



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA
DE LLENADO HORIZONTAL “DOY PACK” PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Hansel Rubén Flores Fuentes

Asesorado por Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA
DE LLENADO HORIZONTAL “DOY PACK” PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HANSEL RUBÉN FLORES FUENTES

ASESORADO POR EL ING. MILTON ALEXANDER FUENTES OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Sanabria Solchaga
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE LLENADO HORIZONTAL "DOY PACK" PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 6 de octubre de 2011.



Hansel Rubén Flores Fuentes

Guatemala, 10 de octubre 2012

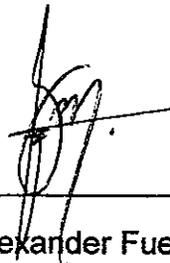
Ingeniero Julio César Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo para un sistema de llenado horizontal "Doy Pack" para una Industria Alimenticia** el cual fue presentado por el estudiante Hansel Rubén Flores Fuentes y después de haber realizado las correcciones pertinentes considero que cumple con los objetivos trazados.

Por lo tanto hago de su conocimiento que mi opinión de dicho trabajo reúne los requisitos para continuar con el proceso siguiente.

Atentamente



Milton Alexander Fuentes Orozco
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 8,189

Ingeniero Milton Alexander Fuentes Orozco

Colegiado No. 8,189

Asesor

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE LLENADO HORIZONTAL "DOY PACK" PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA** del estudiante **Hansel Rubén Flores Fuentes**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Humberto Pérez Rodríguez'.

**Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área**



Guatemala, octubre de 2012 .

/behdei.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE LLENADO HORIZONTAL "DOY PACK" PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, del estudiante **Hansel Rubén Flores Fuentes**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, febrero de 2013

JCCP/bhdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE LLENADO HORIZONTAL "DOY-PACK" PARA UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por el estudiante universitario **Hansel Rubén Flores Fuentes** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Palz Pacinos
Decano



Guatemala, febrero de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por estar en todo momento de mi vida.
Mis padres	Roberto Flores y Grethel Fuentes. Por estar en mi caminar.
Mi hermano	Randy Flores. Por estar cuando lo necesito.
Mi futura esposa	Selena García. Por estar siempre a mi lado.
Ing. Milton Fuentes	Por ser una influencia importante en mi carrera.
Mis compañeros	Por ser una parte importante de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por iluminarme y bendecirme a lo largo de mi vida.
Mis padres	Roberto Flores y Grethel Fuentes, por ser la razón de mi existir.
Mi hermano	Randy Flores, por su apoyo a lo largo de mi vida.
Mi futura esposa	Selena García. Por su apoyo y comprensión a lo largo de mi carrera.
Ing. Milton Fuentes	Por su tiempo y sus conocimientos brindados en el desarrollo de este trabajo.
Mis compañeros	De estudio por su tiempo y apoyo a lo largo de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MANTENIMIENTO DE EQUIPO.....	1
1.1. Plan de mantenimiento de equipo.....	2
1.1.1. Tipos de servicio (lubricantes).....	2
1.1.1.1. Lubricantes sólidos.....	3
1.1.1.2. Lubricantes semisólidos y líquidos	3
1.1.1.3. Lubricante gaseoso	27
1.1.2. Ajustes	27
1.2. Tipos de mantenimiento.....	29
1.2.1. Correctivo.....	29
1.2.2. Preventivo planeado	35
1.2.3. Monitoreo de condición	42
2. MANTENIMIENTO LLENADORA <i>DOY PACK</i> HORIZONTAL.....	77
2.1. Datos técnicos de la llenadora	77
2.2. Datos generales de montaje de la llenadora	79
2.3. Análisis específico de los elementos mecánicos.....	81
2.3.1. Empalmador bobina	81
2.3.2. Tensor <i>film</i>	84

2.3.3.	Arrastre desbobinador	85
2.3.4.	Perforador de fondo.....	85
2.3.5.	Rodillos desbobinador	86
2.3.6.	Soldadura vertical.....	87
2.3.7.	Enfriador vertical.....	89
2.3.8.	Soldador Doy Pack.....	90
2.3.9.	Enfriador Doy Pack.....	91
2.3.10.	Codificador neumático	92
2.3.11.	Muesa desgarre.....	93
2.3.12.	Matriz <i>corner</i>	94
2.3.13.	Tijeras.....	94
2.3.14.	Aplicador <i>corner valve</i>	95
2.3.15.	Alimentador <i>corner valve</i>	96
2.3.16.	Soldadura válvulas	97
2.3.17.	Grupo ventosas – ventosas válvulas	99
2.3.18.	Accionamiento de embudos/soplador de fondo	99
2.3.19.	Estriado	100
2.3.20.	Soldadura superior	101
2.3.21.	Pinzas fijas	102
3.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	103
3.1.	Cronograma y desglose de mantenimiento	103
3.1.1.	Mensual.....	103
3.1.2.	Trimestral	105
3.1.3.	Semestral	106
3.1.4.	Anual	107
3.2.	Inspección y verificación de paros no planeados de la maquinaria con el plan de mantenimiento en comparación sin el plan de mantenimiento establecido	110

CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA.....	117
APÉNDICES.....	119
ANEXOS	121

ÍNDICE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mantenimiento correctivo	29
2.	Diagrama mantenimiento correctivo	31
3.	Diagrama mantenimiento preventivo	37
4.	Diagrama de intervención del mantenimiento.....	38
5.	Mantenimiento productivo total.....	52
6.	Misión del mantenimiento productivo total.....	54
7.	Obstáculos en la búsqueda de eficiencia del equipo	56
8.	Objetivos del mantenimiento productivo total	57
9.	Mantenimiento planeado	59
10.	Empaque <i>Doy Pack</i>	77
11.	Proceso de envasado <i>Doy Pack</i>	78
12.	Dimensiones para la instalación de llenadora	79
13.	Dosificador	80
14.	Bomba neumática dosificadora	81
15.	Empalmador de bobina fase 1.....	83
16.	Empalmador de bobina fase 2.....	83
17.	Empalmador de bobina fase 3.....	84
18.	Tensor <i>film</i>	84
19.	Arrastre desbobinador.....	85
20.	Perforador de fondo	86
21.	Ángulo para afilar el perforador de fondo	86
22.	Rodillo desbobinador	87
23.	Esquema soldadura vertical	88

24.	Soldadura vertical.....	88
25.	Esquema enfriador vertical	89
26.	Enfriador vertical.....	90
27.	Soldador <i>Doy Pack</i>	91
28.	Enfriador <i>Doy Pack</i>	92
29.	Codificador neumático	93
30.	Muesca desgarre	93
31.	Matriz <i>corner</i>	94
32.	Tijeras.....	95
33.	Esquema aplicador <i>corner valve</i>	96
34.	Aplicador <i>corner valve</i>	96
35.	Alimentador <i>corner valve</i>	97
36.	Esquema soldador de válvula.....	98
37.	Soldador de válvula	98
38.	Esquema funcionamiento de ventosas	99
39.	Accionamiento de embudos.....	100
40.	Estriado	100
41.	Esquema soldadura superior	101
42.	Soldadura superior	101
43.	Pinzas fijas	102
44.	Ajustes de pinzas fijas	102

TABLAS

I.	Coefficientes de fricción de grasas	16
II.	Aplicación de las viscosidades.....	17
III.	Grados NGLI de grasa según Norma ASTM D217	18
IV.	Desarrollo del mantenimiento productivo total	60
V.	Distribución de la responsabilidad del mantenimiento.....	66

VI.	Cronograma mantenimiento preventivo.....	110
VII.	Cronograma final del mantenimiento preventivo.....	112

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HD	Aditivo detergente
HT	Alta temperatura
Al	Aluminio
LT	Baja temperatura
Ba	Bario
Hp	Caballos de Fuerza (<i>Horse Power</i>)
cm	Centímetro
cSt	Centistokes
EP	Extrema presión
TQM	Gestión de Calidad Total
°C	Grados Celsius
EM	Grasa anti-engrane

SHC	Hidrocarburo sintetizado
IV	Índice de Viscosidad
kg	Kilogramo
Li	Litio
TPM	Mantenimiento Productivo Total
MT	Media temperatura
mm	Milímetro
CFM	Pies cúbicos por minuto
TAN	Resistencia a la Oxidación
s	Segundo
Na	Sodio
PTFE	Teflón

GLOSARIO

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Bentonita	Arcilla de grano muy fino utilizada en cerámicas.
Crispa	Acción de generar contracciones repentinas.
Densidad relativa	Comparación de una densidad en relación con otra tomando como referencia la densidad del agua.
Doy Pack	Empaque flexible formado por una lámina de metal termosoldable.
Escala de Mohs	Relación de diez materiales ordenados según su dureza.
Espectroscopia	Estudio de la relación entre la radiación electromagnética y la materia.
Ester	Compuesto orgánico formado por carbono y oxígeno.
Husillo	Tornillo de gran diámetro utilizado para accionar elementos de apriete.
JIPM	Instituto Japonés de Plan de Mantenimiento.

NLGI	Instituto Nacional de Lubricantes y Grasas.
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
Sedimentar	Proceso en el cual un material solido se deposita.
Silicona	Polímero inodoro e incoloro hecho de silicio.
VOSO	Ver, oír, sentir, oler.

RESUMEN

Para poder ser competitivos en el mercado mundial es necesario contar con una buena gestión del mantenimiento en la industria hoy en día. La productividad se puede mejorar y optimizar con la organización y aplicación de los métodos planeados para desarrollar el mantenimiento de la maquinaria, con la maquinaria trabajando en forma eficiente se puede garantizar la calidad del producto y también la flexibilidad de las líneas de producción que es muy importante para satisfacer las necesidades del mercado mundial.

El mantenimiento es entonces una de las principales actividades a la cual se deben centrar conjuntamente los esfuerzos del personal operativo y el personal de mantenimiento, para que la máquina brinde los servicios de calidad para la cual fue diseñada.

Se define el Plan de mantenimiento del equipo *Doy Pack*, como el resumen de las actividades necesarias para mantener la llenadora en sus óptimas condiciones, el mismo está conformado por las actividades recomendadas por el fabricante y principalmente por las actividades propuestas por el gerente de Mantenimiento, conjuntamente con su personal operativo y con el paso del tiempo se van haciendo ajustes y mejoras al plan y así lograr óptimo desempeño esperado tanto por el departamento de calidad, producción y por el cliente.

OBJETIVOS

General

Implementar un Plan de mantenimiento preventivo para la llenadora horizontal *Doy Pack*.

Específicos

1. Proveer un historial que documente las actividades correctivas realizadas en la llenadora.
2. Proveer un documento de referencia para el área de Mantenimiento en cuanto al funcionamiento y estructura de la llenadora.
3. Establecer un orden relacionado con la importancia de los elementos de la llenadora.
4. Determinar el mantenimiento preventivo cronológico para cada parte de la llenadora.
5. Establecer las actividades a realizar en cada mantenimiento preventivo correspondiente a cada elemento que estructura la llenadora.

INTRODUCCIÓN

En el último siglo la industria ha tenido una evolución significativa en lo relacionado a los embalajes o empaques para cuidado y transporte de productos, principalmente en la industria alimenticia que es una de las más importantes en el mercado mundial. A finales de los años 60's se desarrolló un empaque conocido hoy en día como *Doy Pack*, (empaque flexible formado por una lámina de material termosoldable), que es la opción más favorable para productos líquidos y semilíquidos, ya que posee las características de ser un empaque auto sostenible, (permanece parado), aparte de ofrecer una serie de características al producto como: alta barrera al oxígeno y la humedad, alta resistencia a la luz, alta resistencia química para el envasado. Siendo este empaque muy económico, vistoso al mismo tiempo de ser una solución eficiente entorno ambiental debido a sus aplicaciones en el reciclaje del mismo.

