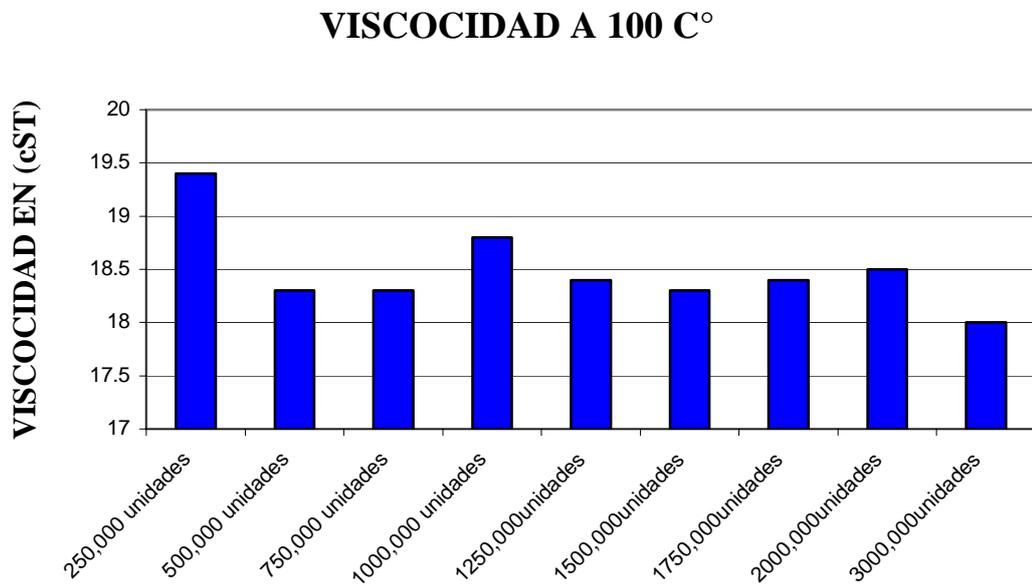
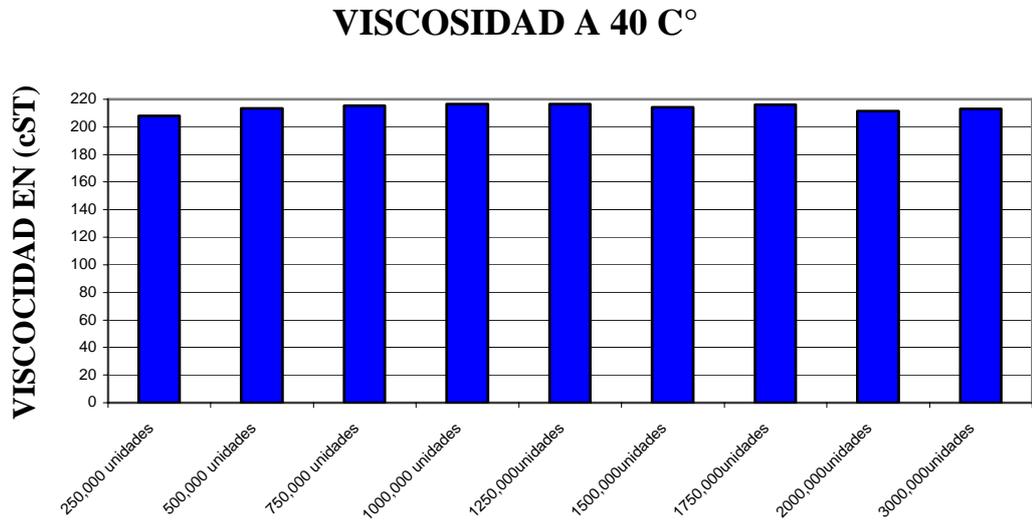
