

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de plástico en una planta de fabricación de bolsas plásticas, en Villa Nueva, Guatemala”**

Trabajo de graduación presentado por Anthony David Castillo Echeverría para optar por el grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2013



**“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de plástico en una planta de fabricación de bolsas plásticas, en Villa Nueva, Guatemala”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de plástico en una planta de fabricación de bolsas plásticas, en Villa Nueva, Guatemala”**

Trabajo de graduación presentado por Anthony David Castillo Echeverría para optar por el grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2013

Tribunal examinador:

(f)



(Ing. Carlos Hurtado)

Tribunal examinador:

(f)



(Ing. Carlos Hurtado)

(f)



(Ing. Ingrid de León)

(f)



(Lic. Cristian Álvarez)

Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de enero de 2013

## **PREFACIO**

El siguiente trabajo nace de la necesidad de la empresa de implementar un sistema eficaz de mantenimiento dado el alto índice de fallas que surgían en toda la planta. Debido a que el departamento de Extrusión es el más crítico y es donde da comienzo a todo el proceso productivo, se decidió realizar dicho proyecto en dichas máquinas.

A lo largo de la elaboración de este proyecto se tuvieron obstáculos, como no contar con todos los manuales técnicos de las máquinas ya que muchas máquinas tienen hasta 20 años en la empresa desde que se compraron. Debo agradecer al departamento de Mantenimiento de la empresa, ya que me brindaron la ayuda y el apoyo necesario para poder realizar el trabajo.

Agradezco a la empresa por abrirme las puertas y dejarme poner en práctica todos mis conocimientos aprendidos en la universidad y porque confiaron en mis conocimientos para ayudar a mejorar el departamento.

Agradezco a mis amigos y en especial a mi mamá y hermana por el apoyo y esfuerzo que hicieron durante estos años para darme esta oportunidad estudiar y convertirme en un profesional.

Por último y más importante agradezco a Jehová Dios por darme la oportunidad de poder culminar mi carrera con éxito y lograr cumplir con la promesa que le hice a mi padre (Q.E.D) quien siempre me dio fuerzas y me enseñó bien para luchar por lo que quiero y nunca darme por vencido. También le doy gracias a mi abuelito (Q.E.D) quien fue mi segundo padre y fue una persona que siempre me ayudó y me animó a seguir adelante, y me enseñó que para todo se debe trabajar con esfuerzo y entregar el 110% siempre.

## ÍNDICE

PREFACIO.....	VI
LISTA DE TABLAS.....	XI
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	XIII
LISTA DE GRÁFICOS.....	XIV
RESUMEN .....	XV
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
III. OBJETIVOS .....	3
A. GENERAL .....	3
B. ESPECÍFICOS.....	3
IV. MARCO TEÓRICO .....	4
A. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UNA BOLSA PLÁSTICA .....	4
1. Extrusión. ....	4
2. Impresión. ....	5
3. Laminación.....	6
4. Slitter.....	6
5. Corte. ....	7
6. Peletizado (Reciclado).....	7
B. MANTENIMIENTO.....	8
C. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	8
D. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	9
E. MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	10
F. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	10
G. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) .....	12

H.	KPI'S .....	14
1.	MTTR (Mean Time To Repair).....	14
2.	MTBF (Mean Time Between Failures).....	15
I.	BALANCED SCORECARD.....	16
J.	ANÁLISIS DEL VALOR PRESENTE NETO .....	16
K.	TASA INTERNA DE RETORNO .....	17
V.	ESTUDIO DE LUBRICACIÓN .....	18
A.	ESTÁNDAR DE LUBRICACIÓN.....	18
1.	Sección del equipo .....	21
2.	Parte del equipo. ....	21
3.	Condición uso de la máquina. ....	21
4.	Lubricantes a utilizar.....	22
5.	Método de aplicación.....	23
6.	Cantidad de aplicación. ....	23
7.	Frecuencia de lubricación.....	23
8.	Responsable de lubricación.....	24
B.	CHECKLIST DE LUBRICACIÓN .....	24
1.	Checklist operador.....	24
2.	Checklist técnico-mecánico .....	24
C.	SEGUIMIENTO DE LUBRICACIÓN 6 MESES A 1 AÑO .....	28
VI.	PLAN DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN.....	29
A.	CONDICIÓN BÁSICA DE UN EQUIPO .....	29
B.	LIMPIEZA.....	29
1.	Extrusoras comerciales .....	29
a.	Sección.....	29
b.	Parte del equipo.....	30
c.	Actividad a realizar.....	30
d.	Recurrencia de actividad.....	30
e.	Condición de uso .....	30

f. Herramientas a utilizar .....	30
g. Responsable.....	30
2. Extrusoras industriales.....	32
a. Sección.....	32
b. Parte del equipo.....	32
c. Actividad a realizar.....	32
d. Recurrencia de actividad.....	32
e. Condiciones de uso.....	33
f. Herramientas a utilizar.....	33
g. Responsable.....	33
C. CHECKLIST DE LIMPIEZA.....	33
1. Checklist operador.....	33
2. Checklist técnicos-mecánicos.....	33
VII. IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS.....	39
A. HOJA BARRIDO DE DEFECTOS.....	39
B. LISTADO DE DEFECTOS .....	42
VIII. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	44
IX. RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	46
X. MEJORAS EN INDICADORES .....	47
A. PUESTA EN MARCHA .....	47
B. FALLAS MENORES.....	47
C. FALLAS MAYORES.....	48
D. DISMINUCIÓN DE MTTR.....	50
E. INCREMENTO DE MTBF.....	51
F. BALANCED SCORECARD MEDIDAS DE MANTENIMIENTO.....	54
XI. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	56
A. AHORRO MENSUAL ESPERADO.....	56
B. INVERSIÓN INICIAL, COSTO DE REPUESTOS Y LUBRICANTES .....	58

C.	ESTADO DE RESULTADOS .....	60
D.	CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y TASA MÍNIMA ATRACTIVA DE RETORNO (TMAR) .....	62
E.	VALOR PRESENTE NETO (VPN) Y PERÍODO DE RECUPERACIÓN (NPER) .....	63
F.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	64
G.	ANÁLISIS BENEFICIO - COSTO.....	68
XII.	CONCLUSIONES .....	69
XIII.	RECOMENDACIONES .....	70
XIV.	BIBLIOGRAFÍA.....	71
XV.	ANEXOS.....	73

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Tabla 1: Estándar de lubricación Extrusora 49 .....	19
Tabla 2: Estándar de lubricación Extrusora 02 .....	20
Tabla 3: Condición uso de la máquina .....	22
Tabla 4: Lubricantes a utilizar .....	22
Tabla 5: Equivalencia de lubricantes .....	22
Tabla 6: Codificación de métodos de aplicación.....	23
Tabla 7: Códigos frecuencia de lubricación .....	23
Tabla 8: Checklist de lubricación mecánico.....	26
Tabla 9: Checklist de lubricación operario .....	27
Tabla 10: Seguimiento lubricación 6-12 meses .....	28
Tabla 11: Actividades a realizar extrusoras comerciales.....	30
Tabla 12: Estándar de limpieza e inspección extrusoras comerciales.....	31
Tabla 13: Actividades a realizar extrusoras industriales.....	32
Tabla 14: Estándar de limpieza e inspección extrusoras industriales.....	34
Tabla 15: Checklist extrusoras comerciales – operador .....	35
Tabla 16: Checklist extrusoras industriales – operador .....	36
Tabla 17: Checklist extrusoras comerciales – técnico .....	37
Tabla 18: Checklist extrusoras industriales – técnico .....	38
Tabla 19: Hoja barrido de defectos extrusoras comerciales.....	40
Tabla 20: Hoja barrido de defectos extrusoras industriales.....	40
Tabla 21: Listado de defectos .....	43
Tabla 22: Programación MP .....	45
Tabla 23: Responsabilidades de Mantenimiento Preventivo .....	46
Tabla 24: Disminución de fallas .....	48
Tabla 25: Disminución de MTTR .....	51
Tabla 26: Incremento de MTBF .....	52
Tabla 27: Matriz de indicadores principales .....	53
Tabla 28: Scorecard medidas de mantenimiento .....	55
Tabla 29: Costo por lubricantes.....	58
Tabla 30: Costo por repuestos .....	58

Tabla 31: Inversión inicial .....	59
Tabla 32: Estado de resultados .....	60
Tabla 33: Flujo de efectivo .....	62
Tabla 34: Análisis de sensibilidad VPN .....	65
Tabla 35: Análisis de sensibilidad TIR .....	66

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración</b>	<b>Página</b>
Ilustración 1: Extrusora .....	5
Ilustración 2: Impresora .....	5
Ilustración 3: Laminadora .....	6
Ilustración 4: Slitter .....	6
Ilustración 5: Cortadora .....	7

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico</b>	<b>Página</b>
Gráfico 1: Tendencia MTBF.....	53
Gráfico 2: Tendencia MTTR .....	54
Gráfico 3: Tendencia de desperdicio por fallas.....	57
Gráfico 4: Período de recuperación.....	64
Gráfico 5: Análisis de sensibilidad VPN.....	66
Gráfico 6: Análisis de sensibilidad TIR .....	67

## RESUMEN

El siguiente trabajo de graduación, consiste en diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para máquinas extrusoras de plástico en una empresa guatemalteca dedicada a la fabricación de bolsas plásticas. Es importante que se realice este programa en dicha empresa, ya que actualmente no se cuenta con un programa de mantenimiento preventivo para ninguna de las máquinas de los diferentes departamentos de la planta y únicamente se cuenta con un programa de reparación correctiva, motivo por el cual estas máquinas presentan paros por fallas de diferente índole, debido a su falta de mantenimiento preventivo. Es de conocimiento general que la falta de mantenimiento preventivo en el ámbito de empresas con procesos productivos de esta magnitud presentan errores, paros innecesarios, fallas, etc., lo cual representan costos altos para la empresa.

La finalidad del mantenimiento preventivo de la diferente maquinaria utilizada para su producción en esta empresa es encontrar y corregir los problemas menores de las máquinas antes de que estos provoquen fallas, y así, asegurar un correcto funcionamiento, manteniendo los equipos en completa operación a niveles y eficiencia óptimos, todo esto, con la finalidad de mejorar su proceso productivo. Con este programa se pretende implementar, mantener y mejorar cada cierto tiempo, como se indicará en el desarrollo del estudio, el mantenimiento preventivo, para lograr la confiabilidad de que los equipos operen de manera óptima, aumentar la duración y la vida útil de los equipos, disminuir los costos causados por el tiempo que los equipos permanecen fuera de funcionamiento y asimismo disminuir los costos por reparaciones, tiempo perdido e inventarios de repuestos.

El proyecto se realiza mediante un estudio detallado de los puntos críticos a lubricar, los puntos críticos de limpieza, así como fallas mecánicas de todo tipo que se pudieran dar por el uso ininterrumpido de dicha maquinaria, ya sea por desgaste, ruptura de piezas, etc.; Asimismo, se lleva a cabo un estudio, con manuales, planos y características de cada equipo y un inventario de herramientas a utilizar como aspiradoras, escobas, trapos, solventes y lubricantes. También se realizan procedimientos del trabajo a efectuarse con claridad y detalle, un “checklist” de ejecución que controla la frecuencia del mantenimiento de cada máquina y se llevara un registro detallado de reparaciones, repuestos y sus costos para poder tener un indicador que permitirá establecer los costos que se generan para la empresa en mención en la actualidad, por no contar con un programa de mantenimiento preventivo, así como un análisis del

ahorro dado por la implementación del mantenimiento preventivo, un análisis de sensibilidad de los factores que más podrían afectar nuestro costo y un análisis costo beneficio con el cual se puede determinar el ahorro y rentabilidad que se genera con la implementación de dicho programa de mantenimiento preventivo, el cual se establece en el desarrollo de este proyecto.

# I.INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo debe ser una herramienta que deben utilizar todas las plantas productivas para mantener todas sus herramientas de trabajo y equipo en óptimas condiciones de trabajo, esto para maximizar la utilizad de éstas y disminuir fallas y pérdidas de dinero por tiempos muertos del equipo.

La empresa de fabricación de bolsas plásticas en la cual se enfoca este proyecto, tiene una serie de maquinaria de gran envergadura a las cuales no se les tenía un plan de mantenimiento periódico y eficaz. La planta cuenta con aproximadamente 150 máquinas las cuales ninguna cuenta con un registro específico del mantenimiento que se les debe dar o la forma en que se debe realizar este mantenimiento. Debido a esto, las máquinas de la planta presentan fallas constantemente, en donde el departamento de mantenimiento, interviene a realizar únicamente mantenimiento correctivo, en el cual, muchas veces las fallas son de tal gravedad que los tiempos muertos por estas fallas son muy grandes y representan pérdidas para la empresa.

Por estos factores se llegó a la conclusión que la planta necesita de un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas que ayude a reducir las fallas de las máquinas y logre mantenerlas en un óptimo nivel de trabajo. Este trabajo se enfoca en realizar el programa de mantenimiento preventivo para el departamento de Extrusión el cual es el más sensible para la empresa ya que representa el comienzo de la producción para una bolsa plástica. Este departamento cuenta con 24 máquinas extrusoras de película soplada a las cuales se les realiza un estudio y estándar de lubricación, limpieza y necesidad de recambio de piezas.

En el trabajo se muestra el estado en que se encontraban las máquinas del departamento en donde se refleja la alta incidencia de fallas y paros en la maquinaria por falta de mantenimiento y limpieza del área.

Finalmente se realizó un estudio económico del proyecto en donde se determinó la rentabilidad de éste por medio del análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN), el Período de Recuperación del proyecto (NPER) y el análisis Costo Beneficio (B/C). Al comparar los análisis se determinó que efectivamente, la TIR es mayor a la Tasa Mínima Atractiva de Retorno de la industria, también se concluyó que el VPN y el NPER del proyecto cumplen con la comprobación los métodos y por último la razón B/C, de igual manera, cumple con el requisito de aprobación del proyecto. Todo esto nos expresa y afirma la rentabilidad del proyecto, dados los buenos resultados obtenidos con la implementación de este programa.

## II. ANTECEDENTES

El trabajo surge de la necesidad de mejorar el proceso productivo de las máquinas extrusoras de plástico y evitar los paros no deseados de las máquinas por fallos o desperfectos mecánicos y de otra índole en la planta de fabricación de bolsas plásticas y empaques flexibles. Hemos elegido el departamento de extrusión, ya que a nuestro criterio es el departamento que necesita mayor control y mayor atención en su línea de producción, ya que es donde se da el comienzo al proceso para realizar una bolsa plástica. El departamento de extrusión cuenta con 24 máquinas extrusoras, de diferente capacidad productiva, en las cuales se dividen en extrusoras comerciales y extrusoras industriales, las cuales trabajan 24 horas por 7 días a la semana. El proceso de extrusión consiste en formar, a partir de granos de polímero y un husillo, una película plástica soplada por aire frío, también llamada burbuja, que luego de pasar por rodillos es enrollada en forma de bobina.

Actualmente las máquinas extrusoras se mantienen en un mal estado, debido a que existe mucha suciedad alrededor y sobre las máquinas, no se cuenta con una frecuencia de mantenimiento, no existen fechas programadas para su mantenimiento y tampoco equipo necesario para darles un buen mantenimiento a las máquinas, factores que combinados, afectan el producto final. Al realizar el programa de mantenimiento preventivo se pretenderá llevar a las máquinas de un mal estado a un óptimo estado para su buen funcionamiento, se pretende disminuir los costos por paros no deseados debido a fallas y falta de mantenimiento a la maquinaria, tratando de alargar su vida útil, y provocando que el producto sea de la más alta calidad.

Esta es una empresa guatemalteca que opera a nivel nacional, centroamericano e internacional que se interesa por la calidad de todos sus productos y consciente que para poder realizar un producto final a la altura de las especificaciones y características de lo que solicita el mercado en sus diferentes niveles, se necesita tener en óptimas condiciones todos los componentes esenciales para una producción exitosa: Maquinaria, materia prima y recurso humano. A causa de esto se ha decidido realizar este trabajo enfocado a las máquinas, ya que es un proyecto que a la empresa misma clasifica como necesario, debido a la importancia que representa la maquinaria en su proceso productivo. En el trabajo se pretenderá presentar una administración exitosa en todas las fases que requiere la implantación de un programa de mantenimiento preventivo para las 24 máquinas extrusoras de plástico, y luego de la implementación de este programa en el área de extrusión, poderlo expandir a nivel de toda la planta en un futuro próximo.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. General**

Diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya la mejora continua en inspección, limpieza y lubricación adecuada, necesaria para mantener en óptimas condiciones de funcionamiento las máquinas extrusoras en una planta fabricadora de bolsas plásticas, reduciendo los costos por mantenimiento, costos por tiempos ociosos y alargando la vida útil de las máquinas, con el propósito de obtener un mejor producto final, el cual se refleja en el análisis costo beneficio.

#### **B. Específicos**

1. Realizar un estudio de lubricación de las 24 máquinas extrusoras, el cual indique los puntos críticos a lubricar, el tipo de lubricante a utilizar, la frecuencia con la que se tiene que lubricar y el responsable de lubricar cada área de la máquina.
2. Crear un sistema de lubricación periódica en forma de “checklist”, indicando días exactos a lubricar, área a lubricar y responsable de la lubricación.
3. Hacer un estudio de la necesidad de limpieza en las máquinas e indicando las actividades e inspecciones necesarias para mantener una máquina en óptimas condiciones de su funcionamiento.
4. Reducir más de un 25% los paros de maquinaria por falta de servicio y/o reparaciones en un mes y reducir los costos por fallas en un mínimo de 5%.
5. Definir los roles y responsabilidades de cada uno de los involucrados en el programa del mantenimiento preventivo.

## IV. MARCO TEÓRICO

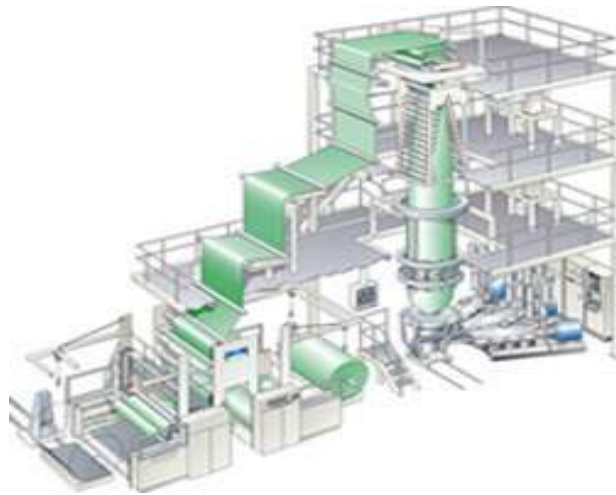
### A. Proceso de elaboración de una bolsa plástica

El proceso para la elaboración de una bolsa plástica consta de cinco pasos esenciales para poder llegar al cliente como producto final.

**1. Extrusión.** El departamento de extrusión es el primer paso para la realización de una bolsa plástica. La materia prima, llamada “pellet”, llega en contenedores de cartón a la máquina que requiera este material. Este material generalmente es transparente por lo que es necesario añadirle, previamente, colorante para conseguir el color deseado en el material. Dicho material se agrega en las tolvas de las extrusoras, la mezcla resultante pasa por una boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (Tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas, debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón saliendo por una boquilla y debido a un estiramiento vertical y un soplado en sentido transversal, sale creando un globo de plástico, también llamada burbuja. (7)

Esta burbuja, se va enfriando progresivamente y mientras vuelve a una temperatura normal y estable pasa por una serie de rodillos que hacen que la película se vaya aplanando para luego ser recogida en forma de bobina. De esta forma se van conformando las características particulares de cada bobina: calibre, anchura, tamaño, etc. En muchas ocasiones, la bobina de película de plástico es tratada con una descarga eléctrica que oxida la superficie del plástico y que facilita la adherencia de las tintas en el material, se trata de abrir con las descargas eléctricas unos poros en la superficie de la bolsa para que la tinta quede bien impregnada y anclada en el proceso de impresión. (7)

Para finalizar el proceso, las bobinas se pesan, se embalan correctamente para protegerlas de golpes y polvo y se preparan para ser entregadas al cliente. Para los productos que lleven algún tipo de impresión, el siguiente proceso es la impresión. Los productos que no vayan a ser impresos pasan directamente a corte o a Bodega de Producto Terminado. (7)

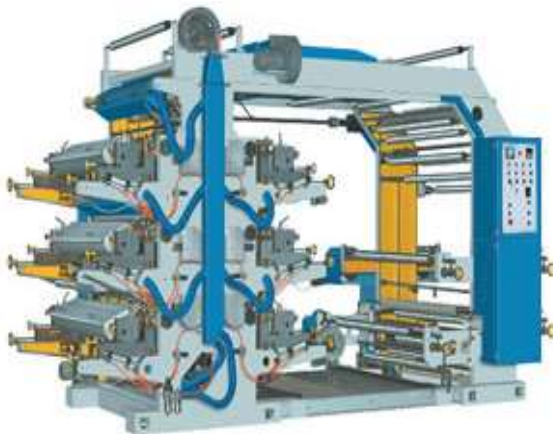
**Ilustración 1: Extrusora**

Fuente: FORERO Ricardo, extrusión de película tubular, [en línea]

<http://raforeror.files.wordpress.com/2010/07/3d-graph.jpg>. Recuperado el 16 de agosto de 2012

**2. Impresión.** Las bobinas con el material procedente de extrusión se introducen en un extremo de rotativas flexo-gráficas y se hace pasar la película de polietileno por unos rodillos y tinteros hasta que llegan al otro extremo con la tinta seca. (7)

Este proceso puede parecer muy sencillo en un principio, pero es uno de los más complicados. Una ligera variación en las proporciones de las tintas, en la velocidad o en el tiempo de secado puede provocar que la impresión deseada sea totalmente distinta a la resultante, provocando como resultado material y recursos desperdiciados. (7)

**Ilustración 2: Impresora**

Fuente: Bagmake, máquina impresora flexográfica de 4 colores, [en línea] <http://www.bagmake.es/3-plastic-printing-machine/3-flexographic-printing-3.html>. Recuperado el 16 de agosto de 2012.