Para la aplicación de este material se necesita de maquinaria especial que provea el llenado, sellado y empaqueo del producto cumpliendo con las características del fabricante y la demanda del cliente. En este estudio esta máquina es catalogada como horizontal por su geometría en cuanto al proceso que realiza, para su funcionamiento. El sistema que realiza el llenado y sellado está conformado por un sistema mecánico con asistencia eléctrica y neumática, que necesita un mantenimiento para su óptimo desempeño, por el anterior motivo el presente documentara la planificación desglosada de la implementación de un Plan de mantenimiento preventivo para evitar fallas en el sistema y paros no deseados en la misma, para obtener el óptimo desempeño de la maquinaria y cumplir con los estándares de producción y la demanda del mercado mundial.

1. MANTENIMIENTO DE EQUIPO

El desempeño del Departamento de Mantenimiento está relacionado estrechamente con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador y principalmente mantener en óptimas condiciones la maquinaria, herramienta, y el equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y provee de seguridad evitando los riesgos en el área laboral.

El mantenimiento surge de la necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo con el objetivo de mejorar la disponibilidad de los equipos productores.

Así también la necesidad de reducir los costos propios del mantenimiento genera la necesidad de introducir controles adecuados de costos.

Aparte de reducir los costos la exigencia hoy en día para el Departamento de Mantenimiento radica en la calidad del producto, el cambio rápido de producto y la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas a la gestión tanto técnica como económica del mantenimiento.

1.1 Plan de mantenimiento de equipo

El Plan de mantenimiento de equipo, es un planteamiento organizado de actividades a realizar cronológicamente para mantener en óptimas condiciones el equipo necesario para la producción de bienes o servicios.

1.1.1. Tipos de servicio (lubricantes)

El servicio en este texto hace referencia a la actividad realizada para mantener en su correcto funcionamiento cualquier maquinaria y sus mecanismos, existen varios tipos de servicio pero el principal es la lubricación, este es el más repetitivo en intervalos hechos en función del tiempo de uso de la maquinaria, la lubricación es de vital importancia y debe ser ejecutada eficientemente.

La lubricación es un proceso realizado para evitar el desgaste producido por el rozamiento entre dos superficies que tienen movimiento relativo entre sí, siendo el lubricante el intermediario entre las partes móviles que ayuda a soportar la carga entre las dos superficies en movimiento.

Como se menciona, la lubricación es una parte esencial de los mecanismos que permiten el correcto funcionamiento de los diferentes equipos mecánicos, y es de vital importancia velar que siempre exista la película de lubricante en las partes móviles ya que la falta del mismo aumenta el roce y el desgaste de las partes mecánicas la cual genera calor y fallo general de los equipos.

Para el desgaste en los mecanismos es necesario utilizar un lubricante, que brinde las propiedades que se necesitan, por ejemplo temperaturas, presiones extremas, etc.

Los tres tipos de lubricación son:

- Sólido
- Semisólido y líquido
- Gaseoso

1.1.1.1. Lubricantes sólidos

Estos son utilizados cuando las partes móviles funcionan a temperaturas altas y cuando existen presiones demasiado extremas. Entre los más conocidos están:

- El talco: en la escala de Mohs se designa como el número 1, tiene una densidad relativa de 2,7 su color puede variar entre verde manzana, gris, blanco y plateado y brilla con un lustre entre perlado y graso.
- Grafito: el grafito tiene una densidad entre 2,1 y 2,2 gramo sobre centímetro cúbico, al ser muy blando y de color negro o gris mancha cualquier cosa que tenga contacto con él y tiene tacto graso o escurridizo.

1.1.1.2. Lubricantes semisólidos y líquidos

Esta clasificación de lubricantes tiene raíz en las diferentes necesidades de evitar el desgaste en las piezas móviles de los mecanismos, cuando las holguras son demasiado pequeñas con las distintas velocidades de operación, con las diferentes temperaturas y con las condiciones de medio ambiente.

Los diferentes tipos de grasa tienen su razón de existir por los diferentes factores de operación a los que son sometidos los equipos mecánicos, y el no saber elegir el lubricante apropiado es tan peligroso y dañino como dejar sin lubricante al mecanismo.

Muchos de los problemas que existen y pérdidas en tiempo y dinero son por no poner la debida atención al elegir el lubricante, de ahí la importancia en la elección del mismo.

Las grasas se emplean en mecanismos bajo condiciones normales de temperatura y velocidad, a diferencia de los aceites que están diseñados para condiciones más extremas, entre las principales ventajas de las grasas sobre los aceites se menciona que la instalación es más sencilla y proporciona protección contra humedad e impurezas. Generalmente las grasas son utilizadas en cojinetes, guías, levas, y correderas.

La lubricación con aceite es utilizada cuando las condiciones de operación son más exigentes y el principal objetivo es la necesidad de evacuar calor. Los aceites son utilizados en motores de combustión interna, compresores, reductores, moto-reductores, cajas de engranajes, sistemas de transferencia de calor, cojinetes a altas velocidades y como fluidos hidráulicos para transmitir presión.

El principio de las grasas fue en 1872. Desde el comienzo las grasas se fabricaron de jabones cálcicos y líticos. En 1940 se fabricaron las grasas líticas, y diez años después se lanzaron las grasas de jabón compuesto de aluminio.

La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente que brinda grosor y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa. Las grasas comunes, generalmente son aceites que contienen jabones como agentes que le dan volumen.

El tipo de jabón depende de las condiciones de operación que se tengan y de las propiedades a las que debe de trabajar el producto.

La propiedad más importante que debe tener la grasa es la de ser capaz de separar lo suficiente los mecanismos para evitar el contacto entre sí. Existen grasas en donde el espesante no es jabón sino productos, como arcillas de bentonita. El espesor o consistencia de una grasa depende de la cantidad de espesante que posea, puede estar entre un 5% y un 35% por peso.

El espesante es el que le brinda propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellar y de resistir altas temperaturas sin modificar sus propiedades ni descomponerse.

Propiedades y componentes de las grasas

Viscosidad

La propiedad más importante y la primera en observarse en los líquidos es la viscosidad. Es la medida con que fluye un líquido al ponerse en movimiento. En la industria la viscosidad tiene un papel muy importante y vital en el desempeño de los mecanismos con movimiento. Es un dato principal en el proceso de fabricación y en la inspección del proceso acabado; en el empleo de la lubricación por aceite, la viscosidad es muy importante al seleccionar el lubricante.

La viscosidad se especifica en milímetro cuadrado sobre segundo, aunque también se indica algunas veces en cSt. Normalmente se indica para 40 y 100 grados Celsius, aunque en ciertos casos se pueden usar temperaturas de 37, 50 y 98 grados Celsius.

Estabilidad mecánica

Es la tendencia del lubricante para mantenerse en su viscosidad no importando la variación de las condiciones a que encuentre. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados.

Miscibilidad

Es la propiedad de las grasas de mezclarse sin deteriorar sus propiedades. Es muy importante tener cuidado de no usar grasa diferente a la establecida originalmente en el mecanismo. De hecho hay tipos de grasas que no son compatibles; si dos de estas grasas se mezclan, la mezcla resultante tiene normalmente una consistencia más blanda que puede causar la pérdida de grasa y fallo en la película lubricante.

Bases y jabones

El aceite base lubricante es el mayor constituyente de una grasa (76-96%), por lo que influye mucho en las características y el comportamiento de la grasa. Al elegir una grasa, primero se debe escoger el aceite base ya que es el componente de la grasa que realizará la labor de lubricación.

Entre las principales bases están:

Bases Parafínicas

Son relativamente estables a altas temperaturas, pero por el alto contenido de parafinas que poseen, no funciona satisfactoriamente a bajas temperaturas. Las mismas dentro de aceite, forman partes sólidas que en ciertas maquinarias diseñadas solo para aceite, pueden tapar los conductos de lubricación.

Bases Nafténicas

Es una base lubricante que determina la mayor parte de las características de la grasa, tales como: viscosidad, índice de viscosidad (I.V), resistencia a la oxidación (TAN) y punto de fluidez. Frecuentemente contienen una elevada proporción de asfalto; a altas temperaturas son menos estables que las parafínicas. Generalmente no deben usarse temperaturas por encima de los 65 grados Celsius.

Índice de Viscosidad (IV): el índice de viscosidad es un número que refleja cuánto podrá variar la viscosidad del lubricante ante los cambios de temperatura, correspondiendo los mayores valores a aquellos aceites que presentan menor variación.

Resistencia a la Oxidación (TAN): característica de los materiales para mantener inalterables en el tiempo sus características internas y externas cuando están expuestos a ambientes oxidantes.

Punto de Fluidez: es la temperatura más baja en la que un fluido sigue siendo líquido vertible, es decir todavía se sigue comportando como un fluido.

Saponificación

Es un proceso por medio del cual una grasa (o algún otro compuesto de un ácido con alcohol) reacciona con un ÁLCALI (compuesto que neutraliza la acidez de la grasa), para formar un jabón, glicerina u otro alcohol.

Las propiedades de los jabones dependen de los ácidos grasos y de las bases metálicas utilizadas en la saponificación.

Las bases metálicas son las que dan las características que se quieren mejorar en la grasa. Así, las de calcio, aluminio y litio imparten buena resistencia a la acción del agua y a la humedad, mientras que las de sodio permiten soportar altas temperaturas. Las deficiencias que puedan tener las grasas se pueden modificar mediante la adición de aditivos.

Espesantes

El agente espesante proporciona una red tridimensional, similar a la estructura de una esponja que retiene el lubricante en sus poros. La función de dicho espesante es actuar de manera permeable a modo de depósito de aceite, permitiendo la liberación de este para lubricar la zona requerida durante el funcionamiento.

Tipos de grasas según el aditivo empleado

Grasas de grado alimenticio

La grasa de grado alimenticio es una grasa muy fina de color blanco que puede tener contacto con mecanismos de directa manipulación con los alimentos y estos no son dañinos al consumidor, esta grasa se puede utilizar desde -25 hasta 230 grados Celsius. Esta grasa es utilizada en mecanismos como: rodamientos por balines o deslizamiento, rodillos, agujas y levas. Tiene una excelente resistencia al agua.

Grasa cálcica

Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso, y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1-3% de agua. En otras condiciones el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en mecanismos cuya temperatura sea mayor a 60 grados Celsius.

Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60 grados Celsius. Algunas grasas de jabón calcio-plomo también ofrecen buena protección contra el agua salada, y por ello se utilizan en ambientes marinos.

No obstante, existen otras grasas cálcicas estabilizadas por otros medios distintos del agua; éstas se pueden emplear a temperaturas de hasta 120 grados Celsius; por ejemplo, grasas cálcicas compuestas.

Grasas sódicas

Las grasas sódicas se pueden emplear en una mayor gama de temperaturas que las cálcicas. Tienen buenas propiedades de adherencia y obturación. Las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la oxidación, ya que absorben el agua, aunque su poder lubricante decrece considerablemente por ello. En la actualidad se utilizan grasas sintéticas para alta temperatura del tipo sodio, capaces de soportar temperaturas de hasta 120 grados Celsius.

Grasas líticas

Las grasas líticas tienen normalmente una estructura parecida a las cálcicas; suaves y mantecosas. Tienen también las propiedades positivas de las cálcicas y sódicas, pero no las negativas. Su capacidad de adherencia a las superficies metálicas es buena. Su estabilidad a alta temperatura es excelente, y la mayoría de las grasas líticas se pueden utilizar en una gama de temperaturas más amplia que las sódicas.