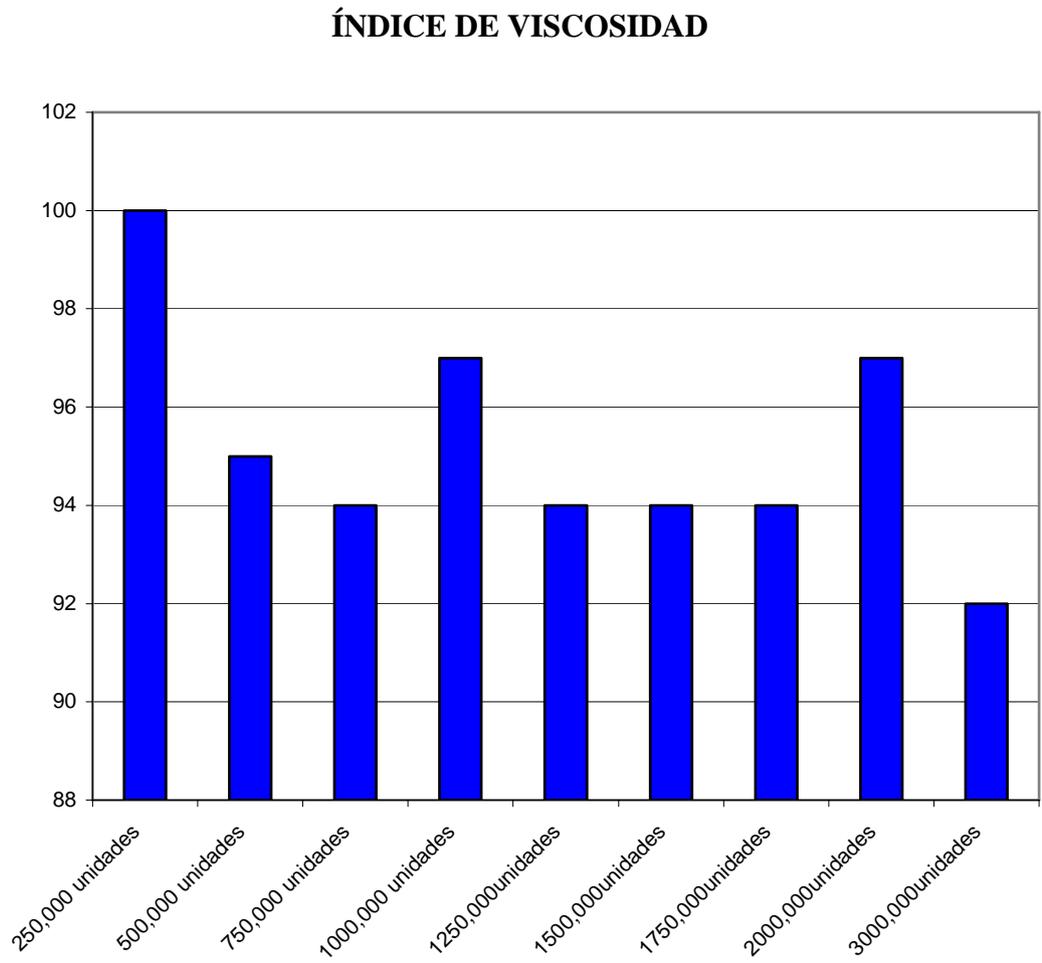