**3. Laminación.** Proceso por el cual se adhieren dos o más películas plásticas por medio de un adhesivo bi-componente sin solvente, se cargan las bobinas que se quieren adherir, pasan por la cámara de aporte de adhesivo y se unen las láminas. Luego se embobinan la unión de ambas películas y se secan por alrededor de 7 horas fuera de la máquina antes de pasar al siguiente proceso. (7)

Este proceso sirve para lograr combinaciones de propiedades de materiales como sellabilidad, barreras al oxígeno, agua o protección al producto o a tintas utilizadas. (7)

**Ilustración 3: Laminadora**



Fuente: ETW International, máquina laminadora tipo seco, [en línea]

[http://www.bagmachinery.es/big\\_img.html?etw\\_path=http://www.bagmachinery.es/9-dry-laminating-machine.html&big\\_etw\\_img=9-dry-laminating/1-1b.jpg](http://www.bagmachinery.es/big_img.html?etw_path=http://www.bagmachinery.es/9-dry-laminating-machine.html&big_etw_img=9-dry-laminating/1-1b.jpg). Recuperado el 16 de agosto de 2012.

**4. Slitter.** Proceso de transformación de bobinas madres a hijas que adoptan un tamaño según lo requerido por el cliente. Se carga la bobina madre, se orientan las cuchillas en función de las dimensiones que se necesitan las bobinas hijas y la máquina empieza a cortar la pieza no deseada. Luego las bobinas hijas se trasladan al siguiente proceso. (7)

**Ilustración 4: Slitter**



Fuente: Direct Industry, cortadora rebobinadora para films de plástico, [en línea]

<http://www.directindustry.es/prod/temac/product-77878-720313.html>. Recuperado el 16 de agosto de 2012.

**5. Corte.** Una vez que las bobinas impresas o no impresas llegan a corte, lo primero que se hace es programar la cortadora con los parámetros necesarios para darle la forma que se desee, bien sea una bolsa camiseta, tipo mercado o una simple lámina. Se ajustan el ancho del producto, el alto, las medidas del fuelle (sí procede), etc. (7)

La función principal es hacer el corte y sellar. La máquina está compuesta por unas barras de acero dentro de las cuales se introducen las bobinas que salieron de extrusión, la película es pasada por unos rodillos hasta que llega a un cabezal el cual funciona a base de calor y lo hace como si fuera una guillotina. Al momento que el cabezal choca contra un rodo, corta y sella la película plástica, ésta es jalada por unas bandas que conducen al operario y son depositadas una por una hasta que llegan a cierta cantidad y una alarma suena para que el operario las retire e inicie el nuevo conteo. (7)

Los sacos con las bolsas son paletizados y pasan a Bodega de Producto Terminado para ser posteriormente enviados a los clientes. Durante todo el proceso de extrusión, impresión, laminación, slitter y corte se siguen unos controles de calidad para comprobar que el producto es conforme con los requerimientos del cliente y con los estándares de calidad de la empresa. En caso negativo, el producto es retirado de la cadena de producción y reciclado en su totalidad para volver a reutilizarlo en la fabricación de bolsas plásticas. (7)

**Ilustración 5: Cortadora**



Fuente: Hangzhou Utecs International CO., hot sealing and cold cutting plastic bag making, [en línea] <http://www.utecsinter.com/products/hot-sealing-and-cold-cutting-plastic-bag-making-machine-215.html>.

Recuperado el 16 de agosto de 2012.

**6. Peletizado (Reciclado).** La empresa preocupada por el medio ambiente, recicla todo producto no conforme que no haya pasado por el proceso de laminación y todo el excedente del proceso productivo. Este proceso se realiza por medio de máquinas llamadas Peletizadoras, las cuales tienen como función transformar la película o el film de polietileno en nuevos pellets, con el objetivo de ser reutilizados en otros productos. (7)

## **B. Mantenimiento**

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. (9)

Debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esta actividad y se constituya así, una organización de mantenimiento. (9)

Con el objetivo de optimizar los beneficios de la especialización, todo el mantenimiento debe ser realizado por un solo departamento bajo las órdenes de un supervisor de mantenimiento o ingeniero de planta, el cual tendrá otros deberes además del mantenimiento de las plantas. Como la unidad de producción utiliza la mayoría de los activos fijos existentes en el grupo social, se encontrará que resulta mucho más satisfactorio que el departamento forme parte de las responsabilidades del gerente de producción. La brecha existente entre el departamento de producción y el de mantenimiento, inevitablemente conducirá a mal funcionamiento de la planta, con todas sus consabidas consecuencias. Las responsabilidades del equipo de mantenimiento tienen implícitamente el cuidado de la planta (hablando de edificios y equipos); la instalación del equipo nuevo y la supervisión de las condiciones nuevas. (6)

En una empresa, el mantenimiento debe mantener las instalaciones y el equipo a estándares aceptables de rendimiento operativo y confiabilidad. También debe optimizar la efectividad de la inversión en mantenimiento, mediante análisis de costo beneficio y planificación de vida útil. Por último tiene como objetivo maximizar la vida útil de los bienes de la empresa, productividad y eficiencia mediante planes proactivos de planificación de mantenimiento y programación de recursos y control. (6)

## **C. Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se fundamenta en revisiones periódicas o diagnóstico de las condiciones en que están trabajando los diferentes elementos que conforman una máquina, de los cuales depende la eficiencia y la calidad del producto que elabora o transforma determinada empresa. (2)

A través de las inspecciones periódicas, se descubren aspectos técnicos fuera del rango apropiado de operatividad del equipo, condiciones peligrosas o que originarán fallas mayores de

no haber detectado a tiempo; además, en su expresión básica nos permiten conocer información sobre el estado de los componentes para la operación normal de la máquina. (2)

La aplicación del mantenimiento preventivo permite que los equipos funcionen a plena capacidad técnica y elimina los posibles riesgos de quedar fuera de servicio, ocasionando paradas largas por averías graves, lo cual proporciona grandes costos. (8)

El mantenimiento preventivo está siendo muy aceptado por las empresas, ya que tiene como objetivo acercarse a lo más posible al momento del fallos, sin perder fiabilidad, aprovechando así eficientemente la vida útil del componente. El propósito es que no suceda como en algunas industrias, que se cambian piezas sin haber completado estas el ciclo normal de vida, porque involucra un alto consumo de repuestos y de mano de obra operativa, en la sustitución de las partes. (2)

Dentro de los objetivos de un programa de mantenimiento, podemos mencionar: (6)

- a) Garantizar la función que ejecuta el equipo.
- b) Minimizar los tiempos de paro y, con ello, los tiempos de no producción.
- c) Reducir las pérdidas por producto defectuoso y desperdicio de materia prima.
- d) Utilizar racional y económicamente al personal de Mantenimiento, al realizar reparaciones planeadas con fundamento en un programa preestablecido.
- e) Aumentar la vida útil de las instalaciones, maquinaria y equipo.
- f) Mejor aprovechamiento de los repuestos, al hacer el cambio de estos al final de su vida útil y no prematuramente. Esto optimiza el capital total invertido en existencia de repuestos.
- g) Permitir la sustitución y renovación planeadas de maquinaria y equipo, con apoyo en técnicas financieras, ya que estas determinan objetivamente, que en algunos casos es mejor la compra de nuevo equipo que seguir invirtiendo más dinero en repuestos y mano de obra, por reparaciones en máquina, cuya frecuencia de fallas ya es apreciable.
- h) Controlar los costos del servicio de reparación en relación con la disponibilidad de los equipos para producir.
- i) Proteger el medio ambiente, la seguridad de las personas, y administrar adecuadamente los riesgos asociados a la función de mantenimiento, como incendio, explosión, fugas de gas y líquidos peligrosos para la salud.

## **D. Mantenimiento predictivo**

En este tipo de mantenimiento no se sabe con exactitud las frecuencias de cambio de algún repuesto dañado, aunque su mantenimiento sea planificado con anticipación, ya que dicha frecuencia varía en función del desgaste que tenga la pieza que ha sido inspeccionada, es un

mantenimiento costosos, por el hecho de que en muchos casos se necesitan elementos especiales, que midan o indiquen si las características de dichas piezas están dentro de los límites permisibles para su uso. La ventaja es que la vida útil de los repuestos son aprovechados al máximo. (9)

La diferencia entre el predictivo y el preventivo radica en que con el preventivo, se planifica un cambio de repuesto para algún día determinado, y en ese día se tiene que cambiar, mientras que con el predictivo, si el repuesto resiste y su cambio puede esperar un tiempo prudencial, no se cambia y sigue utilizando. (9)

## **E. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo, es la acción técnica administrativa que se utiliza cuando un equipo e instalación ha dejado de funcionar o lo hace defectuosamente y se tiene que entrar a reparar. (8)

Esto origina cargas de trabajo incontrolables que causan grandes actividades, equipos fuera de uso por largos tiempos, lo cual ocasiona sobre costos por pago de trabajos extras, compra de materiales y repuestos en forma inmediata. En resumen son las consecuencias lógicas cuando se sufre un accidente inesperado. (8)

## **F. Importancia del mantenimiento preventivo**

A continuación se mencionan las ventajas que se obtienen al desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, en cualquier tipo de empresa: (14)

- Se tiene más tiempo para planificar y programar las reparaciones.

Por el mismo hecho de que se planifican las actividades de mantenimiento preventivo a desarrollar, se tiene el suficiente tiempo para poder tomar decisiones, en lo que respecta al cambio de actividades, sus frecuencias, personal que lo llevara a cabo, equipo a utilizar durante el mantenimiento, por lo que se puede acordar con el departamento de producción, fechas y horarios para la realización de las reparaciones e inspecciones, por lo que no hay ningún elemento que impida realizar dichas reparaciones, ya que todo ha sido planificado con suficiente tiempo y esto permite observar y analizar cosas que nos pueden afectar la realización adecuada del programa de mantenimiento preventivo. (14)

- La maquinaria y equipo es más eficiente.

Con la realización de un programa de mantenimiento preventivo, la maquinaria se puede mantener siempre en óptimas condiciones de funcionamiento, ya que las posibles causas que pueden afectar tal funcionamiento, son detectadas con anticipación, y se evita tener paros indeseados que afecten el proceso de producción, y que se logra mantener a toda la maquinaria y equipo, funcionando cuando y como se le requiere. (14)

- Se aumenta la productividad.

Esto se logra, desde varios puntos de vista, primero, como la maquinaria funciona cuando y como se le requiere, la producción que se logra obtener cuando las máquinas están detenidas por algún desperfecto que no ha sido detectado con anticipación, por lo que se produce más, además, el tiempo utilizado para reprocesar puede ser utilizado para obtener más producto terminado, con lo cual se ahorra tiempo, y por su puesto dinero; por otro lado, cuando algún desperfecto de la maquinaria afecta su funcionamiento, y se produce un paro no deseado de ésta, por supuesto es necesario arreglarla, pero mientras tanto, los operarios de dichas maquinas, se quedan sin hacer su trabajo, y eso significa disminuir la producción, significa tiempo perdido, aumento de costos por ocio obligado de los trabajadores, cosas que se pueden prevenir con un adecuado programa de mantenimiento preventivo. (14)

- Se reduce la probabilidad de fallas en la maquinaria y equipo.

Como el programa de mantenimiento se anticipa a los problemas que pueden afectar a una máquina, la probabilidad de que falle, se reducen, ya que si es necesario cambiar algún elemento para que la maquinaria no tenga ningún problema en su funcionamiento, se cambia y eso disminuye la probabilidad de que falle. (14)

- Se prolonga la vida útil de la maquinaria y equipo.

Como se busca anticipar los problemas de funcionamiento de la maquinaria, al momento de realizar las actividades de mantenimiento, se analiza si es necesario cambiar algún elemento, colocar un nuevo repuesto, y si ese es el caso, la maquinaria sigue funcionando como nueva, además limpiarla, lubricarla, todo eso influye en aumentar la vida útil de todo elemento que se busca mantener en buen estado, ya que las causas que disminuyen la vida útil del equipo desaparecen en gran porcentaje. (14)

- Se reducen las existencias de repuestos en bodega.

Comprar solo la cantidad necesaria de repuestos que se utilizan en el mantenimiento, que se utilizaran específicamente en dicha actividad, disminuye considerablemente la existencia de repuestos en bodega, ya que no se tendrán repuestos que en ese momento no se utilizan, o no se tendrá una cantidad exagerada de algún repuesto en especial, que puede durar años en

bodega, sino que tendrá el repuesto necesario en el momento necesario y en la cantidad necesaria. (14)

- Se disminuye el tiempo en que los equipos permanecen fuera de servicio.

Por la planificación que se tiene, se sabe en qué momento se va a realizar cada actividad de mantenimiento, lo que implica que al momento de realizarla, se conoce lo que se va a hacer, el personal que lo va a hacer y los repuestos que se van a utilizar, de tal forma que en ningún momento se va a producir alguna falla imprevista, lo cual hace que disminuya en el cual los equipos permanecen fuera de servicio, lo cual disminuye los costos totales de producción. (14)

- Se disminuyen los costos de reparación, pues se evitan los costos indirectos debidos a imprevistos.

Prevenir una falla imprevista, significa ahorrar tiempo en su reparación, así como tener los operarios de la maquinaria, menos tiempo de ocio, dicho tiempo puede ser utilizado para obtener mayor producción, así como también se disminuyen los costos al tener solo la cantidad necesaria de repuestos. (14)

## **G. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

El Mantenimiento Productivo Total, (TPM por sus siglas en inglés) es una forma de administrar el mantenimiento en la empresa. Tiene la filosofía del mejoramiento continuo, de involucrar a las personas vinculadas directamente con esos equipos, los supervisores, capataces, mecánicos, electricistas, operadores de máquinas, lubricadores, personal de aseo y limpieza, y demás personal relacionado con los procesos. También están vinculados los jefes de divisiones y la gerencia general; es decir, involucra a toda la organización. (2)

Todos tienen una meta en común: reducir desperdicios de materia prima, minimizar los tiempos de paro, aprovechar las ventanas de mantenimiento, mejorar la calidad del producto y la eficacia del funcionamiento de la maquinaria. (2)

Por ello fomenta actividades liberadas por pequeños grupos, que representan procesos o líneas de producción. El operador realiza una serie de actividades menores de mantenimiento al equipo y por ello, lo llega a conocer muy bien y detecta problemas, mucho antes de que lleguen a ser causa de daño severo al equipo. (2)

Los esfuerzos individuales se suman para desarrollar creatividad de grupo, las iniciativas del grupo convergen en presentar soluciones técnicas a problemas relacionados con lograr optimizar

la efectividad del equipo. Por ellos, la gente de ingeniería, mantenimiento, producción se integran juntos al mismo trabajo, desarrollan fuertes lazos y mejores relaciones de liderazgo y eficacia de los canales de producción. (6)

El TPM da excelentes resultados porque mejora la productividad de los trabajadores, ya que hoy en día las plantas están integradas por los sistemas y, por lo tanto, requieren trabajadores integrados en sus labores, con habilidades y destrezas que afloran cuando tienen un objetivo común: lograr que los equipos se conserven en muy buen estado para producir, lo cual es de alta valía para la organización. (6)

El TPM hoy en día lo promueve la gerencia general de arriba hacia abajo (*top-down*), porque los resultados de gran cantidad de empresas, en los diversos giros de negocios, presentan datos de reducción de averías, en promedio de 20% a 30%, y ahorros importante en los costos de la función de mantenimiento. (6)

TPM está considerado de clase mundial, ya que es una forma moderna de hacer el mantenimiento en la empresa y potencia, adecuadamente, la participación de los empleados; además, prepara a la organización para la competencia global. (2)

TPM beneficia la colaboración entre mantenimiento y producción; por lo tanto, mejora la eficiencia operacional, la confiabilidad de los sistemas, mejora la calidad de producto terminado, disminuye costos, incrementa el ciclo de vida de la maquinaria, mejora la seguridad y salud ocupacional, está orientado a un mejor desempeño de la efectividad global de las operaciones, promueve la intervención del personal involucrado en la operación y producción, en lo relativo al cuidado y conservación de los equipos y demás recursos para producir. Todo ello prepara de manera efectiva a la organización para establecer otros programas paralelos como: (6)

- a) Administración Total de Calidad (TQM).
- b) Justo a tiempo (Just in Time).
- c) Manufactura esbelta (Lean Manufacturing).
- d) Gestión del conocimiento industrial.
- e) Modelos de certificación de sistemas.
- f) Mejoramiento continuo.
- g) Confiabilidad aumentada.
- h) Gestión administrativa 5 Ss.

Cuando la gerencia general decide desarrollar TPM en su organización, está transformando la cultura de la empresa, para que sea incorporada de manera permanente; con ello fomenta una

nueva estrategia para conservar sus activos con los cuales logra su producción y por lo tanto, la impulsa y la dirige, como parte de su estrategia de competencia global. (6)

## H. KPI'S

Los KPI (Key Performance Indicators) son parte del control que debe tener una empresa. Este control es el proceso de monitoreo, comparación y corrección del desempeño de una empresa. En una organización no se puede saber realmente como se están desempeñando las unidades a menos que hayan evaluado cuales actividades se han realizado y hayan comparado el desempeño real contra el deseado. Los controles efectivos garantizan que las tareas se completan de tal manera que se logren los objetivos. (13)

Los indicadores obtienen un valor único de un origen de datos, ya sea desde una única propiedad o mediante el cálculo de promedios de datos seleccionados y, luego, se compara este valor con un objetivo fijado. Estos KPI's pueden ser métricas financieras o no financieras, utilizadas para cuantificar objetivos que reflejan el rendimiento de la organización o un proyecto, y que generalmente se recogen en su plan estratégico. Estos son colocados en un "Balanced Scorecard", que los recoge y muestra en rojo, amarillo o verde según estén cumpliendo o no con el objetivo propuesto. (4)

Estos indicadores también permiten que los ejecutivos de alto nivel comuniquen la misión y visión de la empresa a los niveles jerárquicos más bajos, involucrando directamente a todos los colaboradores en realización de los objetivos estratégicos de la empresa. (4)

Un KPI debe cumplir con las siguientes características: (4)

- Mostrar el objetivo de la organización
- Ser definidos por la dirección de la empresa
- Proporcionar contexto
- Tener significado en distintos niveles
- Estar basado en datos reales
- Ser fácilmente entendibles
- Conducir

**1. MTTR (Mean Time To Repair).** Este llamado Tiempo Medio para Reparar, el cual es un indicador de mantenimiento muy importante para cualquier planta. Este es el tiempo promedio que se toma en reparar una falla operativa o funcional de un equipo y volverlo a su estado de operación normal. Este valor, comprende el tiempo que lleva analizar y diagnosticar la falla ocurrida, obtener el repuesto, el traslado del personal hacia el lugar físico y la reparación

final del equipo, es decir todo el tiempo desde que se detecta la falla hasta su correcta reparación. Éste indicador debe ser lo más bajo posible, ya que indicará que el personal de mantenimiento repara las fallas en un tiempo óptimo y adecuado, evitando que se pierda tiempo en reparar y evitando acumular más tiempo muerto a la máquina. (12)

El índice MTTR se deduce de la siguiente expresión:

$$MTTR = \frac{TTR}{Nf}$$

En donde TTR es el tiempo total empleado para reparar la falla, dicho de otra manera, es el tiempo muerto que la máquina pasa parada mientras se detecta su falla y se repara dicha falla. Nf es el número total de fallas ocurridas en un período. (12)

Si el valor del MTTR es un indicador muy alto, puede expresar que nuestro sistema de reparación de fallas es deficiente y contamos con personal con falta de capacitación por lo que puede ser que necesitemos tener otro equipo de personal para reparaciones, se necesite personal más capacitado o se necesite cambiar la estrategia en que se realizan las reparaciones. (12)