Las grasas líticas son muy poco solubles en agua; las que contienen adición de jabón de plomo, lubrican relativamente, aunque estén mezcladas con mucha agua. No obstante, cuando esto sucede, están de alguna manera emulsionada, por lo que en estas condiciones sólo se deberían utilizar si la temperatura es demasiado alta para grasas de jabón de calcio-plomo, esto es, 60 grados Celsius.

Grasas de jabón compuesto

Este término se emplea para grasas que contienen una sal, así como un jabón metálico, usualmente del mismo metal. Las grasas de jabón de calcio compuesto son las más comunes de este tipo, y el principal ingrediente es el acetato cálcico. Otros ejemplos son compuestos de Li (litio), Na (sodio), Ba (bario), y Al (aluminio). Las grasas de jabón compuesto soportan mayores temperaturas que las correspondientes grasas convencionales.

Grasas espesadas con sustancias inorgánicas

En lugar de jabón metálico se pueden emplear distintas sustancias inorgánicas como espesantes, por ejemplo, bentonita y gel de sílice. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorben las moléculas de aceite. Las grasas de este grupo son estables a altas temperaturas y son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura; son también resistentes al agua. No obstante, sus propiedades lubricantes decrecen a temperaturas normales.

Grasa sintética

En este grupo se incluyen las grasas basadas en aceites sintéticos, tales como aceites ésteres y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Las grasas sintéticas tienen por ello un mayor campo de aplicación. Se emplean distintos espesantes, tales como jabón de litio, bentonita y PTFE (teflón).

La mayoría de las calidades están de acuerdo a determinadas normas de pruebas militares, normalmente las Normas American MIL para aplicaciones y equipos avanzados, tales como dispositivos de control e instrumentación en aeronaves, robots y satélites.

Grasas para bajas temperaturas (LT)

Tiene una composición tal que ofrecen poca resistencia, especialmente en el arranque, incluso a temperaturas tan bajas como -50 grados Celsius. La viscosidad de estas grasas es pequeña, de unos 15 milímetro cuadrado sobre segundo a 40 grados Celsius. La consistencia es normalmente 0 o 2 según la escala NLGI.

Grasas para temperaturas medias (MT)

Las llamadas grasas multiuso están en este grupo. Se recomiendan para equipos con temperaturas de -30 a +110 grados Celsius; por esto, se puede utilizar en la gran mayoría de los casos.

La viscosidad del aceite base debe estar entre 75 y 220 milímetro cuadrado sobre segundo a 40 grados Celsius. La consistencia es normalmente 2 o 3 según la escala NLGI.

Grasas para altas temperaturas (HT)

Estas grasas permiten temperaturas de hasta +150 grados Celsius. Contienen aditivos que mejoran la estabilidad a la oxidación. La viscosidad del aceite base es normalmente de unos 110 milímetro cuadrado sobre segundo a 40 grados Celsius, no debiéndose exceder mucho ese valor, ya que la grasas se

puede volver relativamente rígida a temperatura de ambiente y provocar aumento del par de rozamiento. Su consistencia es 3 según la escala NLGI.

Grasas extrema presión (EP)

Normalmente una grasa EP contiene compuestos de azufre, cloro o fósforo y en algunos casos ciertos jabones de plomo. Con ello se obtiene una mayor resistencia de película, esto es, aumenta la capacidad de carga de la película lubricante. Tales aditivos son necesarios en las grasas para velocidades muy lentas y para elementos medianos y grandes sometidos a grandes tensiones.

Funcionan de manera que cuando se alcanzan temperaturas suficientemente altas en el exterior de las superficies metálicas, se produce una reacción química en esos puntos que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es de unos 175 milímetro cuadrado sobre segundo (máx. 200 milímetro cuadrado sobre segundo) a 40 grados Celsius, la consistencia suele corresponder a NLGI 2. En general, las grasas EP no se deben emplear a temperaturas menores de -30 y mayores de +110 grados Celsius.

Grasas anti engrane (EM)

Las grasas con designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS_2), y proporcionan una película más resistente que los aditivos EP. Son conocidas como las anti engrane. También se emplean otros lubricantes sólidos, tales como el grafito.

Aditivos para las grasas

Son elementos mejoradores de las propiedades de los lubricantes que se agregan según la necesidad a la cual trabaja el mecanismo.

Aditivos antidesgaste

Son elementos que mejoran la protección que la propia grasa ofrece. Es especialmente importante que el equipo en contacto esté bien protegido contra la oxidación si funciona en ambientes húmedos.

Antioxidantes

Son elementos que retrasan la descomposición del aceite base a alta temperatura. Esto da lugar a mayores intervalos de lubricación, manteniendo bajos los costos.

Aditivos EP (extrema presión)

Son los elementos que aumentan la capacidad de carga del lubricante, por ejemplo jabones de plomo, compuestos de azufre, cloro y fósforo.

Estabilizadores

Hacen posible el espesado de aceite base con jabones con los que no forma compuestos fácilmente. Generalmente, sólo se precisa poca cantidad, por ejemplo, la grasa cálcica tiene un 1 a 3% de agua como estabilizador.

Pruebas realizadas a las grasas

Prueba Almen

Una varilla cilíndrica gira dentro de un casquillo abierto, el cual se presiona contra la varilla. Se añaden pesos de 0,9 Kilogramo, en intervalos de 10 segundos y se registra la relación existente entre la carga y la iniciación del rayado.

Prueba Timken

Se presiona un anillo cilíndrico, que gira, sobre un bloque de acero durante 10 minutos y se registra la máxima presión de iniciación del gripado.

Prueba SAE

Se hacen girar dos rodillos a diferentes velocidades y en el mismo sentido. La carga se aumenta gradualmente hasta que se registre el fallo. En este caso hay combinación de rodamiento y deslizamiento.

Prueba Fálex

Se hace girar una varilla cilíndrica entre dos bloques de material duro y en forma de V, que se presionan constantemente contra la varilla, con una intensidad que aumenta automáticamente. La carga y el par totales se registran en los calibradores.

Punto de goteo

Es la temperatura a la cual la grasa pasa de su estado sólido a líquido. La prueba se realiza aumentando la temperatura de la grasa hasta que se empiece a cambiar de estado, en ese momento se toma la temperatura y se define su punto de goteo.

Coeficientes de fricción de algunas grasas

Tabla I. **Coeficientes de fricción de grasas**

Tipo de Jabón	Coeficiente a 38°C
Aceite Base	0,040
Grasa Compleja	0,034
Grasa-Ca	0,022
Grasa-Na	0,012
Grasa-Li	0,008

Fuente:http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf.

Consulta: diciembre de 2011.

Tabla II. **Aplicación de las viscosidades**

Viscosidad a 40°C	Ejemplo de Aplicación	Carga	Resistencia al Agua	Velocidad	Separación del Aceite
22 cSt	Husillos de alta velocidad	Baja		Alta	Alta
		↓	↓	↑	↑
100 cSt	Motores Eléctricos				
150 cSt	Rodamientos de las Ruedas				
220 cSt	Laminación de Acero				
460 cSt	Máquinas de Papel	↓	↓	↓	↓
1 500 cSt	Acoplamientos de Carga Pesada	Alta	Muy Buena	Baja	Baja

Fuente: http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf.

Consulta: diciembre de 2011.

Tabla III. **Grados NGLI de grasa según Norma ASTM D 217**

Grado NGLI	Penetración a 25°C (mm)	Aplicaciones
000(liquida)	445-475	Engranajes
00(liquida)	400-430	Engranajes
0(semifluida)	355-385	Cojinetes (centralizados)
1(semifluida)	310-340	Cojinetes (centralizados)
2(blanda)	265-295	Cojinetes
3(regular)	220-250	Cojinetes
4(semidura)	175-205	Cojinetes Lisos
5(dura)	130-160	Cojinetes grasa en briquetas
6(extra-dura)	85-115	Cojinetes grasa en briquetas

Fuente:http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf.

Consulta: diciembre de 2011.

Aceites lubricantes

Están constituidos por moléculas de carbono complejas, de composición química, así también de aceites orgánicos y aceites minerales. En el pasado, era frecuente usar designaciones tales como aceite de husillos, aceite de máquinas, etc. Quizás todavía se oyen esos términos, pero tienden a desaparecer como designaciones comerciales. Incluso los nombres que indican la composición química de los aceites, ya no se emplean más.

Hoy los productos aparecen como aceites lubricantes, y se pueden clasificar como aceites minerales, sintéticos, animales o vegetales. Cuando se habla de las ventajas de la nueva generación de lubricantes siempre se hace mención a los lubricantes sintéticos y a lo similar que es su desempeño con ellos.

Aunque los lubricantes sintéticos han estado en uso en la industria durante más de 5 décadas, hay aún una gran confusión acerca de ellos y los beneficios del valor agregado en aplicaciones industriales.

En muchas aplicaciones el uso de los lubricantes sintéticos reduce los costos de operación y mantenimiento, ahorra energía y proporciona una mayor protección a los sistemas.

Clasificación de los aceites según su base

Aceites orgánicos

Su origen es de animales y vegetales. Cuando aún no se conocía el petróleo, eran los únicos utilizados; hoy en día se emplean mezclados con los aceites minerales impartiendo ciertas propiedades tales como adherencia y pegajosidad a las superficies. Estos aceites se descomponen fácilmente con el calor y a temperaturas bajas se oxidan formando gomas, dificultando su desempeño en la lubricación.

Aceites minerales

Son derivados del petróleo cuya estructura se compone de moléculas complejas que contienen entre 20 y 70 átomos de carbono por molécula. Un aceite mineral está constituido por una base lubricante y un paquete de aditivos químicos, que ayudan a mejorar las propiedades ya existentes en la base lubricante o le confieren nuevas características. Los aceites minerales puros no tienen compuestos inestables, que podrían tener un efecto significativo sobre su duración: por ejemplo, nitrógeno, oxígeno y compuestos de azufre y ácidos.

Aceites sintéticos

El término hidrocarburo sintetizado (SHC), y lubricantes sintéticos, son utilizados igualmente para describir una familia de aceites y grasas sintéticos que incluyen aceites circulantes, aceites de engranes, aceites hidráulicos, grasas y aceites de compresores.

Estos lubricantes son utilizados en una gran variedad de aplicaciones industriales. Por definición, un lubricante sintético es un lubricante diseñado y elaborado para servir mejor a los propósitos previamente reservados para productos extraídos directamente del petróleo.

Diésteres

Los diésteres tienen poca viscosidad. Tienen excelentes propiedades de temperatura de -60 a +120 grados Celsius y, con aditivos adecuados, que ofrecen buena protección contra la corrosión.

Aceites de silicona

Los aceites de silicona poseen una gama adecuada de temperatura es -70 a + 200 grados Celsius. No obstante, las propiedades de estos aceites en cuanto a la protección contra la corrosión, son limitadas. Los aceites de flúor-silicona tienen mejores propiedades que los demás.

Aceites fluorados

Tienen buena estabilidad a la oxidación y buenas propiedades EP, y son apropiados para temperaturas de hasta +250 grados Celsius. Su alto precio ha restringido hasta ahora su demanda.

Aceite poliglicol

Estos aceites forman un grupo que está creciendo en interés, principalmente para equipos a lubricar con temperaturas de funcionamiento a más de +90 grados Celsius. Su estabilidad a la oxidación es buena. Han llegado a durar hasta 10 veces más que sus correspondientes aceites minerales. Los aceites de poliglicol no espesan ni forman depósitos de coque. Su densidad es mayor que 1, por lo que el agua libre flota sobre el aceite. No obstante, con fuerte agitación forman dispersión (una mezcla).