Figura 12. Índice de viscosidad



5.1.4.6 Interpretación de gráficas de muestras de aceite tomadas aprensas extrusoras

Un aspecto de la interpretación de resultados es poder determinar cuál o cuáles piezas se están desgastando anormalmente y cuáles están trabajando con un desgaste anormal. Algunos criterios que se toman en cuenta para poder determinar con aproximación que piezas son las dañadas, son las siguientes:

- a- Horas de uso del aceite: es lógico que un aceite con pocas horas de uso, tendrá pocas partículas metálicas en suspensión y por el contrario, un aceite con muchas horas de uso, las partículas serán más. Por eso es importante tomar la muestra a las horas que determina el fabricante para estar seguros que la comparación con el patrón de desgaste es adecuada.
- b- Condiciones de operación de la máquina: tipo de suelo (suave, duro, abrasivo), forma de operación, sobrecargas, sobrecalentamiento, etc.
- c- Aplicación de la maquinaria: cada máquina ha sido diseñada para trabajos específicos y muchas veces se utilizan para tareas que salen de ese diseño en este caso los componentes y piezas estarán algunas veces sobrecargadas y trabajando en límites críticos.
- d- De que comportamiento es el aceite analizado: no será lo mismo un valor de desgaste alto de hierro por ejemplo en la transmisión que en el motor.
- e- Aceite nuevo agregado: es importante saber qué cantidad de aceite fue agregado en el período de trabajo, para determinar si el consumo de aceite es excesivo.

- f- Conocimiento sobre la construcción de la máquina: Solamente sabiendo que material está constituida cada pieza, como funciona, como está lubricada, etc., podrá hacerse una combinación con las demás variables y eso hará que se llegue a determinar con bastante aproximación las condiciones internas de la máquina.

La experiencia a demostrado que existe alguna relación entre los elementos metálicos que se reportan como inadmisibles y las piezas que se están desgastando en forma anormal. Los elementos repórtables pueden tener cierta relación entre sí y esto constituye un indicio que conducirá a detectar un problema específico. A continuación se expondrán dichas relaciones:

Prensas

Hierro inaceptable. Otros elementos normales

- a- Algún elemento suelto
- b- Algún elemento mal montado
- c- Desgaste mecánico del tren de engranajes
- d- Desgaste de la bomba de aceite. Chequear presión de aceite en la máquina para determinar desgaste o rotura

Cobre inaceptable, otros elementos normales:

- a- Exceso de cobre es causado por picaduras en las roldanas de empuje y los bujes.
- b- Usualmente, el aumento de concentración de cobre es debido al contacto del agua con los depósitos de aceite de las máquinas.
- c- El aumento de cobre puede deberse también al desgaste del buje del eje cigüeñal, o del buje del brazo que sostiene el porta punzón.

Cromo y/o Molibdeno inaceptable, otros elementos normales

- a- Desgaste de los cojinetes del eje cigüeñal.

Silicio, Cromo y/o Molibdeno y hierro inaceptable aumento de aluminio y cobre:

- a- El aumento de silicio es debido a entrada de suciedad por el sistema de inducción de aire. Si es menor de 30 PPM, la entrada de suciedad es gradual, si está entre 40-100 PPM, la entrada es muy fuerte y hay que parar la máquina. Si el silicio ha estado por mucho tiempo arriba de las 100 PPM, es probable que la prensa este demasiado gastada.

hierro, aluminio, cromo y/o molibdeno inaceptable, cobre reportable, silicio Normal:

a- Concentraciones causadas por la corrosión de la superficie superior de las guías del cabezal debido a:

- Arranques rápidos
- Recalentamiento de las prensas
- Baja presión de aceite

hierro, aluminio y silicio inaceptable. Aumento de cromo y cobre:

a- La prensa esta enviando suciedad al aceite

b- Desgaste de cojinetes si el plomo es anormal

hierro, cobre inaceptable, cromo y/o molibdeno reportable; aluminio reportable silicio normal:

a- Causados por el desgaste de las roldanas de empuje en el tren de engranajes. Posiblemente por el desgaste de los bujes del brazo que sostiene el porta punzón

b- El cambio de aceite se está haciendo antes de tiempo

Mandos finales

Hierro inaceptable, otros elementos normales:

- a- Desgaste de ruedas dentadas o ajuste de los cojinetes no es correcto.

Cobre inaceptable, otros elementos normales:

- a- Desgaste de las roldanas de empuje en tren de engranajes o en los espaciadores del volante y del eje del *clutch*.
- b- Desgaste de los bujes, que componen las prensas en general.

Sistema hidráulico

Aluminio inaceptable, otros elementos normales.

- a- En máquinas equipadas con bombas tipo de engranes. Desgastes en el cuerpo de la bomba.