**2. MTBF (Mean Time Between Failures).** La periodicidad de las fallas pueden ser cuantificadas de tal forma de poder estimar el tiempo de funcionamiento correcto de un sistema. Este tiempo es conocido como Tiempo Medio Entre Fallas o por sus siglas en inglés MTBF, el cual representa el tiempo real de funcionamiento correcto e ininterrumpido de un equipo, máquina, línea o planta dentro del cual un cumple con su funcionamiento sin fallas. Este valor es obtenido de la razón entre el tiempo total de operación del sistema y el número de fallas que presentó. (1)

El índice MTBF se deduce de la siguiente expresión:

$$MTBF = \frac{TTO}{Nf}$$

En donde TTO es el tiempo total de operación, es decir el tiempo disponible de la máquina para producir menos el tiempo por tiempos muertos, y Nf es el número total de fallas ocurridas. Dicho resultado generalmente se representa en horas al igual que el MTTR. (1)

Cualquier planta debería buscar en este indicador el mayor valor posible, ya que si no fuese así, éste lo que nos indicaría es que existe un mal funcionamiento de la máquina y puede ser por deficiencia de la máquina, error del fabricante, falta de mantenimiento, un mal uso a la máquina o el tiempo de vida de la máquina ya se cumplió. (1)

## I. Balanced Scorecard

“Balanced Scorecard” se traduce literalmente al español como “Hoja de resultados equilibrada”. El “Balanced Scorecard” busca complementar los indicadores tradicionalmente usados para evaluar el desempeño de las empresas, en este se pueden combinar indicadores tanto financieros como no financieros, logrando un balance entre el desempeño de la organización y la construcción de un futuro promisorio, cumpliendo así la misión organizacional. (15)

Es una herramienta estratégica porque se trata de tener indicadores que están relacionados entre sí y que cuenten la estrategia de la compañía por medio de un mapa de enlaces causa-efecto (indicadores de resultado e indicadores impulsores). La mayoría de empresas tienen indicadores aislados, definidos independientemente por cada área de la compañía, los cuales buscan siempre fortalecer el poder de las mismas, fortaleciendo cada vez más las islas o compartimientos funcionales. Lo que requieren hoy en día las empresas son indicadores relacionados (cruzados) construidos entre todas las áreas en forma consensuada, buscando siempre negociar los trade-offs no permitiendo que un área sobresalga a costa de otra u otras áreas de la empresa. (11)

El rol del “Scorecard” es mostrar a la organización hacia donde debe enfocar sus esfuerzos y recursos. Los gerentes monitorean estos indicadores mientras trabajan para acercarse a las metas de la empresa. Pero además de ser un sistema para medir el desempeño, al concentrarse en el éxito futuro de la empresa, el BSC puede ser utilizado como un sistema dinámico de administración que refuerza, implementa y potencializa la estrategia corporativa. (15)

## J. Análisis del Valor Presente Neto

Este es un método muy conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero que es maximizar la inversión. (5)

En finanzas, el valor presente neto (VPN) de una serie temporal de flujos de efectivo, tanto entrantes como salientes, se define como la suma del valor presente de los flujos de efectivo individuales. En el caso de que todos los flujos futuros de efectivo sean de entrada y la única salida de dinero en efectivo es el precio de compra, el valor actual neto es simplemente el valor actual de los flujos de caja proyectados menos el precio de compra. (5)

El VPN es la diferencia del valor actual de la inversión menos el valor actual de la recuperación de fondos de manera que, aplicando una tasa que corporativamente consideremos como la mínima aceptable para la aprobación de un proyecto de inversión, pueda determinarnos. La tasa mínima aceptable que generalmente se utiliza para el cálculo de este análisis es la Tasa Mínima Atractiva de Retorno o TMAR, la cual debe haberse establecido previamente para poder realizar este análisis. (5)

Por último la comprobación de la rentabilidad de un proyecto surgirá de comprobar que el valor presente neto es mayor a 0, durante el período de vida del proyecto. (5)

## **K. Tasa Interna de Retorno**

La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad, producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como Tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida para un proyecto de inversión específico. (16)

Las reglas para realizar una inversión en un proyecto o una serie de proyectos a partir de la TIR son que cuando la TIR es mayor que la tasa de interés, el rendimiento que obtendría el inversionista realizando la inversión es mayor que el que obtendría en la mejor inversión alternativa, por lo tanto, conviene realizar la inversión. Por otro lado si la TIR es menor que la tasa de interés, el proyecto debe rechazarse. Por último cuando la TIR es igual a la tasa de interés, el inversionista es indiferente entre realizar la inversión o no. (16)

## **V. ESTUDIO DE LUBRICACIÓN**

Como primer paso para la implementación del programa de mantenimiento preventivo en la planta de producción de bolsas plásticas se realizó un estudio de lubricación. El estudio de lubricación es una parte muy importante para la implementación del mantenimiento preventivo, ya que éste debe ser un estudio detallado de las partes críticas que deben ser lubricadas en la máquina, esto para evitar el deterioro de las piezas y evitar el desgaste por fuerzas de fricción.

### **A. Estándar de lubricación**


El estudio de lubricación se llevó a cabo debido a que se identificó la necesidad de realizar una lubricación organizada que indicara: el lubricante adecuado a utilizar, la cantidad precisa, el lugar necesario y la frecuencia exacta que requiere dicha lubricación. Este estudio se convirtió en un estándar que se realizó para cada una de las 24 máquinas extrusoras de película plástica de forma personalizada, esto debido a que cada máquina es de diferente tamaño, capacidad y marca, lo que las hace una un tanto diferente de la otra.

El estándar se hizo con el objetivo que dotara de información clara y precisa para aquellas personas que fueran a ejecutar el plan de lubricación. También se diseñó para eliminar fallos de lubricación y costos extras que se generan por la proliferación de marcas y tipos de aceite que existen en los almacenes de la fábrica. Por último, se realizó con el objetivo de estandarizar en cada máquina las partes críticas que se deben lubricar y con qué frecuencia se debe hacer.

El estudio de lubricación se realizó con la ayuda del jefe de Mantenimiento de la planta y el jefe de mantenimiento del departamento de Extrusión. También se utilizaron algunos manuales de ciertas máquinas que estaban en existencia en el departamento de Mantenimiento. Reuniendo información de cada máquina se logró crear un estándar de lubricación por máquina, logrando como resultado el estándar de lubricación.

Para fines de presentación, en los siguientes dos cuadros se muestran los estándares de dos máquinas diferentes, una del sector industrial y otra del sector comercial, el resto de los estándares pueden ser apreciados en los Anexos de este trabajo.

Tabla 1: Estándar de lubricación Extrusora 49

MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN							Realizado por: Anthony Castillo	
<p style="text-align: center;"><b>EXTRUSORA: 49</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Logo de Empresa</b></p>							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Mayo 2012	
Códigos, Métodos de Aplicación	CON      Chequear nivel GRAS      Grasera AM      Aceitar a mano EM      Engrase a mano EG      Empaque grasa						Códigos, frecuencia de Lubricación	
							D      Diario 15 D      15 Días S      Semanal M      Mensual 3M      3 Meses 6M      6 Meses A      Anual	
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora Cojinetes motor eléctrico	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
		X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>ROTATIVO</b> Engranajes Tornillos de sujeción Reductor embobinador principal Puntos de lubricación reductor principal Pista Reductor		X	Perla Negra Chevron	EM	3 bomb	15 DIAS	Mecánico
			X	Perla Negra Chevron	EM		15 DIAS	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
			X	Perla Negra Chevron	EM		15 DIAS	Mecánico
3	<b>RODILLO DE BAJADA</b> Puntos de lubricación		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Mecánico
4	<b>EMBOBINADOR A</b> Puntos de lubricación cojinete Reductores Cadenas Puntos de lubricación bujes rodillos		X	Grasa grado 2	EM	3 bomb	M	Operador
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1,5 LTS	6 MESES	Operador
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador

**SEÑALIZACIÓN**



Tabla 2: Estándar de lubricación Extrusora 02

MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN								Realizado por: Anthony Castillo	
EXTRUSORA: 02								Revisado por: Carlos Flores	
Logo de Empresa								Fecha de realización: Mayo 2012	
Códigos, Método de Aplicación	CKN	Chequear nivel						Códigos, frecuencia de Lubricación	
	GRAS	Grasera						D	Diario
	AM	Aceitar a mano	15 D	15 Días					
	EM	Engrase a mano	S	Semanal					
	EG	Empaques grasa	M	Mensual					
			3M	3 Meses					
			6M	6 Meses					
			A	Anual					
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora Cojinetes motor electrico	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
		X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CABEZAL</b> Chumeceras Engranaje Reductor	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
		X		Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico	
		X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
3	<b>CALANDRA (CORTINA)</b> Cojinetes Reductor Cadenas		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
4	<b>RODILLO TENSOR</b> Reductor Cadenas Cojinetes		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
			X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	M	Mecánico	
5	<b>EMBOBINADO SALIDA</b> Cadenas Cojinete Reductor Cadena reductor Puntos de lubricación brazo baja bobina		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	M	Mecánico	
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
		X		Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Mecánico	

**SEÑALIZACIÓN**



El estándar de lubricación está dividido por las áreas que conforman una extrusora, cada área se divide en partes específicas de la máquina, las cuales indican cómo se debe lubricar la máquina, maquinaria parada o en funcionamiento; luego indica el tipo de lubricante se debe utilizar, el método que se debe utilizar, la cantidad que se debe aplicar, luego la frecuencia con la que se debe realizar dicha lubricación y por último, quien es el responsable de realizar la lubricación.

En el estándar, con fines que cualquier persona que pueda realizar la lubricación entienda de qué parte de la máquina se está hablando, e identifica bajo una señalización en una imagen de la máquina, cada área principal de la máquina extrusora.

**1. Sección del equipo.** En el estándar se especifica la sección que se debe lubricar de cada máquina. Dependiendo del estilo y marca de la máquina estas secciones pueden ser:

1. Motor
2. Cabezal
3. Calandra 1
4. Calandra 2
5. Rotativo
6. Rodillos tensores
7. Cesta
8. Base persiana
9. Rodillo de bajada
10. Embobinado 1
11. Embobinado 2

**2. Parte del equipo.** Para cada área se especifica la parte del equipo y puntos específicos que se deben lubricar. Dado el sector donde esté ubicado.

**3. Condición uso de la máquina.** Para cada sección del equipo y para punto específico, se indica la condición en la que debe estar la máquina al momento de realizar su lubricación.

Tabla 3: Condición uso de la máquina

Maquinaria parada	Maquinaria producción
X	
X	
X	
	X
	X
X	

**4. Lubricantes a utilizar.** Para cada sección de la máquina y para cada punto específico a lubricar, se asignó el tipo de lubricante más apto para ese punto. La siguiente tabla muestra los lubricantes seleccionados para la lubricación en las máquinas.

Tabla 4: Lubricantes a utilizar

Lubricante
Kluber Isoflex Topas NB 152
Petamo GHY 133N
Kluber Isoflex NBU 15
Super Tauro 200
Gex, Comercial Chemsearch S.A

En caso que no hubiera en existencia ese lubricante en la planta, se realizó un cuadro que indica la equivalencia de lubricantes, los cuales tienen propiedades similares a los asignados originalmente.

Tabla 5: Equivalencia de lubricantes

Lubricante equivalente 1	Lubricante equivalente 2	Lubricante equivalente 3
ESSO Beacon 325	MOBIL TEMP SHC 32	PD2 Long Time
MOBIL TEMP SCH 100	-	PD2 Long Time
FAG Arcanol L74	INA SM14	GRASA EP2
SHELL OMALA 220	ESSO SPARTAN EP 220	SHELL OMALA 220
Grafloscon CA 901 Ultra	Grafloscon AG 1 Ultra	San-A-lub

**5. Método de aplicación.** Dependiendo de la sección, punto a lubricar y tipo de lubricante, se especificó el método de lubricación a utilizar. Estos métodos se codificaron para poderlos aplicar de manera más fácil en el estándar de lubricación.

**Tabla 6: Codificación de métodos de aplicación**

Códigos, Métodos de aplicación	Código	Descripción
	CKN	Chequear nivel
	GRAS	Grasera
	AM	Aceitar a mano
	EM	Engrase a mano
	EG	Empaque grasa

**6. Cantidad de aplicación.** Dependiendo de la sección y el punto a lubricar, se indicó la cantidad adecuada de lubricante a verter. En algunos casos no se indicó la cantidad adecuada ya que depende de factores como por ejemplo el nivel al que se encuentra el aceite y la cantidad a verter dependerá de eso.

**7. Frecuencia de lubricación.** Dependiendo de la sección y punto a lubricar, se definió la frecuencia correcta para lubricar dicha área. Este criterio de frecuencia se definió tomando en cuenta que para realizar una buena lubricación no se debe saturar de grasa pero tampoco se debe dejar de lubricar. Esta frecuencia se codificó con fines de tener esta especificación de lubricación de manera resumida en el estándar.

**Tabla 7: Códigos frecuencia de lubricación**

Códigos, frecuencia de lubricación	
D	Diario
15 D	15 Días
S	Semanal
M	Mensual
3M	3 Meses
6M	6 Meses
A	Anual

**8. Responsable de lubricación.** Por último se definió quién debería ser el responsable de dicha lubricación. Para esta definición de responsabilidades se tomó en cuenta la dificultad que requiere la lubricación y la experiencia para realizar el trabajo. También se tomó en cuenta si el punto a lubricar es de fácil o difícil acceso.

El operario que es quien está más cerca del área de embobinado y su acceso al área es muy fácil, por lo que fue él el designado para realizar dicha tarea, para todas las demás áreas se concluyó que es el mecánico quien debe realizar la labor.

## **B. Checklist de lubricación**

Teniendo definido el estándar de lubricación se llevó a cabo una programación para un “checklist” de ejecución de la lubricación. Esto ya que un “checklist” es una lista de comprobación que sirve de guía y ayuda a recordar los puntos que deben ser inspeccionados y lubricados. Se definió una lista de chequeo para cada máquina extrusora, ya que como se mencionó anteriormente, cada una es de diferente tamaño, capacidad, marca y modelo, por lo que cambian ciertas partes y características de la máquina.

Además de separarlas por máquina, se separó por responsable de realizar la lubricación. Se creó un “checklist” para el operario y un “checklist” para el mecánico, esto con el fin de mantener separadas las actividades y no hubiera confusión en quien debería lubricar cada área.

**1. Checklist operador.** Está diseñado para la realización de las actividades de los operadores especificando cada una las acciones a realizar y a revisar, dado por los estándares de cada una de las extrusoras.

**2. Checklist técnico-mecánico.** Este “checklist” está previsto para los técnicos de mantenimiento teniendo tareas más específicas en la máquina que el operador ya no puede realizar, especificado en los estándares de cada una de las extrusoras.

El “checklist” se adaptó para que existiera una hoja en donde se agrupen las actividades a realizar durante 3 meses consecutivos, esto con el fin que al final del año no se acumulen 24 hojas de “checklist” (12 de operadores y 12 de mecánicos) y en cambio se acumulen 8 hojas de “checklist” (4 de operadores y 4 de mecánicos).

El “checklist” está dividido en diferentes partes; un encabezado que indica la máquina a la que pertenece ese “checklist”, las instrucciones para realizar el chequeo y el encargado de

realizar la lubricación. Luego se define cada mes con sus cuatro respectivas fechas de cada semana y sus sectores y puntos específicos que deben lubricar en cada fecha programada. Por último, al final del chequeo y la realización de la lubricación de cada semana se encuentra una casilla en la cual se debe escribir el nombre y la firma del encargado de realizar la lubricación. A la par de dicha casilla se encuentra otra en la cual el supervisor de turno debe chequear que la lubricación se haya llevado a cabo y firmar que él reviso que la lubricación se haya realizado.

Los siguientes cuadros muestran el “checklist” del técnico-mecánico y del operario para la realización semanal de la lubricación.

Tabla 8: Checklist de lubricación mecánico

CHECKLIST DE LUBRICACIÓN DEPARTAMENTO DE EXTRUSIÓN: EXTRUSORA 22				Logo de Empresa	
INSTRUCCIONES: El encargado de realizar la lubricación debe llenar con un 'check' únicamente las casillas en el calendario, en los días que no contenga esta casilla <b>NO se debe realizar la lubricación</b> . Al finalizar la lubricación el encargado debe anotar su nombre y firmar en la casilla			ENCARGADO DE LUBRICACIÓN	<input type="checkbox"/>	MECÁNICO
				<input type="checkbox"/>	NO APLICA
					Elaborado por: Anthony Castillo Fecha de realización: mar-12 Revisado por: Carlos Flores
FECHA	AREA 2: CALANDRA	AREA 3: CESTA	Nombre y firma del lubricador de mantenimiento	Nombre y firma de Jefe encargado de Mantenimiento	
	Puntos de lubricación Chumaceras	Tornillos de sujeción			
<b>MAYO</b>					
1	○	○			
8	○				
15	○				
22	○				
<b>JUNIO</b>					
1	○	○			
8	○				
15	○				
22	○				
<b>JULIO</b>					
2	○	○			
9	○				
16	○				
23	○				





## VI. PLAN DE LIMPIEZA E INSPECCIÓN

### A. Condición básica de un equipo

Es el buen estado esperado de un equipo que debe poseer con el fin de ejecutar sus actividades sin ningún problema de falla o defecto, entregando la producción a tiempo y con una excelente calidad. Con el plan de limpieza e inspección, se espera que los operadores mantengan sus máquinas en condición básica (limpia, ajustada y lubricada).

### B. Limpieza

Desarrollo del interés de los operadores y técnicos de mantenimiento para mantener limpias sus áreas de trabajo. La limpieza es un proceso educativo que provoca resistencia al cambio, esto es debido a que no estamos acostumbrados a trabajar de manera ordenada y limpia, se cree que el trabajo de limpieza no es correspondiente al trabajo que uno realiza, más aun si existen personas que realicen las actividades de limpieza.

En la fábrica existen muchas fuentes de contaminación que son difíciles de controlar, estas pueden ser: polvo, lubricantes, humedad, entre otros. La mayoría de estos agentes contaminantes no los podemos eliminar ya que viven en nuestro entorno, la mayoría también afectan a la calidad del producto, por lo que es de nuestra responsabilidad tratar de contener estos agentes contaminantes.

Debido a que el departamento de Extrusión cuenta con 24 máquinas, estas son divididas en dos sectores: Comerciales e Industriales.

**1. Extrusoras comerciales.** Las extrusoras comerciales son máquinas de producción pequeña, dado el tamaño que poseen las mismas. El área comercial cuenta con 13 extrusoras pequeñas y conforme al diseño de estas máquinas se definieron estándares con las siguientes características:

**a. Sección.** La máquina se dividió en tres secciones para identificar con más facilidad las áreas a trabajar, que son:

- ❖ Sección 1      Área de dosificación y extrusión
- ❖ Sección 2      Área de guía, transportes y enfriamiento (calandra)
- ❖ Sección 3      Área de embobinado

**b. Parte del equipo.** Para cada área se especifica la parte del equipo que se debe limpiar, supervisar o lubricar; esto dado el sector donde esté ubicado.

**c. Actividad a realizar.** Es la acción a efectuar especificado en cada parte del equipo dividiéndose en tres actividades.

**Tabla 11: Actividades a realizar extrusoras comerciales**

Limpieza	
Inspección	
Lubricación	

**d. Recurrencia de actividad.** Este nos indica en cuanto tiempo hay que realizar la actividad y está dividido en:

- ❖ D - Diario
- ❖ S - Semanal
- ❖ M - Mensual

**e. Condición de uso.** Este inciso nos informa en qué estado debe estar la máquina para efectuar el mantenimiento operativo, la máquina puede estar:





- ❖ P - Máquina parada
- ❖ A - Máquina en funcionamiento

**f. Herramientas a utilizar.** Nos indica qué tipo de herramientas o utensilios se deben utilizar para realizar la actividad de mantenimiento.




**g. Responsable.** Es la persona encargada de realizar el mantenimiento en la parte del equipo especificada, ya sea el operador, el auxiliar o un técnico de mantenimiento.

Reuniendo y definiendo todas estas características se logró realizar el estándar de limpieza para las extrusoras comerciales.