Hidrocarburos sintéticos (aceites SHC)

La viscosidad de estos aceites es relativamente independiente de temperatura. Se pueden usar de -50 a +160 grados Celsius.

Aditivos de aceite

Debido a la diversidad de lugares de aplicación de los aceites, estos necesitan aditivos que mejoran sus propiedades. Los aceites lubricantes contienen normalmente aditivos de varios tipos. Los más comunes son los agentes antioxidantes, los protectores contra la corrosión, los aditivos antiespumantes, los aditivos anti desgaste y los aditivos EP.

Antioxidantes

Los aceites expuestos a altas temperaturas y en contacto con el aire se oxidan, esto significa que se forman compuestos químicos que pueden incrementar la viscosidad del aceite y causar corrosión. Los antioxidantes mejoran la estabilidad a la oxidación del aceite de 10 a 150 veces. No obstante, el efecto inhibitor que se puede conseguir con un aceite lubricante, es relativamente limitado.

Aditivos protectores contra la corrosión

En principio, hay dos tipos de aditivos que ofrecen protección contra la corrosión: aditivos solubles en agua (por ejemplo, nítrico sódico), y aditivos solubles en aceite. Estos últimos pueden ser de varios tipos de jabones de plomo o lo más actual, agentes basados en zinc.

Aditivos antiespumantes

La espuma en los lubricantes es señal de deterioro del mismo, si el aceite forma espuma, decrece la capacidad de carga de la película; si forma mucha espuma puede llegar a rebosar y producirse pérdidas. El efecto antiespumante, es decir, la acción de humedecer la espuma, se obtiene añadiendo pequeñas cantidades de silicona fluida.

Los aditivos que atenúan la espuma hacen que las burbujas rompan cuando alcanzan la superficie del baño de aceite.

Aditivos con un efecto polar

Las grasas animales y vegetales, los ácidos grasos y ésteres, tienen un efecto polar que hace a las moléculas tomar una orientación perpendicular a pequeñas adiciones de estas sustancias hacen que mejore la capacidad de absorción de presión que disminuya el rozamiento a temperaturas de hasta unos 100 grados Celsius máximo.

Aditivos EP activos

No se conoce en detalle cómo trabajan, pero, después de reacciones intermedias, se obtiene finalmente una combinación química con la superficie metálica. Los compuestos fosfuros, cloruros y sulfuros, tienen mucha menor resistencia que el metal y pueden cizallarse fácilmente.

El aditivo de cloro es activo de 150 a 400 grados Celsius, el de azufre entre aproximadamente 250 y 800 grados Celsius, mientras que los de fósforo reaccionan a temperaturas menores. Estas temperaturas están muy localizadas y limitadas en un tiempo de una diezmilésima de segundo en el que dos zonas metálicas están en contacto.

Aditivos sólidos

Los aditivos sólidos, como el bisulfuro de molibdeno, pueden también mejorar las propiedades lubricantes. El tamaño de las partículas debe ser de unas 0,2 micras, pudiendo así permanecer en suspensión en el aceite. Las partículas mayores o menores que éstas, se sedimentarán. Cuando hay que filtrar un aceite que contiene aditivos sólidos, el tamaño de los poros debe ser al menos de 20 a 30 micras, ya que de otra forma el descenso de presión en el sistema será innecesariamente grande.

Aditivos detergentes HD

Los aditivos detergentes fueron introducidos en los años 70 para los aceites de automóviles. Tienen la particularidad de limpiar el motor o mecanismo de los depósitos de carbón.

Calidad de los aceites

La calidad de los aceites viene dada por ciertas condiciones de prestación y su perduración en el tiempo durante su uso. A continuación, se nombran algunos factores a tener en cuenta.

Viscosidad

Esta prueba se realiza con un instrumento llamado viscosímetro, consiste en un baño de aceite a temperatura de 100 grados Celsius (Norma SAE) y en su interior se encuentra ubicado un bulbo capilar con el aceite en prueba, se toma el tiempo que tarda el aceite en subir desde un nivel inicial hasta un nivel final en el bulbo y se multiplica por una constante, el resultado numérico de esta prueba para la viscosidad en centistokes (cSt).

Índice de Viscosidad (IV)

Esta prueba se lleva a cabo sometiendo el aceite de estudio a variaciones de temperatura. Cuando la viscosidad de este aceite varía muy poco se le asigna por lo tanto un IV comprendido entre 0 y 100.

Punto de chispa

Es la temperatura a la cual se forman gases suficientes para realizar una combustión. La prueba consiste en colocar el aceite en un recipiente dotado con una resistencia para aumentarle la temperatura, luego este aceite es colocado en contacto directo con una llama, en el momento en que el producto trata de encenderse este es llamado punto de chispa.

Se sigue calentando el aceite y nuevamente se pone en contacto con la llama y en el instante que este haga combustión, es el punto de inflamación.

Prueba de humedad

Para verificar que el producto no tiene humedad, factor muy importante en cualquier lubricante, la mayoría de empresas acostumbran a realizar una prueba de humedad muy sencilla, que consiste en poner a calentar al rojo vivo un metal, y luego se deja caer sobre este una gota de aceite.

Si crispa, el aceite presenta humedad, si por el contrario el aceite no presenta este fenómeno, está completamente libre de humedad.

Punto de fluidez

Es la temperatura más baja a la cual el aceite lubricante aún es un fluido. Indica las limitaciones de fluidez que tiene el aceite a bajas temperaturas, en el momento en que el producto trata de cambiar de estado, esa temperatura es el punto de fluidez.

Prueba de corrosión

Cuando el aceite es expuesto a la acción del agua, esta puede disolver los inhibidores de la oxidación dando origen a la formación de ácidos orgánicos, los pueden originar el deterioro en las piezas lubricadas. La prueba llamada también (lámina de cobre), consiste en colocar una lámina de cobre en un recipiente lleno de aceite a una temperatura de 105 grados Celsius, dejándola allí por espacio de cuatro días, dependiendo del color que tome la lámina se medirá el grado de corrosión del producto; lo ideal es que la lámina no cambie de color, es decir, que el aceite presente cero corrosión.

1.1.1.3. Lubricante gaseoso

El lubricante gaseoso utilizado es una corriente de aire a presión que separa dos superficies en movimiento.

1.1.2. Ajustes

Se le llama ajuste a la relación mecánica existente entre dos piezas que pertenecen a una máquina o equipo industrial, cuando una de ellas encaja o se acopla en la otra. Hay varios tipos de ajuste de componentes, según cómo funcione una pieza respecto de otra. Los tipos de ajuste más comunes son los siguientes:

- Forzado muy duro
- Forzado duro
- Forzado medio
- Forzado ligero
- Deslizante
- Giratorio
- Holgado medio
- Muy holgado

Ajuste forzado

Se entiende por ajuste forzado en los diferentes grados que existen cuando una pieza se inserta en la otra mediante presión y que durante el funcionamiento futuro en la máquina, donde esté montada, no tiene que sufrir ninguna movilidad o giro.

Ajuste deslizante

Por ajuste deslizante o giratorio se entiende que una pieza se va a mover cuando esté insertada en la otra de forma suave, sin apenas holgura.

Ajuste holgado

Es que una pieza se va a mover con respecto a la otra de forma totalmente libre.

- En el ajuste forzado muy duro el acoplamiento de las piezas se produce por dilatación o contracción, y las piezas no necesitan ningún seguro contra la rotación de una con respecto a la otra.
- En el ajuste forzado duro las piezas son montadas o desmontadas a presión pero necesitan un seguro contra giro, chaveta por ejemplo, que no permita el giro de una con respecto a la otra.
- En el ajuste forzado las piezas se montan y desmontan con gran esfuerzo, y necesitan un seguro contra giro y deslizamiento.
- En el ajuste forzado ligero las piezas se montan y desmontan sin gran esfuerzo, con mazos de madera, por ejemplo y necesitan seguro contra giro y deslizamiento.
- Los ajustes de piezas deslizantes tienen que tener una buena lubricación y su deslizamiento o giro tiene que ser con presión o fuerza manual.
- Las piezas con ajuste giratorio necesitan estar bien lubricadas y pueden girar con cierta holgura.
- Las piezas con ajuste holgado son piezas móviles que giran libremente y pueden estar o no lubricadas.
- Las piezas con ajustes muy holgados son piezas móviles con mucha tolerancia que tienen mucho juego y giran libremente.

1.2. Tipos de mantenimiento

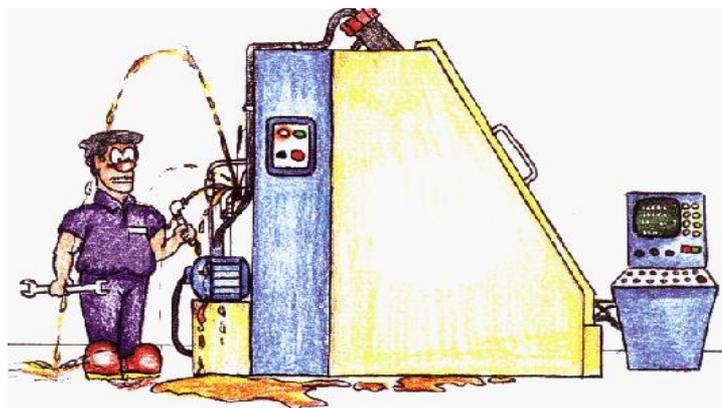
Los principales tipos de mantenimiento desarrollados en la industria son:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento modificativo
- Mantenimiento sistemático
- Mantenimiento predictivo

1.2.1. Correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo y examinar la maquinaria para posibles correcciones futuras que sean necesarias. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

Figura 1. **Mantenimiento correctivo**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 123.

El principal inconveniente que existe en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

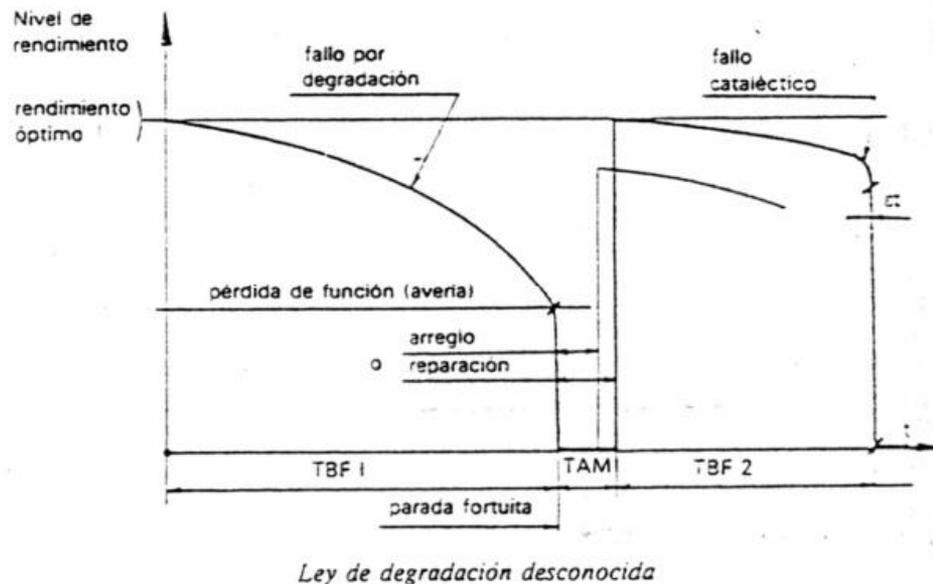
Sus características son:

- Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- Tiene un bajo nivel de organización.
- Se denomina también mantenimiento accidental.