Cromo inaceptable, otros elementos normales:

- a- El contenido de cromo indica desgaste de los cojinetes de la bomba de aceite.

Para todos los comportamientos

Silicio inaceptable. Todos los demás elementos normales:

- a- Posiblemente la muestra esta contaminada. Tomar otra muestra.

En resumen cada máquina es un caso particular, se deberán estudiar los resultados de acuerdo a los criterios y variables enunciados anteriormente. Además habrá que tomar en cuenta el tipo de máquina, su historia con respecto a funcionamiento, reparaciones, etc.

Se hace la observación que los criterios mencionados anteriormente, responde al diagnóstico de fallas para una marca comercial de maquinaria de movimiento de tierra y que por tanto, no tiene una aplicación general. por otro lado estos criterios son solamente auxiliares que en un momento determinado pueden servir de mucho, hay que tomar en cuenta el modelo de máquina, su uso, la forma de operación, etc. Solamente con todos estos datos y la experiencia se podrá diagnosticar fácilmente.

Interpretación de un reporte para una prensa extrusora

El comentario "NORMAL" indica que todas las lecturas de esa fila están dentro del rango normal de desgaste, sin embargo, si se observa en el espacio de **desgaste metálico** que corresponde al numero de muestra 93436, nos daremos cuenta que aparece un desgaste de (45 PPM de hierro y 17 PPM de cobre), quiere decir que hay partículas de hierro y cobre suspendidas en la muestra dentro de los rangos normales hasta este momento; en este caso la cantidad no es reportable.

En el siguiente análisis número de muestra 94321, muestra que los resultados están nuevamente normal, esto nos indica que la calidad del aceite se mantiene con una producción de (1,000,000 de unidades), si observamos detalladamente las cantidades de hierro y de cobre en esta nueva muestra nos daremos cuenta que va en aumento, esto es un claro indicio de un desgaste en el tren de engranajes y en los bujes del eje cigüeñal, la cantidad de silica (tierra) es uno de los contaminantes que están aumentando considerablemente ya que por el medio y la poca protección del deposito de aceite de las máquinas está propenso a entrada de tierra de medio ambiente.

En el espacio de **información del aceite** de la muestra número 94321 podemos observar que el fósforo y el zinc aparecen unos porcentajes elevados de los mismos, el laboratorio indica que estos porcentajes son los aditivos que contiene el aceite para brindarle las propiedades antes mencionadas.

En el siguiente análisis número de muestra 95673, se observó el aumento de las partículas metálicas del hierro, cobre y la aparición del aluminio en un gran porcentaje, el silicio aumentó considerablemente. Observando dichos aumentos de estos elementos podemos diagnosticar que el aceite a las (2,500,000 unidades) es recomendable cambiarlo, ya que el diagnóstico nos indica, contaminación con tierra, arena que produce desgaste de engranajes, desgaste en bujes de bronce y cojinetes, revisar taponamiento magnético, sellos o empaques

Este método ha demostrado, en la práctica, ser muy eficaz pero si se lleva como está establecido, de lo contrario, no se obtendrán buenos resultados.

Este método al igual que cualquier otro servicio de conservación o inspección, tiene resultados positivos cuando se usa constantemente, sólo una muestra periódica puede descubrir los tipos de desgaste en las máquinas. Cuando se analizan una muestra aisladamente tal vez se encuentren ciertas condiciones críticas dentro del comportamiento pero se requiere varias para definir lo que está sucediendo y solamente así se puede definir el proceso que conduzca al correcto mantenimiento preventivo.

Ventajas del método

La preocupación de los encargados del mantenimiento ha sido siempre que la maquinaria funcione con óptima eficiencia y con tiempos mínimos de inactividad por desperfectos. Existe la posibilidad de que la maquinaria se conozca bien, que sea un experto en todo lo concerniente a la conservación, sin embargo se tiene experiencia que generalmente se escapan, detalles que no se prevén y los tiempos inactivos siempre están presentes. Se trata entonces de que estos tiempos sean mínimos; para ello, los métodos o sistemas de mantenimiento nuevos son siempre una ayuda para los responsables de mantener la maquinaria trabajando, máximo si esto representa buenas ventajas. A continuación mencionaremos algunos de los beneficios que proporciona el muestreo periódico del laboratorio.