Tabla 12: Estándar de limpieza e inspección extrusoras comerciales

ESTÁNDAR MANTENIMIENTO OPERATIVO Limpieza, Inspección y Lubricación												
Área: Extrusoras Comerciales												
												
No.	Sección	Parte del equipo	Actividad a realizar			Recurrencia de la actividad			Condición del equipo		Herramientas a utilizar	Responsable
						D	S	M	P	A		
1	Área Dosisación y Extrusión	Área de piso	X			X				X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar
		Área de Materia Prima	X				X		X		Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico exterior	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico interior	X	X	X			X			Aspiradora, Trapos, brochas, limpia contactos, equipos de medición y ajustes en tablero.	Técnico
		Dosificador	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Paraisla circular estabilizadora	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Cañón y Molde	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Filtro extrusión	X	X		X				X	Cambio de filtro de cañón, filtro nuevo	Operador / Auxiliar
		Motores exterior y blowers	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores interior y blowers	X	X	X			X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Mangueras, accesorios del sistema de aire	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Estructura metálica del área	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Instrumentos de medición	X	X		X				X	Limpieza, supervisión e inspección de equipo instrumentación	Operador / Auxiliar
Anclajes y pernos del equipo		X				X		X	Revisión de posición de anclajes y pernos.	Operador / Auxiliar		
2	Área de Guía, transporte y enfriamiento (calandras)	Área de piso	X				X		X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar	
		Pantallas	X	X			X		X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Estructura metálica del área	X				X		X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Motores y moto reductores exterior	X	X			X		X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Motores y moto reductores interior	X	X	X			X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Rodillos jaladores y seguimiento	X	X	X			X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
Sistema neumático	X	X	X			X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico		
3	Área de Embobinado	Área de piso	X			X				X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar
		Estructura metálica del área	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico exterior	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico interior	X	X	X			X	X		Aspiradora, Trapos, brochas, limpia contactos, equipos de medición y ajustes en tablero.	Técnico
		Rodillos jaladores y embobinado	X	X	X			X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
		Motores y moto reductores exterior	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores y moto reductores interior	X	X	X			X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Sistema neumático	X	X	X			X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
		Instrumentos de medición		X		X				X	Supervisión e inspección de equipo instrumentación	Operador / Auxiliar
Anclajes y pernos del equipo		X				X		X	Revisión de posición de anclajes y pernos	Operador / Auxiliar		

Simbología					
Actividad a realizar		Recurrencia de la actividad		Condición del Equipo	
Limpieza		Diaria	D	Parado	P
Inspección		Semanal	S	Arrancado	A
Lubricación		Mensual	M		

**2. Extrusoras industriales.** Las extrusoras industriales son máquinas de gran producción, siendo las que mayor tamaño poseen. El área industrial cuenta con once extrusoras grandes y conforme al diseño de estas máquinas se definieron estándares con las siguientes características:

**a. Sección.** La máquina se dividió en cuatro secciones para identificar con más facilidad las áreas a trabajar, que son:

- ❖ Sección 1      Área de dosificación y extrusión
- ❖ Sección 2      Área de guía, transportes y enfriamiento (Torre)
- ❖ Sección 3      Área de calandra
- ❖ Sección 4      Área de embobinado

**b. Parte del equipo.** Para cada área se especifica la parte del equipo que se debe limpiar, supervisar o lubricar; esto dado el sector donde esté ubicado.

**c. Actividad a realizar.** Es la acción a efectuar especificado en cada parte del equipo dividiéndose en tres actividades.

Tabla 13: Actividades a realizar extrusoras industriales

Limpieza	
Inspección	
Lubricación	

**d. Recurrencia de actividad.** Este nos indica la frecuencia con la cual hay que realizar la actividad y está dividido en:

- ❖ D      -      Diario
- ❖ S      -      Semanal
- ❖ Q      -      Quincenal
- ❖ M      -      Mensual

**e. Condiciones de uso.** Este inciso nos informa en qué estado debe estar la máquina para efectuar el mantenimiento operativo, la máquina puede estar:

- ❖ P - Máquina parada
- ❖ A - Máquina en funcionamiento

**f. Herramientas a utilizar.** Nos indica qué tipo de herramientas o utensilios se deben utilizar para realizar la actividad del mantenimiento operativo.

**g. Responsable.** Es la persona encargada de realizar el mantenimiento operativo en la parte del equipo especificada, ya sea el operador, el auxiliar o un técnico de mantenimiento.

Reuniendo y definiendo todas estas características se logró realizar el estándar de limpieza para las extrusoras industriales.

## C. Checklist de limpieza

El “checklist” se diseñó tomando en cuenta la inspección de cada maquinaria siguiendo los estándares conformados para el área a ejecutar. Así mismo como se crearon dos estándares, uno para extrusoras comerciales y otro para extrusoras industriales, también se crearon dos divisiones en los “checklist” cada una de estas tiene un “checklist” específico para el personal a realizar la operación de limpieza.

**1. Checklist operador.** Está diseñado para la realización de las actividades de los operadores especificando cada una las acciones a realizar y a revisar, dado por los estándares de extrusoras comerciales y extrusoras industriales.

**2. Checklist técnicos-mecánicos.** Este “checklist” está previsto para los técnicos de mantenimiento teniendo tareas más específicas en la máquina, que son aquellas que el operador ya no puede realizar, especificado en los estándares de las extrusoras comerciales y extrusoras industriales.

Estos “checklist” se dividen en “checklist” para extrusoras comerciales y “checklist” para extrusoras industriales, estos se dividen en dos debido a que las extrusoras industriales tienen diferente tamaño a las extrusoras comerciales, por lo que la estructura tiende a tener cierta variación.

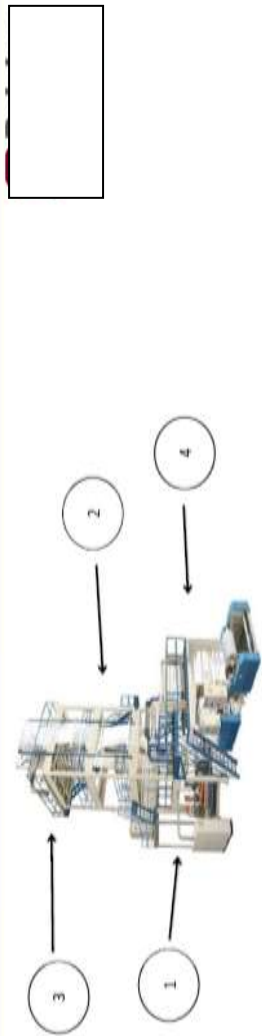
Tabla 14: Estándar de limpieza e inspección extrusoras industriales

ESTÁNDAR MANTENIMIENTO OPERATIVO													
Limpieza, Inspección y Lubricación													
Área: <u>Extrusoras Industriales</u>													
No.	Sección	Parte del equipo	Actividad a realizar			Recurrencia de la actividad				Condición del equipo		Herramienta a utilizar	Responsable
						D	S	Q	M	P	A		
1	Área Dosificación y Extrusión	Área de piso	X			X					X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar
		Área de Materia Prima	X				X			X		Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico exterior	X	X			X				X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico interior	X	X	X				X			Aspiradora, Trapos, brochas, limpia contactos, equipos de medición y ajustes en tablero	Técnico
		Dosificador	X	X			X				X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Persiana circular estabilizadora	X					X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Cañón y Molde	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Filtro extrusión	X	X		X					X	Cambio de filtro de cañón, filtro nuevo	Operador / Auxiliar
		Motores exterior y blowers	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores interior y blowers	X	X	X				X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Mangueras, accesorios del sistema de aire	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Estructura metálica del área	X					X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Instrumentos de medición	X	X		X					X	Limpieza, supervisión e inspección de equipo instrumentación	Operador / Auxiliar
Anclajes y pernos del equipo		X					X		X	Revisión de posición de anclajes y pernos	Operador / Auxiliar		
2	Área de Guía, Transporte y enfriamiento (TORRE)	Área de piso	X				X			X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar	
		Estructura metálica del área	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Motores interior y blowers	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores exterior y blowers	X	X	X				X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Persianas o canastas	X					X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
3	Área de Calandra	Área de piso	X				X			X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar	
		Persianas	X	X			X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Estructura metálica del área	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Motores, blowers y moto reductores exterior	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores, blowers y moto reductores interior	X	X	X				X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Rodillos jaladores y seguimiento	X	X	X				X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
		Sistema neumático	X	X	X				X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
4	Área de Embobinado	Área de piso	X			X				X	Escoba, Recogedor, Trapos, Líquido desengrasante, aspiradora	Operador / Auxiliar	
		Estructura metálica del área	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar	
		Tablero eléctrico exterior	X	X			X				X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Tablero eléctrico interior	X	X	X				X	X		Aspiradora, Trapos, brochas, limpia contactos, equipos de medición y ajustes en tablero	Técnico
		Rodillos jaladores y embobinado	X	X	X				X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
		Motores y moto reductores exterior	X	X				X			X	Trapos, Líquido desengrasante	Operador / Auxiliar
		Motores y moto reductores interior	X	X	X				X	X		Brochas, Trapos, limpia contactos, equipos de medición, revisión fajas y lubricación	Técnico
		Sistema neumático	X	X	X				X	X		Lubricación, limpieza y revisión	Técnico
		Instrumentos de medición		X		X					X	Supervisión e inspección de equipo instrumentación	Operador / Auxiliar
Anclajes y pernos del equipo		X					X		X	Revisión de posición de anclajes y pernos	Operador / Auxiliar		



Tabla 16: Checklist extrusoras industriales – operador

Sector:		Extrusoras industriales		Actividad:		Operador		Definición del equipo:		SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4											
No.	Actividad	Año	Frecuencia	Operador	Auxiliar	Operador	Auxiliar	Operador	Auxiliar	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
1	Área de piso	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
2	Área de Muestra Prima	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
3	Tablero eléctrico exterior	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
4	Dosificador	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
5	Persiana circular estabilizadora	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
6	Cañón y Molde	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
7	Filtro emisión	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
8	Motores exterior y blowers	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
9	Mangueras, accesorios del sistema de aire	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
10	Estructura metálica del área	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
11	Instrumentos de medición	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
12	Anclajes y pernos del equipo	1	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
13	Área de piso	2	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
14	Estructura metálica del área	2	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
15	Motores interior y blowers	2	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
16	Persianas o Canchales	2	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
17	Área de piso	3	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
18	Persianas	3	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
19	Estructura metálica del área	3	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
20	Motores, blowers y moto reductores exterior	3	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
21	Área de piso	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
22	Estructura metálica del área	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
23	Tablero eléctrico exterior	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
24	Motores y moto reductores	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
25	Instrumentos de medición	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					
26	Anclajes y pernos del equipo	4	Operador / Auxiliar	X	X	X	X	X	X																					



Recurrencia de Mantenimiento Operativo





## **VII. IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS**

### **A. Hoja barrido de defectos**

La hoja de barrido de defectos está dirigida para determinar la o las variables físicas que se deben controlar, las cuales son indicativas de la condición de la máquina en las máquinas de extrusión.

La finalidad de la inspección es obtener un indicador de la condición o estado general de la máquina, de manera que pueda ser operada y mantenida con seguridad.

La hoja de barrido de defectos está definida para los dos sectores de extrusión de manera individual, extrusoras comerciales y extrusoras industriales. El barrido de defectos se debe realizar una semana antes de hacer una intervención general de la máquina. Debido a que para hacer una intervención de mantenimiento a la máquina necesitamos saber cuál es la condición actual de la máquina y qué defectos se pueden eliminar al momento de la intervención.

El listado también está pensado para que cuando una máquina esté próxima a realizarse su mantenimiento preventivo, se tenga un listado de defectos en el cual se puedan enfocar para realizar mantenimiento en los puntos críticos. Este listado es importante para preparar previamente los repuestos y partes importantes que se deban cambiar al momento de la intervención de mantenimiento preventivo.

La hoja de barrido de defectos se vale por una forma de clasificar los defectos. Estos pueden ser: anomalía, parte innecesaria, área de difícil acceso, fuente de contaminación o seguridad. La persona que deba hacer el barrido de defectos deberá saber cómo clasificar cada defecto encontrado en la máquina.





## **B. Listado de defectos**

El listado de defectos está diseñado para que el operador tome datos sobre el estado de operación de la máquina cada vez que realice la limpieza y la inspección. Se pretende que cada vez que el operador encuentre algún defecto, este sea reportado y quede registrado, para luego ser reparado por personal de mantenimiento y no sea un defecto que se pueda ir agravando hasta convertirse en un defecto mayor.

Este listado de defectos surge de la necesidad de tener un conteo y un registro de la cantidad de defectos que los operarios pueden encontrar en una máquina durante la operación y limpieza. Esto crea una forma de mantener en mejores condiciones el equipo ya que se trata de eliminar cualquier tipo de defecto que se presente. También se intenta crear una cultura de responsabilidad sobre los operarios para que no pasen por alto los defectos que se presentan, ya que la mayoría de operadores cuenta con un mal de “ceguera” en la cual nadie ve los defectos que se presentan, nadie se responsabiliza por ellos y por lo tanto nadie toma acciones para repararlo o impedir que se agraven dichos defectos.

El formato de listado de defectos encontrados por el operador se representa en el siguiente cuadro.



## VIII. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La programación de los días en que se deben intervenir las máquinas para realizarles su mantenimiento preventivo es muy importante para que este programa de mantenimiento funcione.

Para llevar a cabo intervenciones de mantenimiento preventivo a las máquinas se necesita realizar una programación de los días en que se necesita intervenir las máquinas en el departamento y se necesita tomar siempre en cuenta la programación de producción del departamento. Ya que la idea de este mantenimiento preventivo es ayudar al departamento y a las máquinas y no perjudicar a los mismos.

Para esto se realizó, en conjunto con el Jefe de producción del departamento y el Jefe de Mantenimiento del área, una programación tipo calendario en el cual se establecieron las máquinas que serán intervenidas por semana y con base en esta programación se evalúa el cumplimiento al plan de mantenimiento preventivo. La calendarización se realizó a partir del mes de julio hasta el mes de diciembre del año 2012, en esta calendarización se tomó en cuenta los feriados y asuetos que aplican en la planta los cuales son los días: 15 de septiembre, 24, 25 y 31 de diciembre. Es de importancia destacar que a pesar que la planta no produce el 1 de noviembre, el departamento de mantenimiento si trabaja, específicamente para aprovechar el paro para dar mantenimiento a las máquinas.

El calendario se adaptó para que las máquinas grandes tuvieran un tiempo estimado de intervención de tres días y las máquinas pequeñas un tiempo de intervención de dos días. Además, este Calendario se realizó para que exactamente se intervengan las máquinas cada tres meses, lo que asegura un mantenimiento constante y eficaz.

Es importante mencionar que como parte de Planeación Estratégica 2013 de la empresa, la calendarización del mantenimiento preventivo para las máquinas, ya se realizó, lo que asegura tener un seguimiento constante a este plan.

La programación en forma de calendarización del mantenimiento preventivo para el departamento de Extrusión se representa en la siguiente tabla.

Tabla 22: Programación MP

JULIO 2012	AGOSTO 2012	SEPTIEMBRE 2012	OCTUBRE 2012	NOVIEMBRE 2012	DICIEMBRE 2012
1 DO	1 MI EXT-39	1 SA	1 LU EXT-51	1 JU EXT-47	1 SA
2 LU EXT-51	2 JU EXT-47	2 DO	2 MA EXT-51	2 VI EXT-47	2 DO
3 MA EXT-51	3 VI EXT-47	3 LU EXT-23	3 MI EXT-51	3 SA EXT-47	3 LU EXT-23
4 MI EXT-51	4 SA EXT-47	4 MA EXT-23	4 JU EXT-04	4 DO	4 MA EXT-23
5 JU EXT-04	5 DO	5 MI EXT-23	5 VI EXT-04	5 LU EXT-15	5 MI EXT-23
6 VI EXT-04	6 LU EXT-15	6 JU EXT-05	6 SA EXT-04	6 MA EXT-15	6 JU EXT-05
7 SA EXT-04	7 MA EXT-15	7 VI EXT-05	7 DO	7 MI EXT-15	7 VI EXT-05
8 DO	8 MI EXT-15	8 SA	8 LU EXT-46	8 JU EXT-07	8 SA
9 LU EXT-46	9 JU EXT-07	9 DO	9 MA EXT-46	9 VI EXT-07	9 DO
10 MA EXT-46	10 VI EXT-07	10 LU EXT-22	10 MI EXT-46	10 SA	10 LU EXT-22
11 MI EXT-46	11 SA	11 MA EXT-22	11 JU EXT-48	11 DO	11 MA EXT-22
12 JU EXT-48	12 DO	12 MI EXT-22	12 VI EXT-48	12 LU EXT-18	12 MI EXT-22
13 VI EXT-48	13 LU EXT-18	13 JU	13 SA EXT-48	13 MA EXT-18	13 JU
14 SA EXT-48	14 MA EXT-18	14 VI	14 DO	14 MI EXT-21	14 VI
15 DO	15 MI EXT-21	15 SA	15 LU EXT-25	15 JU EXT-21	15 SA
16 LU EXT-25	16 JU EXT-21	16 DO	16 MA EXT-25	16 VI	16 DO
17 MA EXT-25	17 VI	17 LU EXT-27	17 MI EXT-25	17 SA	17 LU EXT-27
18 MI EXT-25	18 SA	18 MA EXT-27	18 JU EXT-11	18 DO	18 MA EXT-27
19 JU EXT-11	19 DO	19 MI EXT-27	19 VI EXT-11	19 LU EXT-26	19 MI EXT-27
20 VI EXT-11	20 LU EXT-26	20 JU	20 SA	20 MA EXT-26	20 JU EXT-49
21 SA	21 MA EXT-26	21 VI	21 DO	21 MI EXT-26	21 VI EXT-49
22 DO	22 MI EXT-26	22 SA	22 LU EXT-50	22 JU EXT-45	22 SA EXT-49
23 LU EXT-50	23 JU EXT-45	23 DO	23 MA EXT-50	23 VI EXT-45	23 DO
24 MA EXT-50	24 VI EXT-45	24 LU EXT-49	24 MI EXT-50	24 SA EXT-45	24 LU
25 MI EXT-50	25 SA EXT-45	25 MA EXT-49	25 JU EXT-12	25 DO	25 MA
26 JU EXT-12	26 DO	26 MI EXT-49	26 VI EXT-12	26 LU EXT-01	26 MI EXT-02
27 VI EXT-12	27 LU EXT-01	27 JU EXT-02	27 SA	27 MA EXT-01	27 JU EXT-02
28 SA	28 MA EXT-01	28 VI EXT-02	28 DO	28 MI EXT-03	28 VI EXT-02
29 DO	29 MI EXT-03	29 SA EXT-02	29 LU EXT-39	29 JU EXT-03	29 SA
30 LU EXT-39	30 JU EXT-03	30 DO	30 MA EXT-39	30 VI EXT-03	30 DO
31 MA EXT-39	31 VI EXT-03		31 MI EXT-39		31 LU

## IX. RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La implementación y cumplimiento de los procedimientos establecidos en el programa de mantenimiento preventivo, será responsabilidad de los Jefes de área, Supervisores, Técnicos de mantenimiento, Asistentes, Operadores y auxiliares del área donde se aplica el mantenimiento preventivo.

Para ejecutar el mantenimiento preventivo se designó personal que estará encargado de las tareas a realizar, a continuación se muestra la asignación de los responsables de cada tarea:

**Tabla 23: Responsabilidades de Mantenimiento Preventivo**

<b>Responsables</b>			
<b>Tarea</b>	<b>Encargado</b>	<b>Delegado</b>	<b>Frecuencia de acción</b>
Ejecución de Checklist de lubricación	Técnico/Operador	Auxiliar	Según checklist de lubricación
Ejecución de Checklist de limpieza	Técnico/Operador	Auxiliar	Según checklist de limpieza
Intervención de maquinaria para MP	Técnico		Semanal
Seguimiento de mantenimiento	Supervisor / Jefe de Mantenimiento	Jefe inmediato	Mensual
Barrido de defectos	Operador/Auxiliar	Trainee Mantenimiento / Trainee Extrusión	Según Mantenimiento Preventivo
Reporte de defectos	Técnico/Operador	Auxiliar	Cada vez que se inspecciona la máquina
Seguimiento de eliminación de defectos	Supervisor / Jefe de Mantenimiento	Jefe de Área	Según reporte de defectos
Eliminación de defectos	Técnico / Operador		Cada vez que se reporte el defecto
Auditorías	Jefe de Área		Trimestral o semestral

## **X. MEJORAS EN INDICADORES**

### **A. Puesta en marcha**

La implementación del plan de mantenimiento preventivo se comenzó a realizar a partir del tercer trimestre del año 2012, es decir los meses julio, agosto y septiembre, y se pretende tenerla en marcha durante dos años, en donde el primer año servirá para evaluar las mejoras que han surgido con esta implementación y poder mejorar el plan para el segundo año como parte de la mejora continua. Al finalizar el segundo año se evaluará el desenvolvimiento y rendimiento de las máquinas a consecuencia de esta implementación y se decidirá implementar nuevas metodologías o mejoras tecnológicas que se deban hacer a las máquinas. La puesta en marcha del plan de mantenimiento preventivo comenzó con la implementación del programa de lubricación en julio, luego se implementó el programa de limpieza en agosto y por último en septiembre se implementó el resto del Plan de Mantenimiento Preventivo, en donde a finales de dicho mes se decidió evaluar los resultados obtenidos en los meses mencionados anteriormente.