Entonces mantenimiento correctivo es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla ya ocurrida, en éste caso las instalaciones, máquinas o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

A continuación se verá la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.

Figura 2. Diagrama mantenimiento correctivo



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 124.

Procedimiento a seguir ante una falla

- Efectuar un diagnóstico para determinar cuáles fueron los componentes dañados y cuales hay que cambiar.
- Determinar el tiempo estimado de reparación y analizar si se pueden realizar reparaciones de emergencia para que la máquina, equipo o instalaciones, puedan seguir funcionando, a ritmo normal o a un ritmo inferior o disminuido.
- Establecer la cantidad de operarios, medios y herramientas para repararla.
- Gestionar los repuestos si hubiese *stock* en la empresa o de lo contrario activar su compra o construcción.

El objetivo en toda empresa es llegar a disminuir al mínimo las intervenciones de mantenimiento correctivo, puesto que éste se realiza cuando la falla se produjo y generalmente se rompen más componentes que si se hubiera detectado la falla con antelación. Una forma de lograr esto es implementar el mantenimiento preventivo.

Cálculo de costos de mantenimiento correctivo

El costo directo asociado con cada tarea de mantenimiento correctivo, CTMC, está relacionado con el costo de los recursos de mantenimiento necesarios para la conclusión con éxito de la tarea. La expresión general del costo de cada tarea de mantenimiento correctivo tendrá la forma siguiente:

$$CTMC = CDMC + CLC$$

Donde:

CTMC: Costo total de la política de mantenimiento correctivo.

CDMC: Costo directo de mantenimiento correctivo.

CLC: Costo por lucro cesante (ganancia que se deja de obtener por el paro de producción).

A su vez se tiene:

$$CDMC = MODM + CR + CM + CH$$

Donde:

MODM: es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas – hombre de mantenimiento correctivo por el costo unitario de la hora- hombre.

CR: es el costo de repuestos utilizado en el momento de las reparaciones.

CM: representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento.

CH: indica el costo de herramental para mantenimiento. Por otro lado se tiene que los costos por el lucro cesantes obtienen de la siguiente manera:

$$CLC= CO + CI + CDRP$$

Donde:

CLC: costo por lucro cesante (ganancia que se deja de obtener por el paro de producción).

CO: costo de oportunidad por hora, el cual se interpreta como la utilidad que se deja de percibir por no producir piezas. Este costo se estima por hora.

CI: este costo es denominado costo por incumplimiento y representa el valor de la multa que el cliente cobra a la empresa por no suministrar las piezas, las cuales se deben reponer fuera de la línea de producción. El costo se calcula como la mano de obra necesaria para reponer las piezas fuera de la línea. Normalmente este costo asciende a un promedio de por hora de parada crítica (superior a una hora).

CDRP: este término es denominado costo por deterioro de la producción, representa todas las erogaciones debido a materiales inmovilizados, personal en espera, tiempos necesarios para retomar la marcha de la producción, piezas deterioradas, etc.

Mantenimiento modificativo

Con éste nombre se conocen las acciones que lleva a cabo mantenimiento, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos.

Este mantenimiento puede aparecer en tres épocas de la vida de estos componentes:

- La primera oportunidad es cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que, en ocasiones, pueden ser difíciles de solucionar. Se está ante un mantenimiento de proyecto.
- La segunda época en la que puede aparecer es durante su vida útil. Se trata de modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas.

El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.

Por último éste mantenimiento se utiliza cuando una máquina entra en la época de vejez. En ésta ocasión se lo trata de reconstruir para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil. Es en éste momento cuando se introducen todas las mejoras posibles tanto para producción como para mantenimiento.

Este mantenimiento también tiene como objetivo el de realizar una reforma parcial en una máquina, equipo o sistema con el fin de obtener un mejor rendimiento de la misma de acuerdo a los requerimientos del tipo de trabajo que se desea realizar, o bien para obtener un beneficio en la rapidez de reparación.

Cabe destacar que éste tipo de mantenimiento va de la mano con la fiabilidad de las máquinas, ya que cuando se realiza la mejora, se está buscando una máquina más confiable y adaptable a la operación que realiza.

Este tipo de mantenimiento debe ser regulado y adaptado a cada realidad industrial para poder identificar el área de prioridad. Uno de los motivos por el cual no es muy común de encontrar éste tipo de mantenimiento es por los costos y el tiempo que demanda realizar trabajos de ésta naturaleza, ya que al realizarlo se estaría rediseñando de alguna forma la máquina a utilizar, sabiendo la complejidad que esto implica.

1.2.2. Preventivo planeado

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua.

Es decir, el mantenimiento preventivo, se efectúa con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos. Es la intervención de mantenimiento prevista, preparada y programada antes de la fecha probable de aparición de una falla.

En definitiva, se trata de dotar a la organización, de un sistema que le permita detectar y corregir el origen de las posibles fallas técnicas y no reparar las consecuencias de las mismas, una vez que éstas se han producido.

Detección precoz = Corrección preventiva.

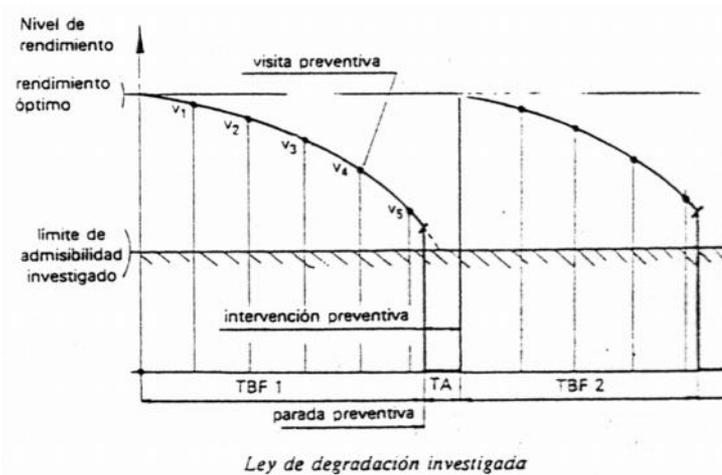
Cualquiera que sea el nivel de mantenimiento preventivo aplicado, siempre existirán fallas residuales de carácter aleatorio. Y en forma general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima en cuanto a las relaciones humanas, porque se sabe que cuando sucede algún problema, se crea una tensión a nivel de personas.

Se debe implementar una política de mantenimiento preventivo eficaz, es decir, no se puede hacer el preventivo sin un servicio de métodos que cuantificará el costo directo del mantenimiento, que a su vez nos permita:

- La gestión de documentación técnica.
- Preparar intervenciones preventivas.
- Acordar con producción paradas programadas.

Es decir, todas las condiciones necesarias para el mantenimiento preventivo. A continuación se ve la curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas.

Figura 3. **Diagrama mantenimiento preventivo**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 132.

Mantenimiento sistemático

Es el efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo o el número de unidades fabricadas.

Este requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos con los que se está trabajando, es decir, se asegura que existe el conocimiento previo del comportamiento de los materiales.

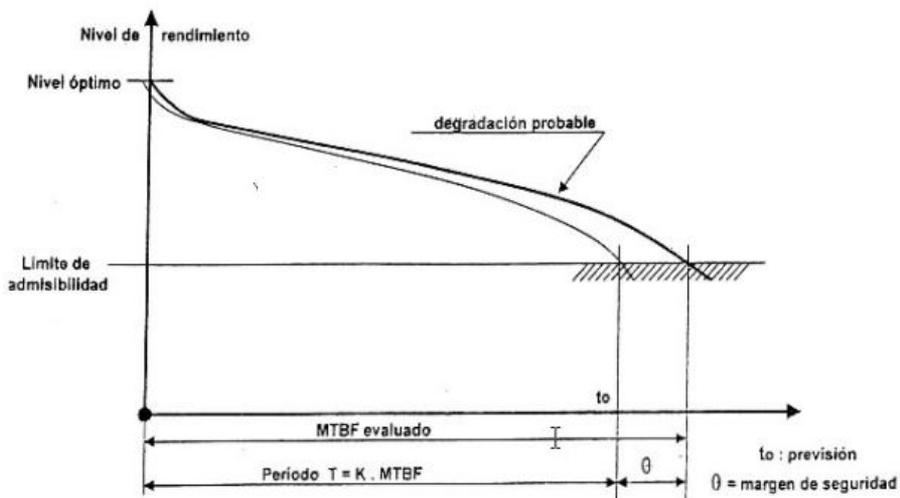
Una herramienta muy valiosa, es el estudio estadístico, el que permite determinar los tiempos óptimos de intervención.

Para poder utilizar datos estadísticos será necesario que transcurra un cierto tiempo, para poder contar con los datos históricos de cada equipo.

De tal modo que el preventivo se retrasa con respecto a la falla y el mantenimiento correctivo toma el lugar del preventivo y neutraliza los posibles beneficios.

Sobre la base de lo expuesto, el mantenimiento preventivo requiere una correcta metodología para determinar su período de intervención.

Figura 4. Diagrama de intervención del mantenimiento



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 133.

Cálculo de costos de la política de mantenimiento sistemático

Estos costos están compuestos por los costos directos de mantenimiento preventivo y por los costos de mantenimiento correctivo.

$$CTPM = CDMP + CMC$$

Donde:

CTMP: costo total de la política de mantenimiento preventivo.

CDMP: costo directo de mantenimiento preventivo.

CMC: costo por mantenimiento correctivo.

A su vez se entiende que:

$$CDMP = MOMP + CR + CM + CH + C (\text{stock}) + CO$$

Donde:

MOMP: es el costo de mano de obra de mantenimiento y surge de multiplicar el total de horas por hombre.

CR: es el costo de los repuestos cambiados.

CM: representa el costo de los materiales e insumos utilizados en mantenimiento preventivo.

CH: indica el costo de herramental para mantenimiento preventivo.

CO: costo de oportunidad por parada para mantenimiento preventivo.

C (stock): es el costo de mantener el inventario de repuestos.

Mantenimiento condicional o predictivo

Este mantenimiento consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento cuya evolución permite detectar un fallo antes de que este tenga consecuencias más graves. En general, el mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante y poder planificarlo.

Una de las características más importantes de este tipo de mantenimiento es que no debe alterar el funcionamiento normal de la planta mientras se está aplicando.

La inspección de los parámetros se puede realizar de forma periódica o de forma continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

Ventajas del mantenimiento predictivo

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente que órgano es el que falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.

- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite la toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Por último garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

Objetivos del mantenimiento predictivo

- Ahora con el mantenimiento predictivo sólo se va a arreglar un equipo cuando se sabe que presenta un fallo y no se interfiere con equipos que funcionan bien.
- Establecer tendencias en el tiempo de los fallos que se empiezan a desarrollar.
- Se puede hacer con precisión, y las operaciones de mantenimiento se pueden planificar de tal manera que coincidan con paros programados de la planta.
- Reducción de los tiempos muertos, de los inventarios, de tiempos extras, de compras de piezas emergentes; lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos principalmente a los departamentos encargados de mantenimiento.

1.2.3. Monitoreo de condición

El objetivo de monitoreo de condición, es conocer la condición de la maquinaria, de tal manera que se pueda determinar su operación de manera segura, eficiente y con economía. Las técnicas de monitoreo están dirigidas a la medición de variables físicas que son indicadores de la condición de la máquina y mediante un análisis, efectuar la comparación con valores normales, para determinar si está en buen estado o en condiciones de deterioro.