- 1- Detecta los problemas que puedan presentarse es uno de los objetivos del mantenimiento preventivo. También conocimiento previo de los posibles problemas, estos pueden ser atacados con mayor eficiencia. En todo tipo de maquinaria, los problemas causan desgastes en las piezas debido a esto, por ejemplo, en un motor dicha pieza puede dañar otros elementos y habrá que desarmar otros componentes para llegar a extraer la pieza o piezas dañadas. Lógicamente este acarreo de tiempos inactivos son de gran perjuicio a la empresa o dueño de la maquinaria y por consiguiente se elevan los costos de operación.
- 2- El muestreo periódico del lubricante precisamente ayuda detectar los problemas causados por desgaste de piezas que componen los compartimientos. Obteniendo curvas de desgaste a través de lo análisis y se podrá regular los tiempos de paro elevando la duración de los componentes y esto implica una reducción de costos.
- 3- Como las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro son partes por millón, es decir, partículas atómicas suspendidas en el aceite, una cantidad anormal respecto a la tasa normal de desgaste; no significa que el componente fallara inmediatamente. Significa, eso sí, una irregularidad en el funcionamiento; el método no permite que las pequeñas irregularidades se conviertan en problemas serios, es frecuente que un ajuste, o el reemplazo de una sola pieza, evite pérdidas de trabajo y reparaciones costosas.

- 4- Es una norma muy importante establecer si una reparación o reconstrucción de un motor quedó bien realizada, hay muchos sistemas que nos sirven para evaluar las reparaciones. Sin embargo, detectar desgastes anómalos en las piezas después de algunas horas de funcionamiento puede ahorrar el daño de la máquina, muchas horas inactivas y pérdida de dinero por reacondicionamiento posterior a la reparación. Una muestra de aceite puede determinar si se hizo bien la reparación y si se corrigió el problema.

- 5- El método ayuda a evitar reparaciones o reconstrucciones innecesarias. Es frecuente que cuando se le da mantenimiento a una máquina se procede a desarmar todos los componentes y resulta que algunos de ellos, no era necesario de desarmarlos; con el análisis de aceite puede determinarse qué componentes deben reconstruirse.

CONCLUSIONES

1. Con el programa de mantenimiento preventivo se logra aumentar la disponibilidad de operación de la maquinaria, a fin de incrementar su vida útil.
2. Uno de los problemas que presentan las prensas extrusoras, es su dificultad de extruir las fichas de zinc. Para darle solución a este problema, se aplica una lubricación especial, de acuerdo a las exigencias y necesidades del departamento, así como de graduar la temperatura del carril de ficha.
3. El sistema de posicionamiento de la ficha en el dado (lanzadera) es una de las partes críticas de las máquinas extrusoras, requieren un ajuste preciso ya que permite colocar adecuadamente la ficha y evitar que se lastime el dado y el punzón.
4. Reducción de la inversión en la compra de lubricantes, dado que la aplicación de un método correcto evitará la sobre solución, reducirá la frecuencia de lubricación y permitirá controlar el consumo.
5. Con el fin de reducir los costos del mantenimiento preventivo en las máquinas extrusoras, se realizó un estudio de desgastes y contaminación del aceite en una de las prensas, interpretando los resultados, determinándose la importancia de realizar los cambios de aceite cada 2,500,000 unidades.

6. La estandarización de los repuestos que se realiza en las máquinas extrusoras proporciona una gran ventaja en la reparación de las mismas y los paros por la readecuación de las piezas.