Para efecto de este estudio se compararon los datos obtenidos en el primer trimestre (enero, febrero, marzo) y segundo trimestre del año 2012 (abril, mayo, junio), en donde no se llevaba ningún programa de mantenimiento preventivo, con los datos obtenidos en el tercer trimestre previamente mencionado. Los datos de cada trimestre son calculados a partir de un promedio simple de los tres meses.

### **B. Fallas menores**

La empresa cuenta con un programa de producción que controla muchas características de la empresa, como por ejemplo: producción, desperdicio, tiempos muertos, eficiencias, rutas de costeo, inventarios, trazabilidad del producto, cotizaciones, número de fallas entre otras.

En el caso de las fallas, éstas son ingresadas por el operario en el sistema cada vez que existe una falla en la máquina. El operario es encargado de ingresar la causa de la falla, el tiempo muerto que represento esa falla y la cantidad de desperdicio que provocó dicha falla. El programa agrupa las fallas que cuentan con un tiempo muerto menor a 2 horas, las cuales son consideradas como fallas menores. Al final de cada mes el programa puede desplegar un reporte en el que se indique las fallas menores que tuvo cada máquina y el tiempo en que la máquina estuvo parada por esta falla.

## C. Fallas mayores

El programa al igual que con las fallas menores, agrupa todas aquellas fallas que representaron un paro mayor a dos horas y de esta manera las clasifica como fallas mayores. El operador es el encargado, de igual forma que con las fallas menores, de ingresar al sistema la causa básica del fallo, el tiempo que estuvo parada la máquina y la cantidad de desperdicio que provocó dicha falla. Al final de cada mes el programa despliega un reporte en el que se indica la cantidad de fallas mayores más la cantidad de fallas menores y las totaliza para obtener el resultado de número de fallas total mensual. Al igual que la cantidad de fallas totaliza los minutos de tiempo muerto que representaron dichas fallas.

El siguiente cuadro muestra la disminución de fallas en el departamento de extrusión a lo largo de los meses.

**Tabla 24: Disminución de fallas**

	Mes	Paros menores	Paros mayores	Total de paros
<b>2012</b>	<b>Enero</b>	41	63	<b>104</b>
	<b>Febrero</b>	42	50	<b>92</b>
	<b>Marzo</b>	50	87	<b>137</b>
	<b>1er Trim.</b>	<b>44</b>	<b>67</b>	<b>111</b>
	<b>Abril</b>	53	41	<b>94</b>
	<b>Mayo</b>	82	41	<b>123</b>
	<b>Junio</b>	68	60	<b>128</b>
	<b>2do Trim.</b>	<b>68</b>	<b>47</b>	<b>115</b>
	<b>Julio</b>	47	39	<b>86</b>
	<b>Agosto</b>	49	35	<b>84</b>
	<b>Septiembre</b>	41	43	<b>84</b>
	<b>3er Trim.</b>	<b>46</b>	<b>39</b>	<b>85</b>

Los siguientes cálculos muestran la disminución de paros menores, paros mayores y paros en general que se obtuvieron a consecuencia de la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo en el departamento de Extrusión. Los cálculos trimestrales son un promedio simple de los tres meses anteriores, lo cual representa en promedio la cantidad de fallas que ocurrió por mes.

*% Disminución paros menores*

$$= \frac{\text{Paros menores 2do Trim.} - \text{Paros menores 3er Trim.}}{\text{Paros menores 2do Trimestre}} * 100\%$$

$$\% \text{ Disminución paros menores} = \frac{68 - 46}{68} * 100\% = \mathbf{33\%}$$

*% Disminución paros mayores*

$$= \frac{\text{Paros mayores 2do Trim.} - \text{Paros mayores 3er Trim.}}{\text{Paros mayores 2do Trimestre}} * 100\%$$

$$\% \text{ Disminución paros mayores} = \frac{47 - 39}{47} * 100\% = \mathbf{18\%}$$

$$\% \text{ Disminución Total Paros} = \frac{\text{Paros total 2do Trim.} - \text{Paros total 3er Trim.}}{\text{Paros total 2do Trimestre}} * 100\%$$

$$\% \text{ Disminución Total Paros} = \frac{115 - 85}{115} * 100\% = \mathbf{26\%}$$

Debido a la implementación del plan de mantenimiento preventivo se logró reducir en un 26% la cantidad de fallas de las máquinas extrusoras en el período del segundo trimestre del año 2012 al tercer trimestre del año 2012. Esto demuestra que la implementación del mantenimiento preventivo a las máquinas si cumple con su objetivo, el cual es reducir la cantidad de fallas y lograr que las máquinas trabajen en óptimas condiciones para un mejor rendimiento de la máquina y por ende de la empresa.

Al realizar una limpieza, lubricación y cambio de partes críticas periódicamente nos aseguramos que las máquinas cumplan su trabajo con mayor eficiencia, esto ya que tratamos de eliminar cualquier factor que afecte el rendimiento de la máquina. Es muy importante seguir cumpliendo el plan de mantenimiento preventivo y hacer recambio de piezas antes que estas se desgasten o se lleguen a descomponer mientras la máquina está trabajando, ya que este tipo de problemas pueden agravar el estado de la máquina y traer peores repercusiones para la producción ya que esto representa un mayor costo y mayores pérdidas para la empresa por mantener un mayor tiempo la máquina parada sin generar producción y mayores gastos por repuestos de otras posibles averías que causo el problema principal.

Es muy importante notar los resultados positivos que trae para una empresa implementar un plan de mantenimiento preventivo, ya que evidentemente se disminuye la cantidad de fallas, lo que hace que en esta empresa fabricante de bolsas plásticas y empaques flexibles, disminuya la cantidad de desperdicio generado por las máquinas. Un paro de la maquinaria por una falla representa desperdicio, esto porque cuando se repara la falla y la máquina vuelve a trabajar, todo aquel desperdicio que genere la máquina mientras se calibra para volver a su trabajo normal es causado a consecuencia de aquella falla que hizo que la máquina se detuviera.

#### **D. Disminución de MTTR**

El departamento de Extrusión cuenta con 4 mecánicos y 1 jefe de mantenimiento, personas muy especializadas en máquinas extrusoras de película soplada, encargados de realizarles mantenimiento correctivo y preventivo a las máquinas, hacer instalaciones y adaptaciones de piezas nuevas a las máquinas. Debido a que es una planta que trabaja 24 horas los 7 días de la semana cuenta, con 2 turnos de 12 horas cada uno, en el cual se mantienen 2 mecánicos y 1 jefe de mantenimiento en el turno de día y únicamente 2 mecánicos para el turno nocturno.

Antes de la implementación del mantenimiento preventivo en el departamento de extrusión existían muchas fallas en la maquinaria que los mecánicos tenían que reparar constantemente, inclusive en algunas ocasiones sin poderse dar abasto a reparar de forma correcta. Los mecánicos hacían muchas reparaciones las cuales les consumían mucho tiempo y desgaste físico, debido a esto, ellos se encargaban de realizar mantenimientos correctivos la mayor parte del tiempo y dedicaban muy poco tiempo a hacer mantenimiento preventivo.

A partir de la implementación del plan de mantenimiento preventivo dichas fallas se redujeron por lo que el tiempo medio de reparación de cada falla también disminuyó. Esto se debe a que los mecánicos ya no utilizan la mayor parte de tiempo a hacer mantenimientos correctivos, más bien ahora se dedican a utilizar el mayor tiempo posible a hacer mantenimientos preventivos.

Es por lo anterior que el tiempo medio para reparar una falla disminuyó junto con las fallas, lo que representa una mayor eficiencia del mecánico para reparar debido a que las fallas ya no son tan graves como lo solían ser antes de la implementación del plan de MP. Esta disminución importante en reparar cada falla hace que los mecánicos dediquen mayor tiempo a realizar y cumplir con el plan de mantenimiento preventivo.

La siguiente tabla representa la disminución del MTTR a lo largo del año 2012.

Tabla 25: Disminución de MTTR

	Mes	Total de paros	Paros prom/maq	MTTR (min)	MTTR (hrs)
2012	Enero	104	4	195	3.3
	Febrero	92	4	187	3.1
	Marzo	137	6	178	3.0
	1er Trimestre	111	5	187	3.1
	Abril	94	4	150	2.5
	Mayo	123	5	161	2.7
	Junio	128	5	151	2.5
	2do Trimestre	115	5	154	2.6
	Julio	86	3	141	2.3
	Agosto	84	3	131	2.2
	Septiembre	84	3	125	2.1
	3er Trimestre	85	3	132	2.2

El cálculo del MTTR en horas es calculado a partir de los tiempos muertos por fallas que registra el sistema, este sistema despliega el valor de MTTR en minutos el cual es calculado bajo la razón entre el tiempo muerto en minutos y el total de paros al mes.

La empresa tiene como objetivo del departamento tener un MTTR de 2.0 horas, meta que nunca se ha alcanzado. Como se puede observar en la tabla, la tendencia del MTTR a partir de la implementación del MP es a disminuir, por lo que por primera vez, desde que se lleva el control de este indicador, se están viendo resultados positivos con tendencia a llegar y poder sobrepasar el objetivo de la empresa.

## E. Incremento de MTBF

A consecuencia de la alta cantidad de paros por fallas en el departamento, se tenía un indicador de tiempo medio entre fallas o MTBF muy pequeño, lo que nos dice que el tiempo en que ocurre cada falla es muy corto y por tanto se genera gran cantidad de fallas en el tiempo en que las máquinas están trabajando. Este indicador está directamente asociado con la cantidad de fallas que se presentan en las máquinas, ya que si las fallas disminuyen, el indicador MTBF aumentará, lo cual es lo que se desea hacer con este indicador en todo tipo de empresa.

La disminución de este indicador también afecta la producción de las máquinas, ya que si el tiempo medio entre fallas es muy bajo, las máquinas se estarán deteniendo muy a menudo, lo

que representa un alto costo para la empresa ya que se obtiene un desperdicio de recursos y materia prima, además del costo por repuestos y realizar reparaciones.

A partir de la implementación del mantenimiento preventivo se puede observar un incremento en el MTBF, lo que representa y asegura que las máquinas pasan mayor tiempo en funcionamiento antes de presentar una falla. Esto es de mucha importancia para la empresa ya que no solo incrementa su producción por eliminar tiempos muertos por fallas sino que también logra disminuir los costos por desperdicio que generan estos paros frecuentes.

La siguiente tabla presenta el aumento del MTBF a lo largo del año 2012.

**Tabla 26: Incremento de MTBF**

	Mes	Total de paros	Paros prom/maq	Tiempo muerto (min)	Tiempo prom/maq	MTBF (hrs)
2012	Enero	104	4	20,285	14.1	163
	Febrero	92	4	17,190	11.9	185
	Marzo	137	6	24,345	16.9	123
	1er Trimestre	111	5	20,607	14.3	157
	Abril	94	4	14,126	9.8	181
	Mayo	123	5	19,764	13.7	138
	Junio	128	5	19,350	13.4	132
	2do Trimestre	115	5	17,747	12.3	151
	Julio	86	3	12,120	8.4	207
	Agosto	84	3	11,000	7.3	212
	Septiembre	84	3	10,522	7.0	212
	3er Trimestre	85	3	11,214	7.6	210

El MTBF es calculado a partir de las horas programadas a trabajar por cada máquina mensualmente (720 hrs) en donde se le resta el Tiempo muerto promedio por máquina para luego ser dividido entre la cantidad de paros promedio por máquina.

La empresa tiene designado para el departamento de extrusión una meta de MTBF de 150 horas, en la tabla se presenta el incremento mensual a partir de la implementación del MP e inclusive el sobrepaso de esta meta. Para el año 2013 como parte de la Planeación Estratégica de la empresa se tiene como objetivo llegar a un MTBF de 240 lo que representa 10 días sin paros por fallas. Si se sigue con el plan de Mantenimiento Preventivo el departamento puede alcanzar dichos objetivos e inclusive sobrepasarlos, lo que representa grandes disminuciones de desperdicio y por ende disminución en los costos por fallas mecánicas.

La siguiente tabla presenta la tendencia de los indicadores de mantenimiento más importantes para la planta, en donde se refleja la disminución del MTTR y el aumento del MTBF desde la implementación del mantenimiento preventivo en el mes de julio.

**Tabla 27: Matriz de indicadores principales**

MATRIZ INDICADORES													
INDICADORES	RESPONSABLE	Estrategia que impacta	Meta 2012	2012									
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	PROM
MTBF (hrs)	Jefe de Mantenimiento.	Dar al cliente lo que necesita, cuando lo necesita	150	163	185	123	181	138	132	207	212	212	173
MTTR (hrs)			2.0	3.3	3.1	3.0	2.5	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	2.6

Los siguientes gráficos muestran de forma visual la tendencia que tienen estos indicadores en los meses de enero a septiembre del presente año.

**Gráfico 1: Tendencia MTBF**

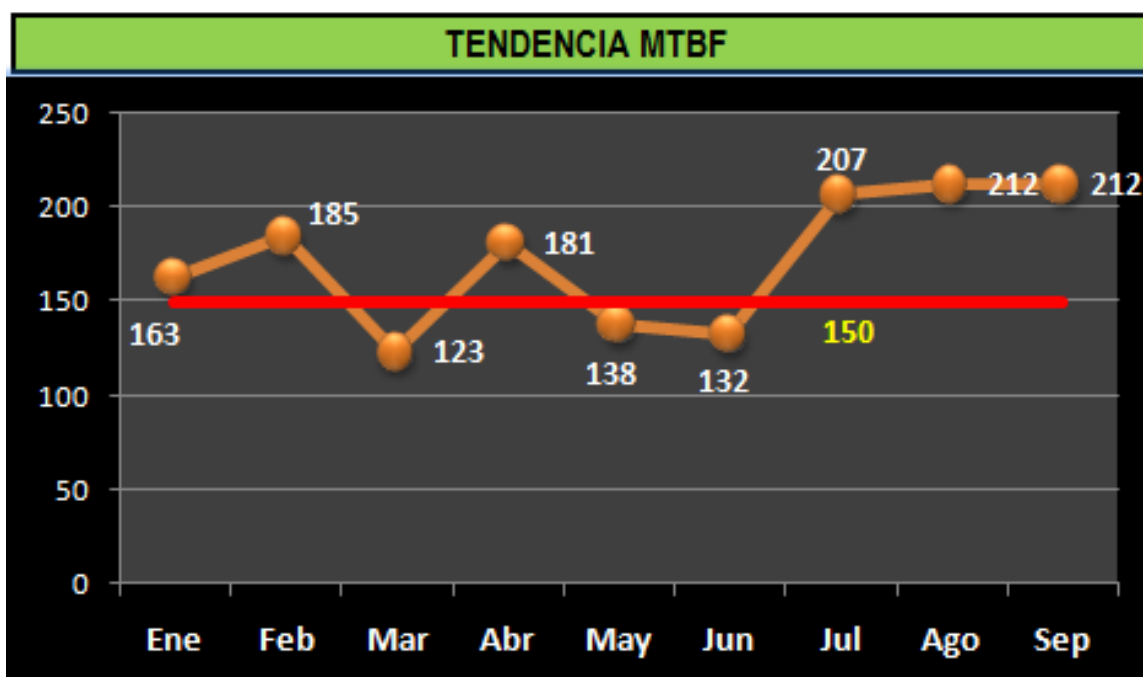
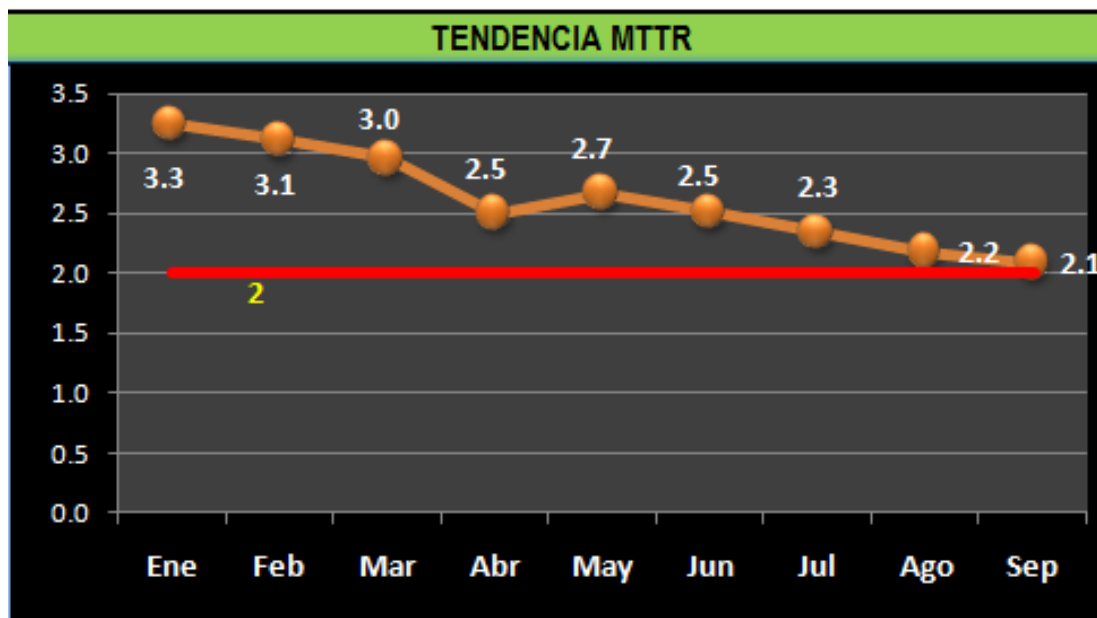


Gráfico 2: Tendencia MTTR



## F. Balanced Scorecard medidas de mantenimiento

El "Scorecard" de las medidas de mantenimiento que son importantes para el departamento y para la planta se realizó con el fin de poder visualizar de una manera fácil y entendible los resultados obtenidos cada mes, siempre indicando con colores si es un dato muy bueno (verde), aceptable pero se puede corregir (anaranjado) y malo (rojo). Este "Scorecard" reúne los datos de fallas menores, fallas mayores, fallas totales, fallas promedio por máquina, MTTR en minutos, MTTR en horas, tiempo muerto en minutos, tiempo muerto promedio por máquina en horas, MTBF en horas y por último en cumplimiento al plan de mantenimiento preventivo.

El "Scorecard" se presenta en la Tabla 28.

En esta tabla se muestra el resumen de las mejoras que se han reflejado en el departamento a partir de la implementación del mantenimiento preventivo, en dichos números se puede observar la mala tendencia que traía el departamento y la notable mejora que surgió a partir de dicha implementación. Estas mejoras como se puede observar en la tabla son directamente causadas por el cumplimiento al 100% del plan de mantenimiento preventivo, lo que demuestra que el buen funcionamiento y rendimiento de una máquina viene totalmente amarrada del servicio y el mantenimiento que se le dé.

Tabla 28: Scorecard medidas de mantenimiento

	Mes	Paros menores	Paros mayores	Total de paros	Paros prom/maq	MTTR (min)	MTTR (hrs)	Tiempo muerto (min)	Tiempo prom/maq	MTBF (hrs)	Cumplimiento al plan de MP
2012	Enero	41	63	104	4	195	3.3	20,285	14.1	163	40%
	Febrero	42	50	92	4	187	3.1	17,190	11.9	185	50%
	Marzo	50	87	137	6	178	3.0	24,345	16.9	123	35%
	1er Trim.	44	67	111	5	187	3.1	20,607	14.3	157	42%
	Abril	53	41	94	4	150	2.5	14,126	9.8	181	50%
	Mayo	82	41	123	5	161	2.7	19,764	13.7	138	45%
	Junio	68	60	128	5	151	2.5	19,350	13.4	132	30%
	2do Trim.	68	47	115	5	154	2.6	17,747	12.3	151	42%
	Julio	47	39	86	3	141	2.3	12,120	8.4	207	78%
	Agosto	49	35	84	3	131	2.2	11,000	7.3	212	100%
	Septiembre	41	43	84	3	125	2.1	10,522	7.0	212	100%
	3er Trim.	46	39	85	3	132	2.2	11,214	7.6	210	93%

Es importante destacar antes de la elaboración de la calendarización del mantenimiento preventivo, el departamento calculaba el porcentaje del cumplimiento con base en horas trabajadas en mantenimiento preventivo, lo cual fue modificado a partir de la elaboración de este plan, teniendo un mejor método de medición para el cumplimiento de éste.

Los datos vistos en el "Scorecard" son datos mensuales que posteriormente reflejan la mejora trimestral pero una vez por semana se realiza una reunión de productividad con el Gerente General, el Contralor General, la Gerente de Calidad, el Jefe del departamento, el Trainee, el Jefe de Calidad del departamento y el Jefe de mantenimiento del departamento, en donde se reúne información de interés para gerencia de cada semana en donde unos de los puntos importantes que son revisados en dicha reunión es el avance y las mejoras en el mantenimiento del área, también se discuten problemas que han existido durante la semana y soluciones que se han dado o se pueden dar.