Esta estrategia asume que hay características medibles y observables que son indicadores de la condición de la maquinaria. Se pueden clasificar los beneficios del monitoreo de condición en:

- Detectar condiciones que pueden ser causa de falla
- Detectar problemas en la maquinaria
- Evitar fallos catastróficos
- Diagnóstico de la causa de la falla
- Pronóstico de utilidad

El monitoreo de condición estudia la evolución de los parámetros seleccionados en función del tiempo y establece una tendencia que indica la existencia de un fallo, su gravedad y el tiempo en que el equipo puede fallar. La toma de decisiones a tiempo permite evitar que el fallo se presente (proactivo) o eliminar la posibilidad de un fallo catastrófico (predictivo).

La ventaja de esta estrategia, es que puede ser efectuado mientras el equipo está funcionando. De esta manera, las acciones de mantenimiento o corrección de los parámetros de funcionamiento cuando las mediciones así lo indiquen, evitando acciones intrusivas a la maquinaria que son generadoras de

defectos. El monitoreo de condición no es una estrategia económica, deberán ser identificados aquellos equipos en el proceso de producción que afectan a cualquiera de las siguientes:

- Confiabilidad
- Disponibilidad
- Costo
- Seguridad

En cualquier entorno, se debe considerar una condición de optimización de las estrategias de mantenimiento y conservación, de tal manera que los costos de la aplicación de las tecnologías y estrategias no sean superiores a los que se tratan de evitar.

Selección de la tecnología adecuada

La selección de la tecnología adecuada para cada maquinaria depende de varios factores como son: el tipo de maquinaria, el modo de fallo a diagnosticar y la capacidad de inversión.

Lo principal es que el programa de monitoreo de condición esté dirigido a la causa de falla y que puedan identificarse los indicadores de su deterioro.

Una vez que se ha efectuado el análisis de las causas de falla críticas de la maquinaria, es importante identificar una acción de mantenimiento que permita eliminarla, detectarla y controlarla. De esta manera se construye el plan de mantenimiento. De la misma manera, ahora se está en condiciones de establecer el programa de monitoreo de condición, seleccionando la tecnología o estrategia que pueda ayudar a responder las siguientes preguntas:

- ¿De dónde proviene?
- ¿Qué la causa?
- ¿Qué tan severa es?
- ¿Se puede controlar?
- ¿En cuánto tiempo ocurrirá?

Técnicas y tecnologías de monitoreo de condición

El monitoreo de condición es un concepto que ha sido utilizado desde hace mucho tiempo. Por lo general los operadores y mecánicos perciben señales de la maquinaria con sus propios sentidos. Ahora lo que se pretende es amplificar estas señales y aislarlas para incrementar su percepción mediante tecnología y medición.

Las técnicas de monitoreo las podemos clasificar en:

- Inspecciones de la maquinaria
- Mediciones de desempeño de la maquinaria
- Monitoreo de las condiciones dinámicas de la maquinaria
- Monitoreo de los fluidos
- Monitoreo de las partículas de desgaste

Se debe tomar en cuenta otros tipos de herramientas y técnicas para el complemento de nuestro mantenimiento como:

Técnicas de ensayo no destructivos

Las herramientas de mantenimiento predictivo se pueden encontrar en un amplio rango de costos, sofisticación y niveles de experiencia y conocimientos requeridos para interpretar eficazmente los resultados del diagnóstico.

Este tipo de ensayo está dirigido fundamentalmente a la detección de defectos causados por fatiga.

Se conoce, estadísticamente, que la mayoría de las fallas estructurales, sobre todo en las piezas solicitadas por acciones dinámicas, se deben a la fatiga.

En las piezas pueden existir múltiples defectos que no impiden la utilización racional de éstas. El problema real consiste en decidir, cuando se determina una falla, si la misma es perjudicial o inofensiva.

Esta decisión sobre la aceptación o rechazo está basada, en general, en la siguiente información: ubicación, tamaño, forma del defecto, solicitación en correspondencia, material y características del mismo, función que debe cumplir el elemento, confiabilidad requerida, etc. Para determinados elementos se han creado patrones de rechazos y aceptación, pero en general depende en última instancia del criterio y experiencia acumulada por el operador.

Interesa que la inspección se realice en forma preventiva. Esta puede llevarse a cabo en las siguientes oportunidades o circunstancias:

- Al estado de suministro de compra
- Durante las distintas etapas de fabricación
- Durante las inspecciones periódicas
- Después del reacondicionamiento

La elección del método más conveniente o apropiado está condicionada a diversos factores, siendo tan diversos los problemas de control no resulta raro que un elemento mecánico deba ser sometido a más de un ensayo no destructivo. Se debe recordar que cada técnica de ensayo no destructivo es apta para resolver un determinado problema.

Con la idea de poder reforzar los programas de mantenimiento en función de mejorar la calidad y la productividad de la planta, estas son algunas de las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados:

- Análisis de aceite
- Termografía (análisis infrarrojo)
- Análisis de vibración
- Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones
- Alineado de precisión y dispositivos de balanceo
- Monitores de tonelaje
- Inspección mediante partículas magnéticas
- Inspección por ultrasonido
- Inspección radiográfica
- Inspección mediante líquidos penetrantes

Análisis de aceite

En el análisis de aceite se comparan los lubricantes usados con los nuevos, para determinar:

- Las condiciones del lubricante
- La presencia de contaminantes
- Las condiciones de las superficies de desgaste

Tipos de ensayos

- Espectroscopia por emisión atómica:
Identifica las partículas metálicas muy finas disueltas en el lubricante. Las partículas gruesas (desgaste severo) no son analizadas.
- Viscosidad:
Mide las capacidades del flujo de un lubricante.

Otros ensayos físicos y químicos:

- Evalúa si el aceite es o no adecuado para el servicio.
- Servicios de laboratorios costosos – anuales en equipos críticos.

Aplicaciones:

- Monitoreo de equipos con tanques de lubricación:
Determinar el reemplazo del aceite, tomando como base las condiciones y no los calendarios (medidores internos). Frecuentemente usado junto con el análisis de vibración para confirmar las conclusiones.

Termografía

La termografía utiliza sistemas de cámaras sensibles a los rayos infrarrojos para capturar la radiación (calor) emitida por los objetos, con el fin de producir una imagen. Los patrones térmicos basados en las diferencias de temperatura, son registrados en videos para su inmediata reproducción, procesados por sistemas de análisis de imagen por computadoras y desarrollados en copias Xerox impresas a los fines de documentación y pedidos de trabajo.

La imagen térmica es útil para su aplicación en Mantenimiento Predictivo en dos modos. Es un método de no contacto para identificar componentes mecánicos y eléctricos que están más calientes que lo normal, frecuentemente es una indicación de falla inminente. Indica la pérdida excesiva de calor, que usualmente es un signo de aislamiento incorrecto o inadecuado.

Aplicaciones

- Durante el ensayo final (en fábrica) de los equipos nuevos
- La puesta en marcha inicial del equipo
- Análisis /tendencias rutinarias
- Verificación de acciones de reparación
- Resolución de problemas

Ideal para la explotación de equipos eléctricos en busca de componentes defectuosos, identificando:

- Desgaste normal
- Contaminación química
- Fatiga
- Montaje o instalación incorrectos
- Conexiones flojas
- Condiciones de sobrecarga
- Sistema principal de distribución eléctrica
- Exploración de componentes mecánicos en busca de calor excesivo (cojinetes, falta de alineado, etc.).
- Exploración de techos (pérdida de energía, humedad)
- Exploración de aislamiento de estufas/refractarios
- Sistemas de vapor (pérdidas, aislamiento, trampas)

Análisis de vibración

Este análisis mide la frecuencia de las vibraciones del equipo para ayudar a diagnosticar el origen de las fallas y mide la amplitud para ayudar a determinar la severidad de las mismas.

Las vibraciones pueden deberse a:

- Carga desequilibrada
- Falta de alineado
- Desprendimiento
- Correas defectuosas
- Cojinetes deteriorados

- Aflojamientos

Tipos de alarmas de análisis de vibración

Los niveles de alarma del análisis de vibración frecuentemente incluyen:

- Alarma por falla
- Advertencia de problemas críticos-falla inminente
- Alarma más alta
- Alarmas de alerta

Advierte de una situación seria pero no critica.

Advierte a los técnicos que una máquina se debería evaluar detalladamente.

Proporciona una advertencia anticipada para la planificación de acciones de reparación.

Monitorea la tendencia de la vibración a través del tiempo, para establecer una línea de base.

El nivel de alarma se establece tomando como base un aumento del porcentaje sobre una lectura de línea de base (referencia). Las lecturas de la vibración de la corriente se comparan con los datos más recientes, para detectar los problemas de los equipos nuevos.

Aplicaciones

- Es mejor utilizada en ejes de alta velocidad y equipos giratorios
- Detecta los defectos de cojinetes/alineado

Cuando:

- “Señales” (datos de línea de base) recogidas del equipo para monitorear los cambios.
- Las mediciones tomadas en equipos nuevos o reconstruidos pueden detectar futuros problemas, aún antes de la aceptación en producción. (Elimina las fallas en lugar de predecirlas).
- Análisis/tendencias rutinarios
- Verificación de acciones de reparación
- Resolución de problemas

Mantenimiento Productivo Total TPM

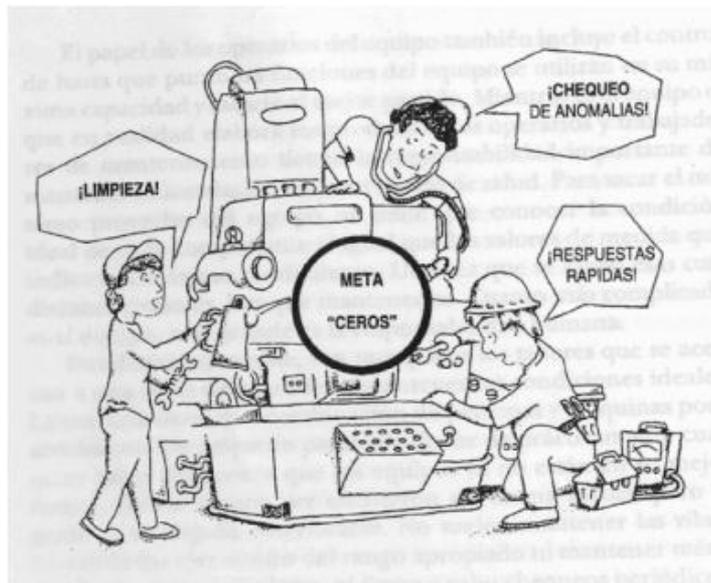
El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El JIPM (Japan Institute of Plan Maintenance) define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero pérdidas

Figura 5. **Mantenimiento productivo total**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 175.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa.

La obtención de las cero pérdidas se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

Por lo tanto el objetivo del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados.

Origen del TPM

En el mundo de hoy una empresa para poder sobrevivir debe ser competitiva y sólo podrá serlo si cumple con estas condiciones:

Tener costos competitivos: una buena gerencia y sistemas productivos eficaces pueden ayudar a alcanzar esta meta y realizar las entregas a tiempo.