7. La falta de repuestos es un factor importante en un programa de mantenimiento, ya que la falta del mismo puede provocar que la máquina o equipo quede fuera de servicio más del tiempo necesario por el mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Algunas veces la planificación no es llevada a cabo en su totalidad o en la mejor forma, debido a que las actividades para el desarrollo de la misma se ven obstaculizadas por falta de información o mala interpretación de datos. Con el fin de evitar estos problemas y para que el planeamiento del mantenimiento pueda tener efectos positivos se sugiere:

1. Para cumplir con los objetivos del mantenimiento se debe mantener una relación con los materiales y recursos necesarios.
2. Para determinar el período de mantenimiento, lo más aconsejable es seguir las normas del fabricante de la máquina.

Al momento de realizar el servicio de limpieza y cambio de aceite de las máquinas, debe ponerse en operación lentamente, con el fin de verificar que todas las piezas reciban la cantidad suficiente de aceite. También se sugiere no cargar la máquina a su potencia máxima de presión durante los primeros 8 ó 10 minutos. Antes de poner en marcha las prensas extrusoras deberán comprobarse los siguientes puntos:

- Verificar que el depósito de aceite esté lleno
- Verificar que esté llegando aceite a todos los puntos de lubricación
- Verificar que estén bien engrasados todos los puntos de lubricación a mano
- Verificar que los manómetros de aceite y aire estén trabajando bien

3. Con el fin de aprovechar al máximo la capacidad instalada de las prensas extrusoras, es necesario que cuando se haga el cambio de ficha de zinc o de lubricación, las pruebas se realicen fuera del horario de producción; así como es importante la aprobación del cambio para asegurarse de que este va ser más beneficioso que perjudicial para las máquinas.
4. Para determinar el período de mantenimiento, lo más aconsejable es seguir las normas del fabricante de la máquina; y, de no existir, tomar como patrón un mecanismo similar en condiciones de trabajo semejantes.
5. La existencia de un determinado repuesto a la hora del mantenimiento juega un factor muy importante, por lo que es aconsejable tener un *stock* de repuestos actualizados con máximos y mínimos que garantice que el mantenimiento no tenga que detenerse por falta de repuesto, tomando como base un estudio de corto beneficio
6. Los cambios de aceite que se realizan a las prensas extrusoras, según los análisis que se le realizaron al aceite demuestran que este puede realizarse cada 2,500,000 unidades, sin sobrepasarse esta cantidad, ya que posteriormente el aceite pierde las propiedades que le proporcionan los aditivos.
7. Realizan un estudio sobre el aceite que se está utilizando en la actualidad en las prensas extrusoras (Omala 220), ya que el desgaste de cobre existente en la prensa que se tomo para el estudio, no todo es por defecto de las piezas, el aceite utilizado contiene un aditivo no apto para ser utilizado en maquinaria que tienen piezas de cobre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1

Rosales Robert, Rice Jame Associates, **Manual de mantenimiento industrial**, (México: editorial McGraw – Hill, 1989), Tomo 1 pp. 25 - 28

2

Ruddell Reed Jr. **Localización y mantenimiento de plantas**, (Argentina: Editorial el Ateneo, 1,971), pp. 183,184,193 – 195.

3

Shell C.A.P.S.A, **La lubricación planeada en la pequeña y gran industria**,pp. 6 - 16, 25 - 28

4

L. Schuler 732 Goepingen, Seit 1839

5.

Comba Morayta, **Programas de mantenimiento en plantas**,(impreso en Uruguay, 1,970), pp. 6 - 8, 15 - 23, 70 – 80.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeister Theodore, Avallone Eugene, **Marks Manual del ingeniero Mecánico**, 8^a ed. México: Editorial McGraw – Hill 1988.
2. Elonka Steve, **Equipos industriales guía practica para mantenimiento y Reparación**, México: Editorial McGraw – Hill, 1987, pp. 472 - 477.
3. García Miranda, Mario, Sistemas de planeación y programación de mantenimiento, Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1981.
4. García Villavicencio, Jaime, Planeamiento de lubricación de máquinas de producción, Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1986.
5. L. Schuler 732 Goepingen, Seit 1839.