## **XI. ANÁLISIS ECONÓMICO**

El análisis económico se realizó tomando en cuenta los costos que incurrirían en implementar el mantenimiento preventivo. También se tomó en cuenta la disminución del desperdicio generado por fallas mecánicas y por tanto el costo de este desperdicio, en otras palabras, el ahorro en quetzales que se tuvo. Es importante destacar que el costo de cada kilo de desperdicio es muy alto, por lo que el ahorro mensual esperado también es alto.

Ahora bien, los criterios que se utilizaron para evaluar el proyecto y decidir la rentabilidad de este fueron los siguientes:

- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Período de recuperación de la inversión (NPER)
- Valor Presente Neto (VPN)
- Análisis Beneficio – Costo (B/C)

Para la aprobación del proyecto se necesita que los siguientes requisitos sean verdaderos:

- $TIR > TMAR$
- $VPN > 0$
- $B/C \geq 1$

Es importante mencionar que este proyecto se pretende realizar por 24 meses, esto con el fin de realizar una evaluación de cómo ha mejorado el estado de las máquinas a lo largo de este período debido a dicha implementación, también se tiene pensado evaluarlo a 24 meses con el propósito de poder revalidar el proyecto y mejorarlo como parte de la mejora continua, o bien poder invertir en implementar otro tipo de proyecto que le genere una mayor rentabilidad a la empresa.

### **A. Ahorro mensual esperado**

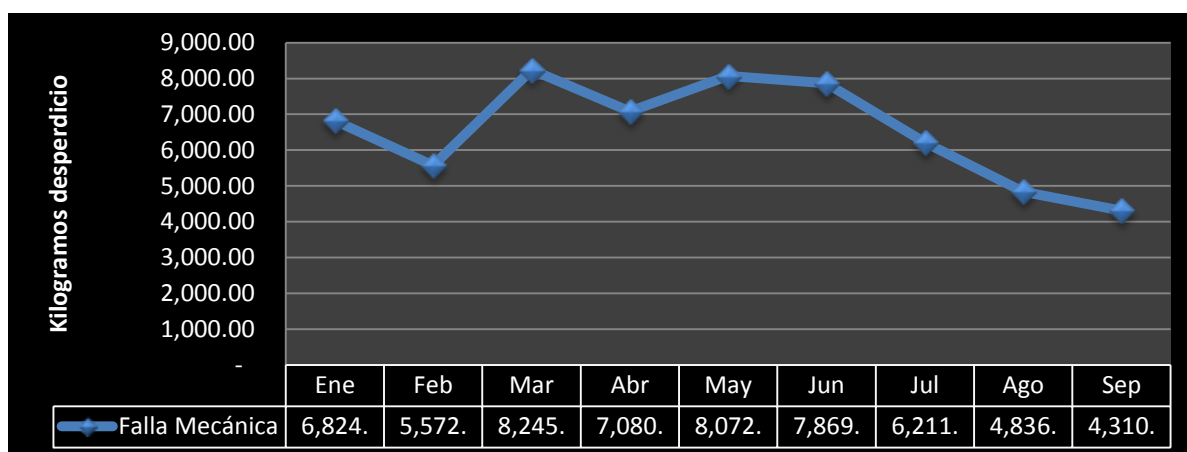
Debido a que la empresa se dedica a la fabricación de empaques flexibles y bolsas plásticas, la materia prima que utilizan son resinas, las cuales tienen un alto costo en el mercado, ya que estas provienen del petróleo. Las máquinas extrusoras de película soplada son eléctricas, por lo que la empresa incurre en un alto costo de energía eléctrica. La empresa también incurre en altos costos de mano de obra, ya que los operadores necesitan ser especializados para poder manejar máquinas de gran envergadura, además, el departamento cuenta con 78 operarios los cuales generan alto costo de mano de obra.

Todos estos rubros hacen que cada kilogramo de película producida tenga un alto costo de fabricación. Cada kilogramo de desperdicio, que se genera por que la operación lo requiere o por que se generan fallas, incurre con este alto costo. El costo que representa para la empresa generar un kilogramo de desperdicio es de Q 18.27.

La empresa mensualmente pierde miles de quetzales en kilogramos de desperdicio que se genera en cada una de las áreas de la empresa. Por lo que éste es un factor que se debe y se puede tratar de disminuir implementando mejoras en los procesos. Debido a esto, una de las mejoras que se dio en la empresa para disminuir las pérdidas financieras por desperdicio fue la implementación del mantenimiento preventivo.

El siguiente gráfico muestra la tendencia del desperdicio por fallas mecánicas a lo largo del año 2012.

**Gráfico 3: Tendencia de desperdicio por fallas**



En el gráfico anterior se puede observar la disminución del desperdicio a partir del mes de julio y la tendencia a seguir disminuyendo junto con las fallas mecánicas. Para comparar y establecer cuanto es la disminución de desperdicio esperado se comparó el promedio y la tendencia que traían los meses de abril, mayo y junio con el mes de septiembre, en donde ya está implementado el 100% del plan de mantenimiento preventivo en el departamento.

Por tanto, la disminución de desperdicio en el departamento es de 3,364.32 kilogramos, lo que genera un ahorro mensual para la empresa de Q 61,466.13.

Ahora bien, siguiendo la tendencia del segundo trimestre y sin la implementación del mantenimiento preventivo, el departamento seguiría generando un costo por desperdicio promedio de Q 140,203.83, lo cual representa una pérdida monetaria muy elevada para el

departamento. Gracias a la implementación del mantenimiento preventivo se tuvo una disminución de dicho costo a Q 78,743.70, lo que representa una disminución de costo por fallas para la empresa de un 44%, lo que representa una disminución significativa en la cual se tiene un ahorro mensual muy importante para el departamento, por lo que este dinero ahorrado puede ser invertido en otros proyectos de ahorro en lugar de seguir desperdiciándolo.

## B. Inversión inicial, costo de repuestos y lubricantes

La inversión inicial se tuvo que realizar en el mes de junio, en donde se compraron repuestos y lubricantes necesarios para la implementación. Para esto se necesitó definir cuáles son los repuestos inmediatos que necesita la máquina al momento de hacer una intervención de mantenimiento. También se definieron los lubricantes que la empresa puede comprar constantemente para realizar la lubricación de las máquinas y los aparatos de limpieza necesarios para realizar la limpieza semanal que requieren las máquinas. Con base en esto se cotizaron y se compraron los repuestos y lubricantes bajo los siguientes costos.

**Tabla 29: Costo por lubricantes**

Lubricante	Costo unit.	Cantidad	Recambio
PD2 Long Time	Q 7,007.00	2 botes	10 meses
GRASA EP2	Q 655.50	1 cubeta	2 meses
SHELL OMALA 220	Q 4,425.50	1 tonel	4 meses
San-A-lub	Q 108.00	12 botes	4 meses

**Tabla 30: Costo por repuestos**

Repuestos necesarios	Costo Unit.	Recambio
Aspiradora de mochila	Q 5,350.00	3 años
Cojinete 6201	Q 19.00	3 meses
Cojinete 6202	Q 21.00	3 meses
Cojinete 6203	Q 19.00	3 meses
Cojinete 6204	Q 26.00	3 meses
Cojinete 6205	Q 32.00	3 meses
Retenedores 40*62*10	Q 18.45	3 meses
Retenedores 25*52*8	Q 24.75	3 meses
Faja B-85	Q 101.78	3 meses
Faja B-87	Q 102.97	3 meses
Faja BX-80	Q 165.00	3 meses
Faja BX-70	Q 242.00	3 meses
Faja B-67	Q 80.28	3 meses
Faja BX-85	Q 101.78	3 meses
Faja BX 99	Q 134.04	3 meses

Para la limpieza se necesitó de dos aspiradoras mochila, las cuales fueron compradas tomando en cuenta la facilidad que necesita el operario para subir por la estructura de la máquina y limpiar en todo su alrededor. Dichas aspiradoras son de uso industrial con un peso ligero las cuales se dividieron una para el sector industrial de extrusoras y la otra para el sector comercial de extrusoras.

Los cojinetes y retenedores se compraron dependiendo del tamaño de la máquina que se deba intervenir. Algunas máquinas (las más sofisticadas) necesitan de hasta 36 cojinetes y retenedores por cada intervención de mantenimiento y otras necesitan de 20 cojinetes y retenedores por intervención.

Las fajas se compraron también dependiendo de la necesidad de cada máquina. Las máquinas más sofisticadas necesitan de hasta doce fajas por intervención y otras necesitan de solamente cuatro fajas por intervención de mantenimiento preventivo.

Tomando en cuenta esta cantidad de repuestos necesarios, los lubricantes y las herramientas de limpieza necesarias, se tuvo una inversión inicial de Q 73,373.98, los cuales fueron pagados en su totalidad por la empresa.

La siguiente tabla muestra el desglose de los gastos incurridos en la inversión inicial.

**Tabla 31: Inversión inicial**

<b>Objeto</b>	<b>Costo</b>
<i>Lubricantes</i>	<b>Q20,391.00</b>
PD2 Long Time	Q 14,014.00
GRASA EP2	Q 655.50
SHELL OMALA 220	Q 4,425.50
San-A-lub	Q 1,296.00
<i>Aspiradoras de mochila</i>	<b>Q10,700.00</b>
<i>Repuestos</i>	<b>Q42,282.98</b>
Cojinetes	Q 11,312.00
Retenedores	Q 10,773.90
Fajas	Q 20,197.08
<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>Q 73,373.98</b>

Es importante destacar que, en esta inversión, no se toma en cuenta la mano de obra de los mecánicos u operarios, ya que dichas personas ya existen y trabajan para la empresa, por lo que no se estará contratando nuevo personal para realizar el mantenimiento preventivo, únicamente

se les está redirigiendo su trabajo a hacer un mantenimiento preventivo y reducir el trabajo dirigido hacia mantenimientos correctivos.

Ahora bien, los costos de cada mes variarán dependiendo lo que se deba comprar en ese mes, estos costos se reflejan en el estado de resultados.

### C. Estado de resultados

Cómo se mencionó anteriormente la vida del proyecto se pretende que sea de 24 meses, antes de realizar la evaluación final y decidir cuál será la mejor decisión de inversión para la empresa. Debido a esto se realizó un estado de resultados en donde define la utilidad neta esperada que se genere, en este caso la utilidad neta, por ser un proyecto de ahorro, será el ahorro neto mensual que se tendrá cada mes.

**Tabla 32: Estado de resultados**

Mes	1	2	3	4
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q -	Q 655.50	Q 42,282.98	Q 6,377.00
Utilidad antes de impuestos	Q 61,466.13	Q 60,810.63	Q 19,183.15	Q 55,089.13
Impuestos (ISR 31%)	Q 19,054.50	Q 18,851.29	Q 5,946.78	Q 17,077.63
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 41,959.33</b>	<b>Q 13,236.37</b>	<b>Q 38,011.50</b>

Mes	5	6	7	8
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q -	Q 42,938.48	Q -	Q 6,377.00
Utilidad antes de impuestos	Q 61,466.13	Q 18,527.65	Q 61,466.13	Q 55,089.13
Impuestos (ISR 31%)	Q 19,054.50	Q 5,743.57	Q 19,054.50	Q 17,077.63
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 12,784.08</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 38,011.50</b>

Mes	9	10	11	12
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q 42,282.98	Q 14,669.50	Q -	Q 48,659.98
Utilidad antes de impuestos	Q 19,183.15	Q 46,796.63	Q 61,466.13	Q 12,806.15
Impuestos (ISR 31%)	Q 5,946.78	Q 14,506.95	Q 19,054.50	Q 3,969.91
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 13,236.37</b>	<b>Q 32,289.67</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 8,836.24</b>

Continuación Tabla 32

Mes	13	14	15	16
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q -	Q 655.50	Q 42,282.98	Q 6,377.00
Utilidad antes de impuestos	Q 61,466.13	Q 60,810.63	Q 19,183.15	Q 55,089.13
Impuestos (ISR 31%)	Q 19,054.50	Q 18,851.29	Q 5,946.78	Q 17,077.63
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 41,959.33</b>	<b>Q 13,236.37</b>	<b>Q 38,011.50</b>

Mes	17	18	19	20
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q -	Q 42,938.48	Q -	Q 20,391.00
Utilidad antes de impuestos	Q 61,466.13	Q 18,527.65	Q 61,466.13	Q 41,075.13
Impuestos (ISR 31%)	Q 19,054.50	Q 5,743.57	Q 19,054.50	Q 12,733.29
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 12,784.08</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 28,341.84</b>

Mes	21	22	23	24
Ingresos	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13	Q 61,466.13
Gastos de operación	Q 42,282.98	Q 655.50	Q -	Q 48,659.98
Utilidad antes de impuestos	Q 19,183.15	Q 60,810.63	Q 61,466.13	Q 12,806.15
Impuestos (ISR 31%)	Q 5,946.78	Q 18,851.29	Q 19,054.50	Q 3,969.91
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>Q 13,236.37</b>	<b>Q 41,959.33</b>	<b>Q 42,411.63</b>	<b>Q 8,836.24</b>

En el estado de resultados se puede notar la diferencia en las cantidades de gastos de operación, en donde en algunos el gasto es elevado y en otros el gasto es cero, esto debido a que los gastos por lubricantes y repuestos críticos varían cada mes, ya que la periodicidad de recambio es diferente por cada uno de ellos.

La tasa de pago de impuestos de ISR se decidió tomar el 31% sobre utilidades en vez del 5% sobre los ingresos ya que al tomar el 5% sobre los ingresos, se incrementa la cantidad de pago de impuestos lo que hace que disminuya la utilidad neta.

En el cuadro presentado anteriormente, se debe mencionar que ningún mes generará alguna utilidad negativa, es decir, pérdida; la utilidad siempre mantendrá una tendencia positiva, lo que nos dice que realmente la empresa se estará ahorrando dinero al hacer esta inversión.

## D. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR)

Para calcular la TIR del proyecto se realizó el flujo de efectivo con los datos obtenidos a partir de la inversión inicial en el mes 0 y seguido del flujo neto de efectivo que comprende desde el mes 1 hasta el mes 24. Siendo el mes 0 el mes de junio ya que este es el mes en el cual se compraron las piezas y lubricantes para la implementación del programa a partir del mes de julio.

La siguiente tabla muestra el flujo de efectivo del proyecto.

**Tabla 33: Flujo de efectivo**

Mes	0	1	2	3	4
FEDI	Q (73,373.98)	Q 42,411.63	Q 41,959.33	Q 13,236.37	Q 38,011.50

Mes	5	6	7	8	9
FEDI	Q 42,411.63	Q 12,784.08	Q 42,411.63	Q 38,011.50	Q 13,236.37

Mes	10	11	12	13	14
FEDI	Q 32,289.67	Q 42,411.63	Q 8,836.24	Q 42,411.63	Q 41,959.33

Mes	15	16	17	18	19
FEDI	Q 13,236.37	Q 38,011.50	Q 42,411.63	Q 12,784.08	Q 42,411.63

Mes	20	21	22	23	24
FEDI	Q 28,341.84	Q 13,236.37	Q 41,959.33	Q 42,411.63	Q 8,836.24

Con el flujo de efectivo presentado en la tabla anterior, se calculó la TIR del proyecto dando una TIR de 48%. Para definir la aprobación del proyecto se necesita comparar esta TIR con la TMAR que maneja la empresa. Si la TIR es mayor a la TMAR se aprueba el proyecto y se define que el proyecto es rentable ya que da una mayor rentabilidad que la mínima requerida.

Debido a que el valor de la TIR del proyecto es elevado se puede decir que el proyecto es muy rentable, ya que cuanto mayor es el valor de la TIR, mayor rentabilidad presenta el proyecto, además de indicar que es una buena forma de invertir el dinero de la empresa.

Para calcular la TMAR y poder compararla con la TIR y definir si se aprueba el proyecto, se utilizó la forma de cálculo de esta llamada Capital Pricing Asset Model (CPAM), esto debido a que la empresa no maneja un dato de TMAR. La fórmula para CPAM viene dada por la siguiente expresión: (3)

$$TMAR = R_f + \beta_i(E(R_m) - R_f)$$

En donde:

- $R_f$  es la tasa libre de riesgo, la cual se utilizó la tasa promedio de los bonos del tesoro del Banco de Guatemala con un valor de 5.17%.
  - $\beta_i$  es un factor financiero de sensibilidad de rendimiento de los activos, en el cual se utilizó el factor para una empresa de servicios industriales, dando un factor de 1.75.
- (3)
- $E(R_m)$  es la tasa de retorno esperada por la empresa de servicios industriales, con un valor de 10.33%. (3)

Utilizando los factores anteriores y la expresión anterior se calculó una TMAR anual de 14.20%. Debido a que ésta es una tasa que se capitaliza anual y nuestra TIR es una tasa capitalizable mensual, debemos transformar la TMAR anual a una tasa mensual para poder ser comparada con la TIR del proyecto. Al transformar la TMAR se obtiene una tasa de 1.11% capitalizable mensual. Teniendo este valor se puede comparar y observar que la TIR del proyecto con un valor de 48% > 1.11% que presenta la TMAR. Con esto se define que el proyecto es rentable y por lo tanto se acepta la inversión de dicho proyecto.

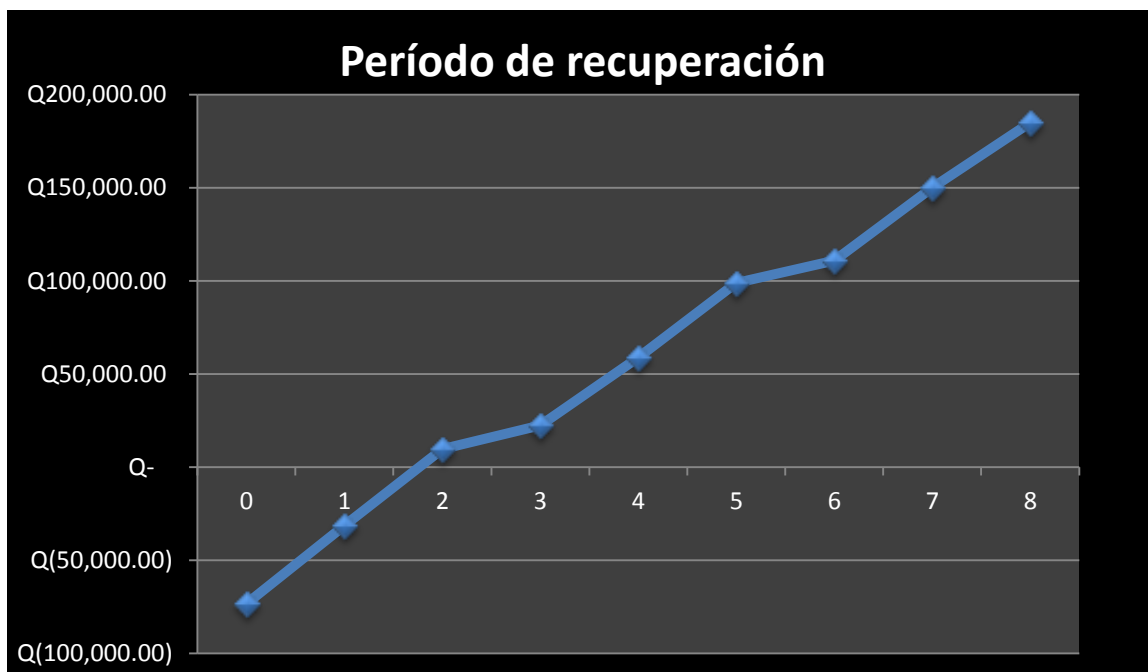
## E. Valor Presente Neto (VPN) y Período de Recuperación (NPER)

El otro criterio de aprobación que se debe utilizar para aceptar un proyecto es la utilizando el Valor Presente Neto del proyecto. Este permite determinar, si es positivo, que la empresa tendrá un incremento equivalente al monto del VPN, si es negativa, dirá que la empresa reducirá su riqueza en vez de incrementarla, por lo cual con un valor negativo se descarta el proyecto. Ahora bien si el valor es igual a 0, el VPN dice que la empresa no ganará pero tampoco perderá algún monto de dinero.

Para realizar este método se necesita traer todo el flujo de efectivo al presente, es decir al mes 0. El valor del flujo obtenido por el VPN es de Q 572,559.10, lo que demuestra una vez más que el proyecto es rentable y debe ser aceptado.

Ahora bien, el Período de Recuperación es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos de efectivo neto recuperen el costo de la inversión inicial. Esta determinación del período de recuperación se representa en el siguiente gráfico.

**Gráfico 4: Período de recuperación**



El gráfico anterior nos muestra que el período de recuperación para la inversión inicial sucede en el mes 2, y debido a que la vida del proyecto se dispone a 24 meses y éste período de recuperación no sobrepasa la vida del proyecto, se comprueba una vez más, que el proyecto es rentable para la empresa y debe ser aceptado.