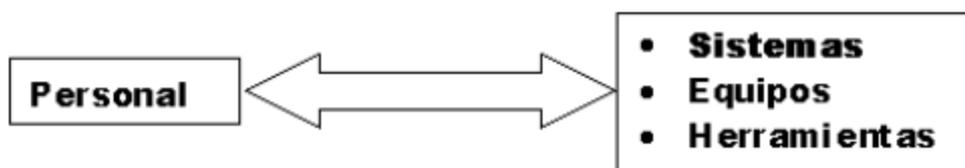
Cuando nacieron los diferentes sistemas de calidad, de una o de otra manera, todos y cada uno enfocaban su atención en una o varias de las llamadas "5 M", pero no en todas:

- Mano de obra
- Medio ambiente
- Materia Prima
- Métodos
- Máquinas

Misión del TPM

La misión de toda empresa es obtener un rendimiento económico, sin embargo, la misión del TPM es lograr que la empresa obtenga un rendimiento económico CRECIENTE en un ambiente agradable como producto de la interacción del personal con los sistemas, equipos y herramientas.

Figura 6. **Misión del mantenimiento productivo total**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 177.

Beneficios del TPM

Los beneficios que brinda el TPM

- Organizativos
- Mejora la calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.

- Redes de comunicación eficaces.
- Seguridad
- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar del cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

Productividad

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por recambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

Figura 7. **Obstáculos en búsqueda de la eficiencia del equipo**

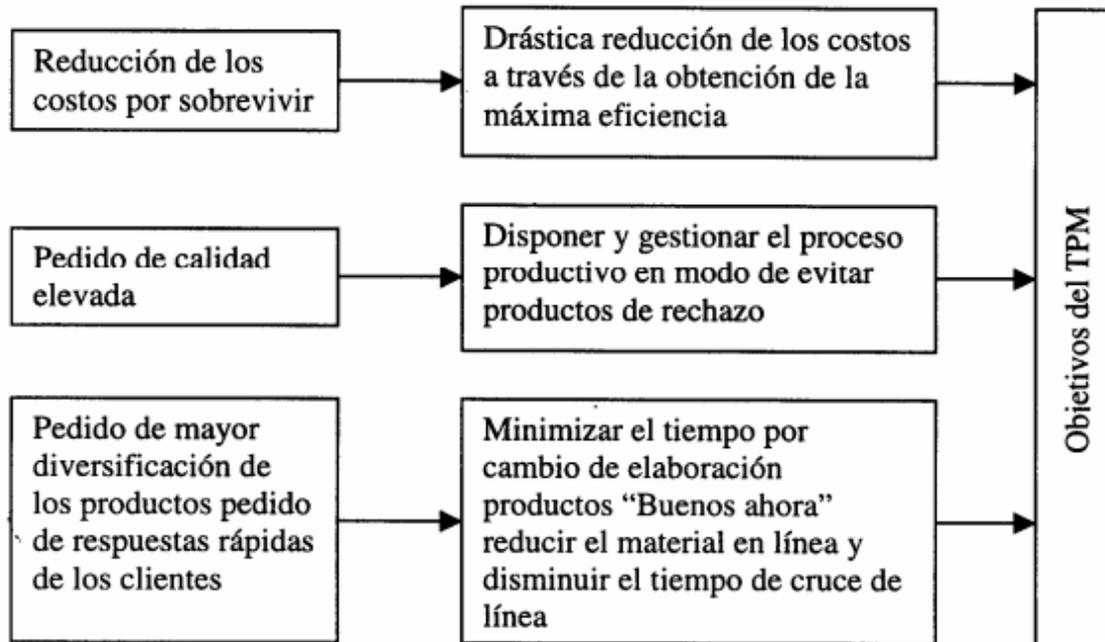


Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 178.

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, y en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

Figura 8. **Objetivos del mantenimiento productivo total**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 180.

Mantenimiento autónomo

La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. No se trata de que cada operario cumpla el rol de un técnico de mantenimiento, sino de que cada uno conozca y cuide su equipo, además, ¿Quién puede reconocer de forma más oportuna la posible falla de un equipo antes de que se presente? Obviamente el operador calificado, ya que él pasa mayor tiempo con el equipo que cualquier técnico de mantenimiento, él podrá reconocer primero cualquier varianza en el proceso habitual de su equipo.

Por lo tanto los operadores se hacen cargo del mantenimiento de sus equipos, lo mantienen y desarrollan la capacidad para detectar a tiempo fallas potenciales.

El mantenimiento autónomo puede prevenir:

- Contaminación por agentes externos
- Rupturas de ciertas piezas
- Desplazamientos
- Errores en la manipulación

Con sólo instruir al operario en:

- Limpiar
- Lubricar
- Revisar

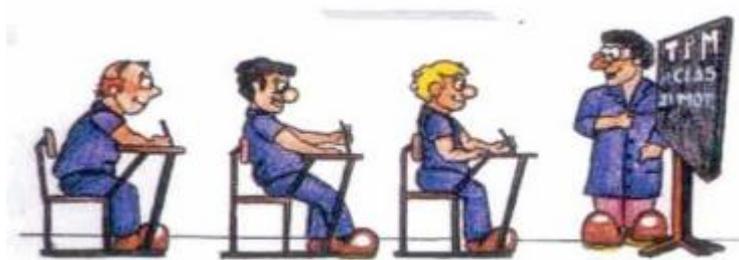
Mantenimiento planeado

La idea del mantenimiento planeado es que el operario diagnostique la falla y la indique con etiquetas con formas, números y colores específicos en la máquina, de forma que cuando el personal de mantenimiento llegue a reparar la máquina, pueda ir directo a la falla y la elimine. Por lo tanto a este tipo de mantenimiento se lo puede definir como: un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente el proceso.

Capacitación

Este tipo de actividad tiene como objetivo aumentar las capacidades y habilidades de los empleados.

Figura 9. **Mantenimiento planeado**



Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 183.

Control inicial

El objetivo es reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento. Este control nace después de ya implantado el sistema, cuando se adquieren máquinas nuevas.

Mejoramiento para la calidad

La meta aquí es ofrecer un producto cero defectos como resultado de una máquina que tenga cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo. Por lo tanto tiene como objetivo tomar acciones preventivas para obtener un proceso y un equipo cero defectos.

A continuación vemos la evolución del proceso de implementación del TPM en el que se distinguen claramente tres fases: la de iniciación, la de desarrollo y la de perpetuidad. Cada una de las fases presenta distintas etapas que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla IV. **Desarrollo del mantenimiento productivo total**

Fases	Etapas	Descripción
Iniciación	1	Decidir la implementación
	2	Informar y formar a todos los cuadros de la empresa
	3	Poner en marcha la estructura de comando
	4	Diagnosticar la situación de cada una de las áreas
	5	Elaborar un programa
Desarrollo	6	Poner en marcha el programa
	7	Analizar y eliminar las causas de fallas
	8	Desarrollar el mantenimiento autónomo
	9	Desarrollar el mantenimiento programado/optimizar
Perpetuidad	10	Mejorar la técnica
	11	Integrar experiencias en las nuevas máquinas
	12	Validar el TPM

Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 184.

Fase de iniciación

En esta fase podemos distinguir las siguientes etapas, ellas son:

- Tomar la decisión
- La dirección de la empresa desempeña un importante papel en esta instancia ya que es promotora del espíritu y gestión del TPM, por tanto es un miembro activo de la toma de decisión.

- Los protagonistas de esta etapa serán: el gerente de ingeniería y el de mantenimiento.

El contenido de las reuniones de trabajo deberá permitir:

- Promover la decisión de generalizar el TPM.
- Posicionar el rendimiento de las instalaciones como un factor de la performance industrial.
- Elaborar objetivos, la definición, las características y el proceso de puesta en marcha del TPM
- Desplegar el plan TPM en las áreas
- Diseñar la forma general de la estructura de pilotaje
- Designar el área piloto TPM para el establecimiento
- Conseguir la adhesión de la dirección para:
- Asignación de recursos de personal
- Gestión de problemas prioritarios
- Coherencia con el plan de progreso
- Poner en marcha la estructura de comando

En estas instancias es necesario definir y poner en marcha una organización y sus reglas de funcionamiento para permitir el comando (pilotaje) permanente de operaciones del TPM. La estructura de pilotaje y sus reglas de funcionamiento deben ser adaptadas a cada área, esta estructura será puesta en marcha en forma progresiva, ella se acelerará en función de resultados conseguidos y de la capacidad de los operadores sobre el terreno.

Diagnosticar la situación de cada una de las áreas

El objetivo de esta etapa es evaluar:

- El estado del lugar en materia de rendimiento, de los medios de fabricación y de mantenimiento.
- La madurez y la ampliación del potencial de mejoramiento (técnicas y criterio económico).
- Las fortalezas y debilidades de la organización para abordar el proceso de cambio.
- Capacidad del equipo para estar en funcionamiento en un instante cualquiera, en las condiciones de utilización y reparación especificadas.

Se utilizan los indicadores de disponibilidad siguientes:

Disponibilidad propia

$$D_p = (TF)/(TF+TAP)$$

Donde:

TF= Tiempo disponible para producir (Tiempo Real)

TAP= Tiempo de parada propia (Set-Up)

Mantenibilidad

La mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina pueda ser reparada a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

Trabajo en mantenimiento preventivo

Señala la relación entre los hombres horas gastados en trabajos programados de mantenimiento preventivo y los hombres horas disponibles, entendiéndose por hombres horas disponibles, aquellos presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

El TPM se integra en la filosofía de considerar los distintos departamentos como unidades autónomas, independientes e interrelacionadas y con objetivos de mejora medibles, la gestión del TPM se acercará a los principios de lo que se denomina Mantenimiento autónomo.

Cada una de las células productivas de la empresa se podrá gestionar bajo los principios del TPM con la alta dirección totalmente involucrada, pero estructuradas en grupos de trabajo con objetivos convergentes cada uno de ellos, hacia los de la alta dirección.

Con el mantenimiento autónomo incluido en el TPM, la gestión de los equipos y su mantenimiento se sitúa al nivel de los sistemas de gestión de la producción y de calidad más avanzados, eficientes y competitivos, como lo son la producción ajustada y el TQM.

Para estos sistemas son primordiales la flexibilidad, la producción en series cortas, entregas cada vez más rápidas y la reducción de costos de las actividades.

En el mantenimiento autónomo el operario de producción asume tareas de mantenimiento productivo que contemplan: la limpieza, el mantenimiento preventivo de primer nivel (básico) y la de la inspección del equipo.

Propiciada por estas actividades, podrá advertir de las necesidades de mantenimiento preventivo a cargo del departamento correspondiente. Las tareas de mantenimiento autónomo se llevarán a cabo por grupos de operarios que tendrán a su cargo una o varias máquinas. La gestión de los equipos entra en la dinámica mejorando simultáneamente los tres componentes de la competitividad:

Calidad mejorada

Si el operario productivo combina el correcto funcionamiento de su equipo con la actividad de producción obtendrá mejores productos y mayor productividad.

Costo reducido

La ejecución de tareas de mantenimiento desde el puesto de producción, reducirá con seguridad los costos por aumento del valor añadido por persona, además con la previsión de fallos del equipo antes de que se produzcan, junto al mantenimiento diario sostenido, se evitarán problemas que redundarán indudablemente en costos.

Tiempo reducido

La adopción del mantenimiento autónomo permite incorporar a la producción la flexibilidad, la adaptación rápida a diversos productos y la ejecución de series cortas con tiempos de preparación más rápidos, además aquí también la adecuada previsión de fallos de los equipos y su mantenimiento diario posibilitan que éste se halle rápidamente y en mayor proporción de tiempo a disposición de la producción (aumenta la disponibilidad) lo que reducirá el tiempo de proceso.

La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento.

En el siguiente cuadro veremos la distribución lógica de responsabilidades de mantenimiento y mejoras entre el personal operativo y el de mantenimiento. Como podrá apreciarse es en limpieza y mantenimiento diario donde se puede implantar la mayor cantidad de actividades de mantenimiento autónomo.