## F. Análisis de sensibilidad

Para efectuarse el análisis de sensibilidad se tomó en cuenta aquellas variables del proyecto que más pueden afectar el resultado económico del proyecto. En primer lugar se tomó la inversión inicial como un factor que puede afectar el VPN y la TIR, esto debido a que dependiendo de la suma de dinero que se invierta en el proyecto, nuestro valor presente neto variará positivamente o negativamente, este es el mismo caso para evaluar la forma en que varía la TIR aumentando o disminuyendo el valor de nuestra inversión inicial.

Luego se tomó como variable que podría afectar el resultado del proyecto, el costo de los repuestos, esto debido a que los costos de los repuestos pueden variar constantemente debido a cambios de precio del proveedor, compra de repuestos de mayor calidad o menor calidad o

inclusive un cambio en el proveedor puede hacer que los costos por repuestos varíen y afecten el VPN o TIR del proyecto.

Por último se tomó como posible variable el costo por kilogramo de desperdicio, esto ya que, el costo de las resinas, electricidad, mano de obra y otros factores que influyen en la determinación del costo por kilogramo, varían constantemente y esto puede hacer que se incremente o disminuya dicho costo, lo que provoca que la TIR y VPN pueda variar directamente por este cambio.

Para realizar el análisis de sensibilidad se definió el rango de variación de las variables desde -10% hasta un 10%, lo que demostrará la sensibilidad que tendrá el valor presente neto del proyecto y la tasa interna de retorno tomando en cuenta las variables mencionadas anteriormente.

La siguiente tabla muestra el comportamiento del Valor Presente Neto con las variaciones realizadas en las variables.

**Tabla 34: Análisis de sensibilidad VPN**

Variación	-10%	-8%	-6%	-4%	-2%	0%
<b>Variación</b>	<b>Efecto</b>					
<b>Variables</b>						
<b>Inversión Inicial</b>	Q579,896.50	Q578,429.02	Q576,961.54	Q575,494.06	Q574,026.58	Q572,559.10
<b>Repuestos</b>	Q592,718.88	Q588,686.93	Q584,654.97	Q580,623.02	Q576,591.06	Q572,559.10
<b>Costo por kilo</b>	Q483,659.36	Q501,439.31	Q519,219.26	Q536,999.21	Q554,779.16	Q572,559.10

Variación	2%	4%	6%	8%	10%
<b>Variación</b>					
<b>Variables</b>					
<b>Inversión Inicial</b>	Q571,091.62	Q569,624.14	Q568,156.67	Q566,689.19	Q565,221.71
<b>Repuestos</b>	Q568,527.15	Q564,495.19	Q560,463.24	Q556,431.28	Q552,399.32
<b>Costo por kilo</b>	Q590,339.05	Q608,119.00	Q625,898.95	Q643,678.90	Q661,458.85

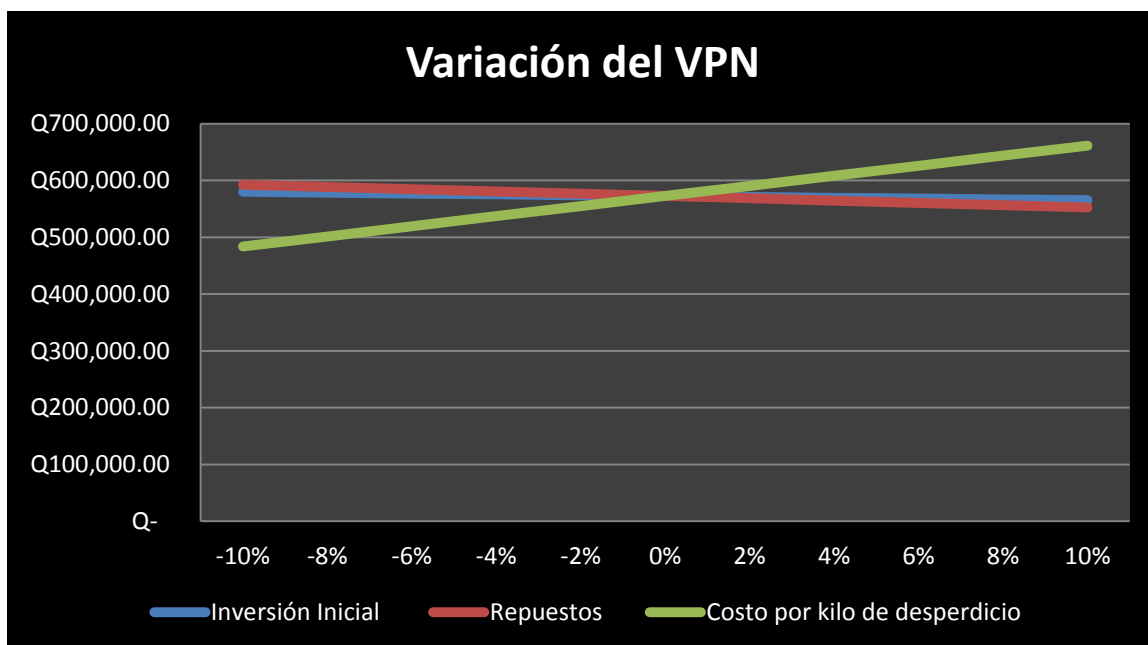
En la tabla presentada anteriormente es importante destacar que la inversión inicial al igual que la variación de los repuestos conforme se van aumentando, el Valor Presente Neto, es decir el resultado económico del proyecto, disminuye en una cantidad no muy grande, lo que convierte estas variables en un factor que afecta, relativamente poco, el resultado económico del proyecto.

Es interesante notar que la variable costo por kilo hace notar una mayor diferencia en el Valor Presente Neto del proyecto, esto ya que mientras aumenta la variación del costo por kilo,

hace que aumente el ahorro mensual de la empresa, lo que crea un efecto mayor en los ingresos y beneficios que tendrá la empresa.

El siguiente gráfico muestra la variación del Valor Presente Neto según las variables.

**Gráfico 5: Análisis de sensibilidad VPN**



En este gráfico se observa que la variación del VPN depende más si se incrementa o se disminuye el costo por kilo de desperdicio, como se mencionó anteriormente. También se puede apreciar de manera visual que tanto la inversión inicial como la variación en el costo de repuestos generan casi la misma variación en el VPN.

Como se mencionó anteriormente el segundo análisis de sensibilidad se hizo para observar cómo afecta y varía la TIR cuando se modifican los valores de las variables influyentes.

La siguiente tabla muestra la el cambio que obtiene la TIR con base a los cambios que se hace a las variables.

**Tabla 35: Análisis de sensibilidad TIR**

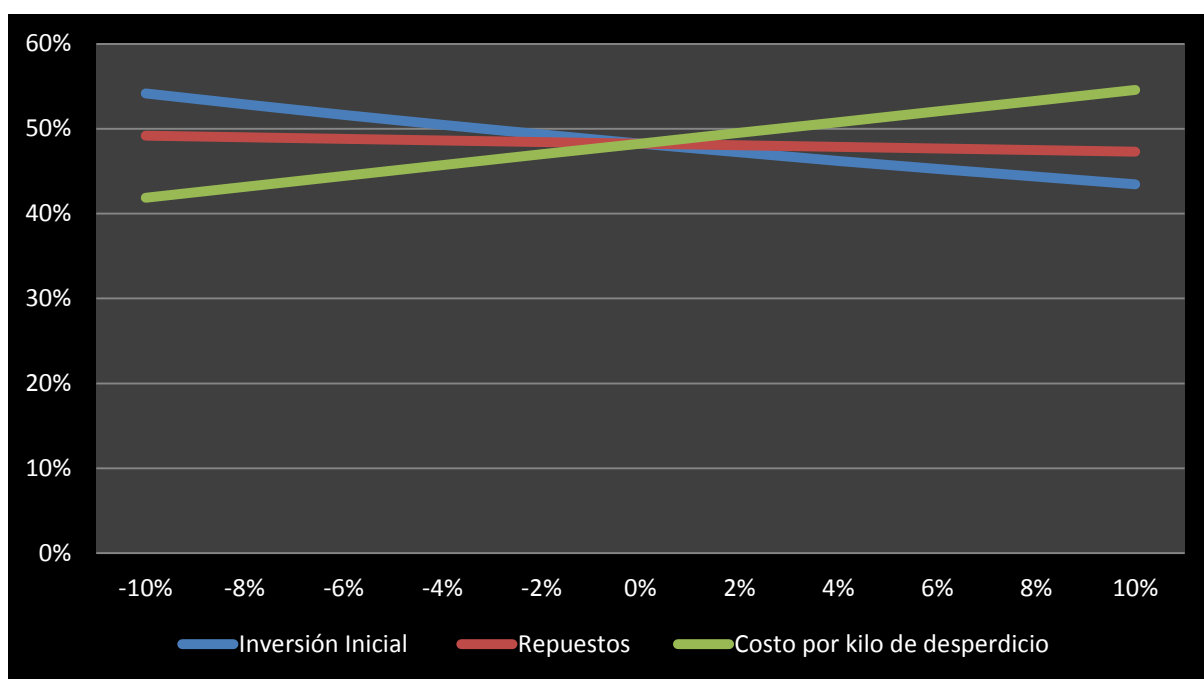
Variación	-10%	-8%	-6%	-4%	-2%	0%	2%	4%	6%	8%	10%
Variables	Efecto										
Inversión Inicial	54%	53%	52%	50%	49%	48%	47%	46%	45%	44%	43%
Repuestos	49%	49%	49%	49%	48%	48%	48%	48%	48%	47%	47%
Costo por kilo	42%	43%	44%	46%	47%	48%	50%	51%	52%	53%	55%

En esta tabla presentada se puede observar la variación que tiene la TIR conforme se cambian las variables. De este cuadro es importante destacar que la variación de repuestos es la que menor impacta el valor de la TIR y en este caso son la inversión inicial y el costo por kilo los que tienen mayor incidencia en la variación de la TIR.

Es importante notar que tanto los repuestos como la inversión inicial disminuirán la TIR conforme se vaya aumentando el monto de estos. En cambio, mientras se aumente el costo por kilogramo de desperdicio, la TIR aumentará, mostrando una mayor rentabilidad para el proyecto por el aumento de ahorro que se tendrá.

En el siguiente gráfico se presenta el análisis de sensibilidad para la TIR, en donde se aprecia la variación de una mejor forma.

**Gráfico 6: Análisis de sensibilidad TIR**



En el gráfico permite la visualización del impacto que ocasionan las variables sobre la TIR. En este se puede observar que tanto la inversión inicial como el costo de repuestos tienen una pendiente negativa, lo cual indica que estos disminuirán la rentabilidad del proyecto conforme se vayan aumentando. Aunque es importante notar que el costo de los repuestos son los que menos impacto tienen sobre la TIR. En cambio, el costo por kilo de desperdicio posee una pendiente positiva, lo cual indica que conforme este costo aumente, la empresa se verá más beneficiada, en el sentido de mantenimiento, debido a un incremento de ahorro por parte de la implementación del mantenimiento preventivo.

Es importante destacar que, a pesar que para fines de este estudio el proyecto se vea beneficiado mientras incrementa el costo por kilo, no necesariamente significa que es beneficioso en su totalidad para la empresa, ya que si el costo por kilo incrementa, significa que también se incrementaron mis costos por energía eléctrica, costos por materia prima, costos de mano de obra, etc. Lo cual si sucede de esta forma, sería preocupante para la empresa ya que los costos siempre se deben tratar de reducir y no incrementarse.

Al comparar los gráficos presentados anteriormente, se puede destacar que es el costo por kilogramo de desperdicio el que mayor impacto tiene sobre el resultado de la evaluación económica del proyecto. Y tanto en el análisis del VPN como de la TIR, es la inversión inicial y los costos por repuestos los que afectan negativamente la economía del proyecto.

## **G. Análisis beneficio - costo**

Este análisis se utilizó con el fin de evaluar el proyecto de inversión y comparar los costos con los beneficios asociados a la realización del proyecto, en este caso el ahorro que se obtiene con la implementación del mantenimiento preventivo.

Para hacer este análisis se utilizó la razón B/C modificada, la cual incluye los beneficios y los costos de operación en el numerador y en el denominador, se incluye solamente el costo de la inversión inicial. Por tanto, la expresión para la razón B/C se representa bajo la siguiente forma:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios} - CO}{\text{Inversión inicial}}$$

Para poder utilizar esta expresión se necesitó traer los beneficios y los costos al valor presente, teniendo como valor presente neto de los beneficios una suma de Q 1,288,402.10 y un valor presente neto de los costos de operación de Q 352,267.20. Ahora bien, debido a que la inversión inicial ya se encuentra en el mes 0, es decir que está en valor presente, no fue necesario transformar dicho dato, por lo que la inversión inicial es la misma, es decir Q 73,373.98.

Con estos datos obtenemos una razón B/C de 12.76. Ya que el criterio de aprobación para esta razón es que el B/C debe ser mayor a 1, y en este caso ese criterio si se cumple, se puede determinar que el proyecto es rentable y económicamente aceptable.

Este resultado resulta comprobarse fácilmente sin necesidad cálculos, esto debido a que los beneficios obtenidos a lo largo del proyecto (24 meses) serán siempre mayores a los costos de operación.

## **XII. CONCLUSIONES**

1. Respecto al objetivo general, se logró diseñar un programa de mantenimiento preventivo para el departamento de extrusión de una planta fabricante de bolsas plásticas, en el cual no solamente se diseñó sino que también se implementó el sistema, creando una forma y una cultura diferente de mantenimiento para todas las personas involucradas en el departamento, logrando disminuir los costos del departamento causadas por las fallas que presentan las máquinas extrusoras de película de plástico soplada y aumentando la disponibilidad de éstas para con el departamento.
2. Se realizó un estudio de lubricación por cada una de las 24 máquinas extrusoras del departamento, en donde se indicó cuáles son los puntos críticos a lubricar, la frecuencia con la que se debe lubricar y quién es el responsable de realizar dicha lubricación, indicando los tipos de lubricantes que se deben utilizar para realizar una buena lubricación estandarizada.
3. Se creó y se puso en funcionamiento un sistema de lubricación en forma de “checklist” en el cual se logra tener una lubricación periódica por parte de los responsables, asegurándose de lubricar todos los puntos críticos para evitar y disminuir fallas en la maquinaria.
4. Se diseñó e implementó un estándar de limpieza adecuado y necesario para las extrusoras industriales y comerciales del departamento, en donde se indican las actividades que se deben realizar al momento de realizar la limpieza de la máquina, para asegurar una limpieza efectiva y un estado óptimo de las condiciones de la máquina y las condiciones de trabajo.
5. Al implementar el plan de mantenimiento preventivo se logró reducir de 115 fallas a 85 fallas por mes, lo que representa una disminución de un 26% de las fallas en la maquinaria. Invirtiendo en el mantenimiento preventivo una suma inicial de Q 73,373.98 y reflejando un ahorro mensual esperado del costo del desperdicio generado por las fallas de Q 61,466.13, reduciendo el costo por fallas en un 44% y generando una tasa interna de retorno del 48%, lo que representa la rentabilidad del proyecto.
6. Al implementar el programa de mantenimiento preventivo se definieron roles y responsabilidades que cada uno de los involucrados en el departamento debe adoptar, con el fin de seguir realizando un proyecto con éxito y mejorar los resultados mes a mes.

### **XIII. RECOMENDACIONES**

1. Seguir implementando proyectos de mejora para disminuir el desperdicio generado por el departamento y en general, por la planta, ya que el costo por kilogramo producido es muy caro.
2. Diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para todos los demás departamentos productivos de la planta, ya que se justifica la inversión gestionada por la empresa, y además de reducir costos, logra generar un mejor ambiente de trabajo tanto para los operarios como para las máquinas.
3. Dar seguimiento al plan de mantenimiento preventivo durante los 24 meses de vida del proyecto, para luego evaluar la situación de las máquinas y poder buscar implementar un proyecto nuevo para seguir mejorando las condiciones de las máquinas, o rediseñar y mejorar el plan de mantenimiento preventivo como parte de la mejora continua.
4. Realizar proyectos de restauración a las máquinas en donde se compren nuevos sistemas tecnológicos para automatizar las máquinas y controlen la calidad de la película plástica, esto para poder lograr reducir el desperdicio generado por la falta de estos controles tecnológicos.
5. Realizar un estudio de factibilidad para hacer un recambio de máquinas muy desgastadas y comprar máquinas nuevas, para poder disminuir la cantidad de fallas presentadas por estas máquinas antiguas y poder incrementar el tiempo de producción de las nuevas máquinas.
6. Implementar otros sistemas Lean Manufacturing al departamento para poder reducir la cantidad de desperdicio y maximizar la rentabilidad de la empresa.

## XIV. Bibliografía

1. Alejandro, F. (2011). *Metodología orientada a maximizar la disponibilidad de sistemas de radio enlaces*. Tesis Universidad del Aconcagua, Argentina.
2. Bolaños Fernández, G. (2005). *El ABC del mantenimiento*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
3. Damodaran, A. (Enero de 2012). *Total Betas by Sector*. Recuperado el 23 de noviembre de 2012, de Damodaran Online: <http://people.stern.nyu.edu/adamodar/>
4. Desconocido. (s.f.). *Biblioteca de indicadores (KPIs)*. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de Sixtina: <http://www.sixtinagroup.com/herramientas-y-recursos/biblioteca-de-indicadores/>
5. Desconocido. (s.f.). *Enciclopedia Financiera*. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de Valor Presente Neto: <http://www.encyclopediainanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm>
6. Desconocido. (Junio de 2012). *Mantenimiento Preventivo*. Recuperado el 16 de agosto de 2012, de Mantenimiento Planificado: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
7. Desconocido. (s.f.). *Proceso de fabricación*. Recuperado el 16 de agosto de 2012, de Plásticos Alhambra: <http://www.plasticosalhambra.es/procesos-fabricacion-plastico.php>
8. Duffuaa, S., & Wiley, L. (2006). *Sistemas de mantenimiento; Planeación y control*.
9. Galeano Rodas, O. A. (Enero de 1997). Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo de la sección de molinos de un Ingenio Azucarero. Informe Final Seminario Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuintla, Guatemala.
10. Leal Urrutia, J. L. (Octubre de 2004). Diseño de un sistema de control de calidad en la producción de bolsas plásticas. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
11. López, C. (Octubre de 2001). *Balanced Scorecard*. Recuperado el 15 de noviembre de 2012, de Gestiópolis: <http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/20/bsc.htm>

12. Miguel Agreda, P. (Abril de 2008). Implementacion del programa de mantenimiento preventivo, en la empresa plastiglas de Guatemala. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
13. P. Robbins, S., & Mary, C. (2010). *Administración*. México: Pearson.
14. Posadas Vielman, J. (Abril de 1999). Tesis: Plan de Mantenimiento Preventivo Para Máquinas Extrusoras de Cintas de Polipropileno. Guatemala, Guatemala.
15. Valladares Jimenes, E. B. (2004). *Balanced Scorecard: su aplicación práctica* . Tesis Universidad Francisco Marroquin, Guatemala.
16. Váquiro C, J. D. (Enero de 2012). *Tasa interna de retorno*. Recuperado el 20 de noviembre de 2012, de Pymesfuturo: <http://www.pymesfuturo.com/tiretorno.htm>

## **XV. ANEXOS**

ANEXO I: Estándares de lubricación

ANEXO II: Glosario

**ANEXO I**

**ESTÁNDARES DE LUBRICACIÓN EXTRUSORAS**

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo		
<b>EXTRUSORAS: 23 Y 26</b>							Revisado por: Carlos Flores		
							Fecha de realización: Mayo 2012		
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	<b>Logo de Empresa</b>					<b>Códigos, frecuencia de Lubricación</b>	
	GRAS	Grasera						D	Diario
	AM	Aceitar a mano	15 D	15 Días					
	EM	Engrase a mano	S	Semanal					
	ES	Empaque grasa	M	Mensual					
			3M	3 Meses					
			6M	6 Meses					
			A	Anual					
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora Cojinetes motor electrico	X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CALANDRA 1</b> Reductor Tornillos de graduación		X	Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	Perla Negra Chevron	AM	3 bomb	M	Mecánico	
3	<b>CALANDRA 2</b> Cajas reductoras pequeñas		X	Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
4	<b>ROTATIVO</b> Caja reductora superior Cojinetes rodillo embobinador Caja reductora Caja reductora pista rotativa Pista circular rotativo		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
			X	Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
		X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico	
	X		Perla Negra Chevron	AM		3 MESES	Mecánico		
5	<b>RODILLOS TENSORES</b> Reductor principal Cojinetes rodillos prensador Cojinetes rodillo principal Cojinetes rodillo secundario Cojinetes rodillo intermedio Cadenas rodillos principal Cadena reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador	
	X	San-A-lub	EM		6 MESES	Operador			
6	<b>EMBOBINADOR SALIDA</b> Cojinetes Bujes Deposito Hidraulico Caja reductora principal Cojinete rodillo principal Cojinetes rodillos pequeños Cojinetes suelo Engranajes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Aceite hidraulico Tellus 46	CKN		6 MESES	Operador	
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador	
			X	Perla Negra Chevron	AM		15 DIAS	Operador	

# MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Realizado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

EXTRUSORA: 25

Fecha de realización: Mayo 2012

Códigos, Métodos de Aplicación

DN	Chequear nivel
GRAS	Grasera
AM	Acetilar a mano
EM	Engrase a mano
EG	Empaque grasa

Logo de Empresa

Códigos, frecuencia de Lubricación

D	Diario
15 D	15 Días
S	Semanal
H	Mensual
3M	3 Meses
6M	6 Meses
A	Anual

Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora	X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
	Depósito de aceite	X		Aceite 320	CKN		S	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b> Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Engranaje		X	Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico
	Reductor	X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA 1</b> Cadena		X	San-A-lub	EM		6 MESES	Mecánico
	Chumacera tornillo de graduación		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	M	Mecánico
4	<b>ROTATIVO</b> Engranaje abierto		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
	Chumaceras barras		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	15 DIAS	Mecánico
	Chumaceras rodillos jaladores		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico
	Chumaceras rodillos jaladores pequeños		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Juegos de engranajes rotor superior		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
	Chumaceras rotor superior		X	Grasa grado 2	GRAS	4 bomb	S	Mecánico
5	<b>EMBOBINADO 1</b> Punto de lubricacion con grasera engranajes abiertos		X	Perla Negra Chevron	GRAS	10 bomb	S	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		S	Operador
	Cojinetes tensor cadena		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Cojinetes tensor		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador
	Cojinetes barillas tensor interior		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Puntos de lubricación brazo baja bobina		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
6	<b>EMBOBINADO 2</b> Cadenas		X	San-A-lub	EM		S	Operador
	Cojinetes tensor cadena		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Cojinetes tensor barillas		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador
	Puntos de lubricación brazo baja bobina		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Cojinete brazo bajo		X	Grasa grado 2	GRAS	4 bomb	S	Operador

## MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Realizado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

**EXTRUSORA: 45**

Fecha de realización: Mayo 2012

Códigos, Métodos de Aplicación

CKN            Chequear nivel  
GRAS          Grasera  
AM             Aceitar a mano  
EM             Engrase a mano  
EG             Empaque grasa

**Logo de Empresa**

**Códigos, frecuencia de Lubricación**

D            Diario  
15 D        15 Días  
S            Semanal  
M           Mensual  
3M         3 Meses  
6M         6 Meses  
A            Anual

Area No.	Identificación de Máquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b>							
	Cojinete principal		X	Sentinel SF 3000	EG		6 MESES	Mecánico
	Cadena	X		San-A-lub	EM		M	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 320	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes rodillo estirador		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Cadena rodillo estirador		X	San-A-lub	EM	3 bomb	15 días	Mecánico
	Cojinete rodillo embobinador		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
4	<b>RODILLOS TENSORES</b>							
	Reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES	Operador
	Cojinetes rodillos prensador		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
	Cojinetes rodillo principal		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
	Cojinetes rodillo secundario		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
	Cojinetes rodillo intermedio		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
	Cadenas rodillos principal		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
Cadena reductor principal		X	San-A-lub	EM		6 MESES	Operador	
5	<b>EMBOBINADO 1</b>							
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Punto de lubricación brazos		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Sistema Hidraulico.		X	Aceite hidraulico Tellus 46	CKN	3 lts	M	Operador
6	<b>EMBOBINADO 2</b>							
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		S	Operador
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Punto de lubricación brazos		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
	Sistema Hidraulico.		X	Aceite hidraulico Tellus 46	CKN	3 lts	M	Operador

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo										
<b>EXTRUSORA: 04</b>							Revisado por: Carlos Flores										
							Fecha de realización: Mayo 2012										
Códigos, Métodos de Aplicación	<div style="text-align: center;">  </div>						Códigos, frecuencia de Lubricación										
							D	Diario	15 D	15 Días	S	Semanal	M	Mensual	3M	3 Meses	6M
1	<b>MOTOR</b>																
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES		Mecánico								
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A		Mecánico								
2	<b>CABEZAL</b>																
	Reductor		X	Aceite 460/Centinel 460	CKN	1.5 Lt	6 MESES		Mecánico								
	Cojinete		X	Sentinel SF 3000	EG		6 MESES		Mecánico								
	Cadena	X		San-A-lub	AM		M		Mecánico								
3	<b>CALANDRA 1 CABEZAL SUPERIOR</b>																
	Reductor		X	Aceite 320	CKN	2 lts	6 MESES		Mecánico								
	Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Mecánico								
	Juego de engranajes		X	Perla Negra Chevron	AM		15 días		Mecánico								
	Cadena		X	San-A-lub	EM		15 días		Mecánico								
4	<b>RODILLOS TENSORES</b>																
	Reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES		Operador								
	Cojinetes rodillos prensador		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cojinetes rodillo principal		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cojinetes rodillo secundario		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cojientes rodillo intermedio		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cadenas rodillos princial		X	San-A-lub	EM		15 DIAS		Operador								
	Cadena reductor principal		X	San-A-lub	EM		6 MESES		Operador								
5	<b>EMBOBINADOR SALIDA</b>																
	Cadena reductor principal		X	San-A-lub	EM		15 DIAS		Operador								
	Cojinete rodillo principal		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cojinete rodillo embobinador		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cojinetes mediano		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S		Operador								
	Cadena		X	San-A-lub	EM		15 DIAS		Operador								
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2.5 lts	6 MESES		Operador								
	Cadena doble		X	San-A-lub	EM		15 DIAS		Operador								

MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN							Realizado por: Anthony Castillo	
EXTRUSORA: 03							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Marzo 2012	
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	Logo Empresa				Códigos, frecuencia de Lubricación	
	GRAS	Grasera					D	Diario
	AM	Aceitar a mano	15 D	15 Días				
	EM	Engrase a mano	S	Semanal				
	EG	Empaque grasa	M	Mensual				
			3M	3 Meses				
			6M	6 Meses				
			A	Anual				
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora Cojinetes motor electrico	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
		X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b> Cojinete principal Cadena Reductor		X	Sentinel SF 3000	EG		6 MESES	Mecánico
		X		San-A-lub	EM		M	Mecánico
			X	Aceite 320	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b> Cojinetes rodillo estirador Cadena rodillo estirador Cojinete rodillo embobinador Reductor		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
			X	San-A-lub	EM	3 bomb	15 dias	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
4	<b>RODILLOS TENSORES</b> Reductor principal Cojinetes rodillos prensador Cojinetes rodillo principal Cojinetes rodillo secundario Cojinetes rodillo intermedio Cadenas rodillos princial Cadena reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
			X	San-A-lub	EM		6 MESES	Operador
5	<b>EMBOBINADO 1</b> Cadenas Cojinetes Punto de lubricación brazos Sistema Hidraulico.		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
			X	Aceite hidraulico Tellus 46	CKN	3 lts	M	Operador
6	<b>EMBOBINADO 2</b> Cadenas Cojinetes Punto de lubricación brazos Sistema Hidraulico.		X	San-A-lub	EM		S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Operador
			X	Aceite hidraulico Tellus 46	CKN	3 lts	M	Operador

# MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Realizado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

Fecha de realización: Mayo 2012

## EXTRUSORA: 39

Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel						<b>Códigos, frecuencia de Lubricación</b>	
	GRAS	Grasera						D	Diario
	AM	Aceitar a mano						15 D	15 Días
	EM	Engrase a mano						S	Semanal
	EG	Empaque grasa						M	Mensual
								3M	3 Meses
								6M	6 Meses
								A	Anual
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b>								
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CABEZAL</b>								
	Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Cadena	X		San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
	Reductor		X	Aceite 320	CKN	1.5 LTS	6 MESES	Mecánico	
3	<b>CALANDRA</b>								
	Reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	3,5 lts	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Cadenas graduación suelo.		X	San-A-lub	EM		M	Mecánico	
	Reductor Graduación suelo.		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	.5 lts	6 MESES	Mecánico	
4	<b>EMBOBINADO 1</b>								
	Reductores		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES	Operador	
	Reductor pequeño		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1 lts	6 MESES	Operador	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador	
	Cremalleras		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Operador	
	Juego de engranajes (2 engranes por juego)		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Operador	
5	<b>EMBOBINADO 2</b>								
	Reductores		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 lts	6 MESES	Operador	
	Reductor pequeño		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1 lts	6 MESES	Operador	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador	
	Cremalleras		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Operador	
	Juego de engranajes (2 engranes por juego)		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Operador	

# MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Adaptado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

EXTRUSORA: 27

Fecha de realización: Mayo 2012

Códigos, Método e día Aplicación

CKN	Chequear nivel
GRAS	Grasera
AM	Acillar a mano
EM	Engrase a mano
EG	Empaque grasa

Logo de la Empresa

**Códigos, frecuencia de Lubricación**

D	Diario
15 D	15 Días
S	Semanal
M	Mensual
3M	3 Meses
6M	6 Meses
A	Anual

Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b> Tornillo sin fin (tornillo para levantar anillo)		X	Perla Negra Chevron	EM		15 DIAS	Mecánico
	<b>ROTATIVO</b> Reductor principal		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
3	Punto de lubricación rodillo principal		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Punto de lubricación rodillo extractor		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Punto de lubricación rodillo secundario		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Cajas reductoras eje central cardanes		X	Aceite 460/Sentinel 460	GRAS	3 lts	6 MESES	Mecánico
	Juego de engranajes conicos		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
4	<b>BASE PERSIANA</b> Reductor pequeño	X		Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1 lts	6 MESES	Mecánico
	<b>CESTA</b> Tornillos	X		Perla Negra Chevron	EM		3 MESES	Mecánico
5	Cadenas	X		San-A-lub	EM		S	Mecánico
	Pista	X		Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo		
<b>EXTRUSORA: 22</b>							Revisado por: Carlos Flores		
<b>Logo de Empresa</b>							<b>Códigos, frecuencia de Lubricación</b>		
							D	Diario	
<b>Códigos, Métodos de Aplicación</b>	CKN	Chequear nivel						15 D	15 Días
	GRAS	Grasera						S	Semanal
	AM	Aceitar a mano						M	Mensual
	EM	Engrase a mano						3M	3 Meses
	EG	Empaque grasa						6M	6 Meses
						A	Anual		
<b>Area No.</b>	<b>Identificación de Maquina Puntos a Lubricar</b>	<b>Maquinaria Parada</b>	<b>Maquinaria Producción</b>	<b>Producto Utilizado</b>	<b>Método de Aplicación</b>	<b>Cantidad de Aplicación</b>	<b>Frecuencia de Lubricación</b>	<b>Responsable de Lubricación</b>	
1	<b>MOTOR</b>								
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CALANDRA</b>								
	Puntos de lubricación Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
3	<b>CESTA</b>								
	Tornillos de sujeción		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
4	<b>EMBOOBINADOR A</b>								
	Puntos de lubricación cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador	
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador	
	Cadena reductor		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2 LTS	6 MESES	Operador	
5	<b>EMBOOBINADOR B</b>								
	Puntos de lubricación cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Operador	
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		S	Operador	
	Cadena reductor		X	San-A-lub	EM		S	Operador	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	GRAS	2 lts	6 MESES	Operador	

# MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Realizado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

## EXTRUSORA: 50

Fecha de realización: Mayo 2012

Códigos, Metodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	<b>Logo de Empresa</b>	<b>Códigos, frecuencia de Lubricación</b>				
	GRAS	Grasera		D	Diario	15 D	15 Días	S
AM	Aceitar a mano	M		Mensual	3M	3 Meses	6M	6 Meses
EM	Engrase a mano	A		Anual				
EG	Empaque grasa							
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b> Caja reductora Cojinetes motor electrico	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
		X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>ROTATIVO</b> Engranajes Tornillos de sujeción Reductor embobinador principal Puntos de lubricación reductor principal Pista Reductor		X	Perla Negra Chevron	EM	3 bomb	15 DIAS	Mecánico
			X	Perla Negra Chevron	EM		15 DIAS	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
			X	Perla Negra Chevron	EM		15 DIAS	Mecánico
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
3	<b>RODILLO DE BAJADA</b> Puntos de lubricación		X	Grasa grado 2	GRAS	2 bomb	S	Mecánico
4	<b>EMBOBINADOR A</b> Reductor Puntos de lubricación cojinetes		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	3 bomb	6 MESES	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS		M	Operador
5	<b>EMBOBINADOR B</b> Puntos de lubricación cojinete Reductores Cadenas Puntos de lubricación bujes rodillos		X	Grasa grado 2	EM	3 bomb	M	Operador
			X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 LTS	6 MESES	Operador
			X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Operador
			X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Operador

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo	
<b>EXTRUSORA: 15</b>							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Mayo 2012	
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN      Chequear nivel GRAS      Grasera AM      Aceitar a mano EM      Engrase a mano EG      Empaque grasa		<b>Logo de Empresa</b>				Códigos, frecuencia de Lubricación	
							D      Diario 15 D      15 Días S      Semanal M      Mensual 3M      3 Meses 6M      6 Meses A      Anual	
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b>							
	Chumaceras	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Engranaje	X		Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico
	Reductor	X		Aceite 320	CKN		6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Tornillo de graduación		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
4	<b>RODILLO TENSOR</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico
	Cadenas embobinador		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
5	<b>EMBOBINADO SALIDA</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1,5 lts	6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico
	Cadenas embobinador		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo		
<b>EXTRUSORA: 18</b>							Revisado por: Carlos Flores		
							Fecha de realización: Mayo 2012		
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	<b>Logo de Empresa</b>					<b>Códigos, frecuencia de Lubricación</b>	
	GRAS	Grasera						D	Diario
AM	Aceitar a mano	15 D						15 Días	
EM	Engrase a mano	S						Semanal	
EG	Empaque grasa	M						Mensual	
			3M	3 Meses					
			6M	6 Meses					
			A	Anual					
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b>								
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CABEZAL</b>								
	Engranaje	X		Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico	
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>								
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
	Cadenas tornillo de graduación		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
	Tornillo de graduación		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
	Cremallera guias de paletas		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
4	<b>EMBOBINADO</b>								
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	3 bomb	6 MESES	Mecánico	
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico	
	Cojinetes salida		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico	
	Cadenas embobinador		X	San-A-lub	EM		15 días	Mecánico	

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo	
<b>EXTRUSORA: 21</b>							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Mayo 2012	
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	<b>Logo de Empresa</b>				Códigos, frecuencia de Lubricación	
	GRAS	Grasera					D	Diario
	AM	Aceitar a mano	15 D	15 Días				
	EM	Engrase a mano	S	Semanal				
	EG	Empaque grasa	M	Mensual				
			3M	3 Meses				
			6M	6 Meses				
			A	Anual				
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b>							
	Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Engranaje		X	Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 320	CKN	2.5 lts	6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes rodillos superiores		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Tornillo de graduación		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
4	<b>EMBOBINADO</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Cremalleras		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo	
<b>EXTRUSORA: 07</b>							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Mayo 2012	
Códigos, Metodos de Aplicación	CKN      Chequear nivel GRAS      Grasa AM      Aceitar a mano EM      Engrase a mano EG      Empaque grasa		<b>Logo de Empresa</b>				Códigos, frecuencia de Lubricación	
							D	Diario
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CABEZAL</b>							
	Chumaceras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Engranaje		X	Perla Negra Chevron	EM		6 MESES	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 320	CKN	2.5 lts	6 MESES	Mecánico
3	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Cremallera tornillo de sujeción		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
4	<b>EMBOBINADO 1 Y 2</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
	Puntos de lubricación cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo		
<b>EXTRUSORAS: 01 y 05</b>							Revisado por: Carlos Flores		
							Fecha de realización: Mayo 2012		
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN      Chequear nivel GRAS      Grasera AM      Aceitar a mano EM      Engrase a mano EG      Empaque grasa		<b>Logo de Empresa</b>				Códigos, frecuencia de Lubricación		
							D	Diario	15 D
		M	Mensual	3M	3 Meses	6M	6 Meses	A	Anual
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b>								
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>								
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico	
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico	
	Cremallera tornillo de sujeción		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
3	<b>EMBOBINADO</b>								
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1,5 lts	6 MESES	Mecánico	
	Cremallera		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico	

MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN							Realizado por: Anthony Castillo	
EXTRUSORA: 11							Revisado por: Carlos Flores	
							Fecha de realización: Mayo2012	
Códigos, Métodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	Logo de Empresa				Códigos, frecuencia de Lubricación	
	GRAS	Grasera					D	Diario
AM	Aceitar a mano	15 D					15 Días	
EM	Engrase a mano	S					Semanal	
EG	Empaque grasa	M					Mensual	
			3M	3 Meses				
			6M	6 Meses				
			A	Anual				
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 LTS	6 MESES	Mecánico
	Reductor superior		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2.5 LTS	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes superiores		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Juego de engranajes		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
	Cojinetes barras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
3	<b>EMBOBINADO</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico
	Cremallera		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico

# MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN

Realizado por: Anthony Castillo

Revisado por: Carlos Flores

## EXTRUSORA: 12

Fecha de realización: Mayo 2012

Códigos, Métodos de Aplicación	CKN      Chequear nivel GRAS     Grasa AM        Aceitar a mano EM        Engrase a mano EG        Empaque grasa	Logo de Empresa						Códigos, frecuencia de Lubricación	
								D	Diario
							15 D	15 Días	
							S	Semanal	
							M	Mensual	
							3M	3 Meses	
							6M	6 Meses	
							A	Anual	
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación	
1	<b>MOTOR</b>								
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico	
2	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>								
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 LTS	6 MESES	Mecánico	
	Reductor superior		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	2.5 LTS	6 MESES	Mecánico	
	Cojinetes superiores		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
	Juego de engranajes		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
	Cojinetes barras		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico	
3	<b>EMBOBINADO</b>								
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1.5 lts	6 MESES	Mecánico	
	Cremallera		X	Perla Negra Chevron	EM		M	Mecánico	
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	5 bomb	S	Mecánico	

<b>MAPA DE LUBRICACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO: ÁREA DE EXTRUSIÓN</b>							Realizado por: Anthony Castillo	
<b>EXTRUSORA: 46, 47, 48, 51</b>							Revisado por: Carlos Flores	
Códigos, Metodos de Aplicación	CKN	Chequear nivel	<b>Logo de Empresa</b>				Códigos, frecuencia de Lubricación	
	GRAS	Grasera					D	Diario
	AM	Aceitar a mano	15 D	15 Días				
	EM	Engrase a mano	S	Semanal				
	EG	Empaque grasa	M	Mensual				
			3M	3 Meses				
			6M	6 Meses				
			A	Anual				
Area No.	Identificación de Maquina Puntos a Lubricar	Maquinaria Parada	Maquinaria Producción	Producto Utilizado	Método de Aplicación	Cantidad de Aplicación	Frecuencia de Lubricación	Responsable de Lubricación
1	<b>MOTOR</b>							
	Caja reductora	X		Aceite 320	CKN	5 Gal	6 MESES	Mecánico
	Cojinetes motor electrico	X		Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	A	Mecánico
2	<b>CALANDRA SUPERIOR</b>							
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS	3 bomb	S	Mecánico
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN		6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
3	<b>EMBOBINADO</b>							
	Reductor		X	Aceite 460/Sentinel 460	CKN	1,5 lts	6 MESES	Mecánico
	Cadenas		X	San-A-lub	EM		15 DIAS	Mecánico
	Cojinetes		X	Grasa grado 2	GRAS		S	Mecánico
	Cojinetes inferiores		X	Grasa grado 2	GRAS		S	Mecánico
	Cadenas embobinado		X	San-A-lub	EM		M	Mecánico

**ANEXO II**  
**GLOSARIO**

## GLOSARIO

1. Checklist: Es una lista de chequeo de artículos, nombres, hechos, etc. Que sirve para comparar, identificar o bien, verificar una acción que deba ser realizada.
2. Husillo: Es un tornillo de Arquímedes fijado por un extremo a un motor que lo hace girar a una velocidad angular previamente decidida en los procesos de moldeo por inyección y extrusión. Este husillo tiene un canal separado por álabes que sirven para cortar y empujar el flujo del material, en este caso, resina de polietileno.
3. JIT: Just in Time
4. KPI: Indicadores de desempeño
5. Lean Manufacturing: Manufactura esbelta, es una filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de "desperdicios" en productos manufacturados.
6. MC: Mantenimiento Correctivo
7. MP: Mantenimiento Preventivo
8. MTBF: Tiempo medio entre fallas
9. MTTR: Tiempo medio para reparar
10. Pellet: Es una denominación genérica, no española, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.
11. Slitter: Proceso por el cual una bobina de ancho determinado inicial se reduce en las máquinas cortadoras (slitters) a un ancho y diámetro final.
12. TIR: Tasa Interna de Retorno
13. TMAR: Tasa Mínima Atractiva de Retorno
14. TMP: Mantenimiento Productivo Total
15. TQM: Administración Total de Calidad
16. VPN: Valor Presente Neto