Tabla V. **Distribución de la responsabilidad del mantenimiento**

Actividad	Mantenimiento/Mejora	Producción	Mantenimiento
Producción	Preparación y ajuste	*	
	Operación	*	
Mantenimiento Autónomo	Limpieza	*	
	Engrase	*	
	Aprietes Mecánicos	*	
	Otros diarios	*	
Mantenimiento Preventivo	Inspecciones y comprobaciones	*	*
	Actividades periódicas de mantenimiento		*
Mantenimiento Correctivo	Averías reparables desde el punto de trabajo	*	
	Averías no reparables desde el punto de trabajo		*
Mejoras	Operativas	*	*
	Automatización y calidad		*
	Chequeos y concepción global		*

Fuente: TORRES, Leandro. Mantenimiento su implementación y gestión. p. 200.

Estrategia de las 5'S

Se llama estrategia de las 5'S porque representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar.

Estas cinco palabras son:

- Clasificar (*Seiri*)
- Ordenar (*Seiton*)
- Limpiar (*Seiso*)
- Estandarizar (*Seiketsu*)
- Disciplina (*Shitsuke*)

Las cinco "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. El siguiente es un diagrama que muestra la relación de las 5´S y sus beneficios.

Seiri - Clasificar

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor. Con este pensamiento se eliminan los elementos que molestan, quitan espacio y estorban, ya que estos perjudican el control visual, impiden la circulación por las áreas de trabajo, inducen a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes en el trabajo.

La primera "S" de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios. El *Seiri* consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven.
- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.

- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar información innecesaria y que nos puede conducir a errores de interpretación o de actuación.
- La visión completa de las áreas de trabajo permite observar el funcionamiento de los equipos, máquinas y las salidas de emergencia, logrando que el área de trabajo sea más segura.

La práctica del *Seiri* además de los beneficios en seguridad permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado.
- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos.

Seiton - Ordenar

Seiton consiste en organizar los elementos que se han clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Una vez que se han eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que se necesitan con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados.

Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.

Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.

Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.

En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.

Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza. Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles. Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.

Beneficios del *Seiton* para el trabajador

- Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.
- Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.
- El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.
- La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.
- Se libera espacio.
- El ambiente de trabajo es más agradable.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente para los de alto riesgo.

Seiso - Limpiar

Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM, *Seiso* implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de fuga. Esta palabra japonesa significa defecto o problema existente en el sistema productivo.

La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. La limpieza implica no únicamente mantener los equipos dentro de una estética agradable permanentemente, *Seiso* implica un pensamiento superior a limpiar. Exige que se realice un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación, de lo contrario, sería imposible mantener limpio y en buen estado el área de trabajo.

Se trata de evitar que la suciedad, el polvo, y las limaduras se acumulen en el lugar de trabajo.

Para aplicar *Seiso* se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumirse la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: la limpieza es inspección.
- Eliminar la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento.
- El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo.
- No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Beneficios del *Seiso*

- Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza.
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la efectividad global del equipo.
- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.

- La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

Seiketsu – Estandarizar

Seiketsu es la metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda la limpieza alcanzada por las acciones previas.

Seiketsu implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. Se deben preparar estándares. Cuando los estándares son impuestos, estos no se cumplen satisfactoriamente, en comparación con aquellos que se desarrollan gracias a un proceso de formación previo.

Desde décadas se conoce el principio escrito en numerosas compañías y que se debe cumplir cuando se finaliza un turno de trabajo, sé dejará el sitio de trabajo limpio.

Este tipo de frases sin un correcto entrenamiento de estandarización y sin el espacio para que se realicen, difícilmente logran comprometer al empleado en su cumplimiento.

Seiketsu o estandarización pretende

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Las normas deben contener los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, tiempo empleado, medidas de seguridad a tener en cuenta y procedimiento a seguir en caso de identificar algo anormal.
- En lo posible se deben emplear fotografías de cómo se debe mantener el equipo y las zonas de cuidado.
- El empleo de los estándares se debe auditar para verificar su cumplimiento.
- Las normas de limpieza, lubricación y aprietes son la base del mantenimiento autónomo.

Beneficios del *Seiketsu*

- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

Shitsuke – Disciplina

Shitsuke o Disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo. Se puede obtener los beneficios alcanzados con las primeras "S" por largo tiempo si se logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos.

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina. Su aplicación garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

Shitsuke implica un desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Deming en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la práctica del *Shitsuke* no tenga ninguna dificultad.

El *Shitsuke* es el puente entre las 5S y el concepto *Kaizen* o de mejora continua. Los hábitos desarrollados con la práctica del ciclo PHVA se constituyen en un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo.

Shitsuke implica:

- El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de auto controlar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.

Beneficios del *Shitsuke*

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

2. MANTENIMIENTO LLENADORA *DOY PACK* HORIZONTAL

Para establecer el mantenimiento de la llenadora horizontal es importante tener datos técnicos y específicos que permitan conocer el funcionamiento de los distintos mecanismos que simultáneamente trabajan para realizar el llenado de producto.

2.1. Datos técnicos de la llenadora

La llenadora horizontal de *Doy Pack*, se presenta en una forma muy compacta en su espacio a ocupar en la planta industrial, presentando una muy buena flexibilidad empacada en distintas dimensiones y presentaciones, obteniendo una mayor producción.

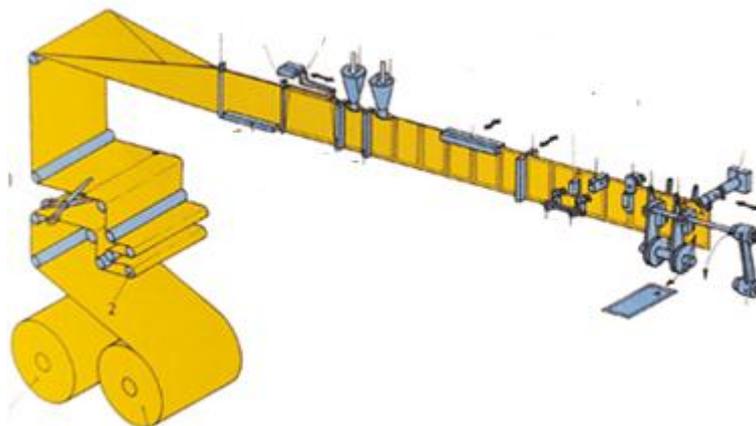
Figura 10. **Empaque *Doy Pack***



Fuente: <http://plaen.blogspot.com/2010/01/las-bolsas-de-autosoprote-doypack.html>. Consulta: diciembre de 2011.

Estos sobres se forman a partir de una lámina *Doy pack* sincronizando un doblez del material que viene en un rollo simple para formar las dos paredes del empaque, atravesando el proceso de soldado a través de planchas a alta temperatura, el contacto de dos planchas para enfriar la soldadura, el corte para separar cada empaque, llenado de la sustancia líquida, semilíquida o sólida, aplicando una válvula dispensadora (si el diseño así lo requiere) y el sellado superior final.

Figura 11. **Proceso de envasado *Doy Pack***



Fuente: <http://www.valpackperu.com/producto3.html>. Consultado: diciembre de 2011.

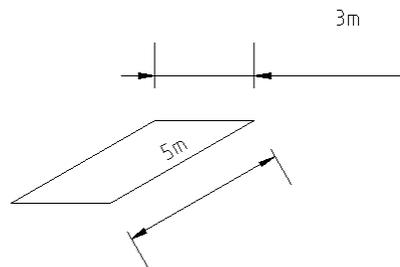
Características principales

- Menor espacio y mayor producción
- Procesos simples de soldadura paralela
- Carga frontal de bobina
- Ejes de baja inercia por su dimensión
- Estructura inoxidable

2.2. Datos generales de montaje de la llenadora

Para el montaje de la llenadora como requerimiento mínimo en espacio se necesita:

Figura 12. Dimensiones para la instalación de llenadora



Fuente: elaboración propia, con base en Autocad.

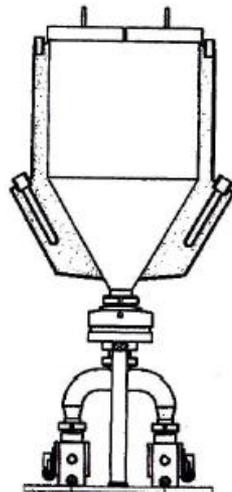
Para la llenadora horizontal de doypack es necesaria la instalación de un sistema dosificador de producto. Los equipos dosificadores de accionamiento neumático, están diseñados de forma que pueden ser utilizados para productos líquidos y pastosos, en sus diferentes densidades y viscosidades.

Los dosificadores son volumétricos de desplazamiento positivo, con válvula distribuidora positiva. Son equipos que se adaptan a una gran diversidad de productos y sectores de producción, principalmente a industrias de alimentos, conservas, lácteos, cosméticas y químicas.

Se destaca la calidad de los materiales y accesorios empleados en su construcción y la facilidad de limpieza y manipulación de los equipos. El diseño del equipo incluye las características de seguridad requeridas para eliminar riesgos potenciales de accidente durante el uso o mantenimiento.

El siguiente diagrama muestra la construcción del recipiente contenedor de producto y la bomba dosificadora.

Figura 13. **Dosificador**

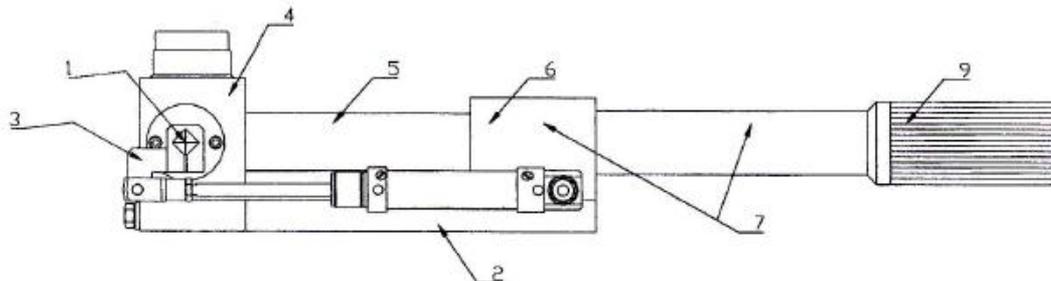


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 18.

Bomba neumática dosificadora: la bomba neumática dosificadora consta de nueve partes principales:

- Válvula rotativa (1)
- Base (2)
- Palanca (3)
- Cabezal dosificador (4)
- Camisa dosificadora (5)
- Cuerpo central (6)
- Regulación de velocidad (7)
- Camisa cilindro (8)
- Mando regulación dosis (9)

Figura 14. **Bomba neumática dosificadora**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 21.

2.3. **Análisis específico de los elementos mecánicos**

Este es el desglose de cada parte de la máquina llenadora formada por su estructura, su funcionamiento, ajustes y consideraciones que se deben tomar en cuenta antes de dar inicio a un mantenimiento de la maquinaria.

2.3.1. **Empalmador bobina**

El empalmador automático es un sistema que le permite desenrollar y unir el material doypack proveniente de las bobinas, sin parar la producción.

En la línea de producción, el material de embalaje que puede ser de envolver o el mismo embalaje de los bienes (cajas, bolsas) se almacena en bobinas. Para poder ser introducidos en la línea de producción, es necesario que estos materiales se desenrollen. Una vez que una bobina está llegando al final, normalmente la línea de producción se para unos minutos para cargar una nueva bobina y volver a comenzar la producción.

Estas paradas pueden producirse varias veces durante un día dependiendo de la velocidad de la línea de producción y el tamaño de la bobina.

Basta tomar como ejemplo una empresa que trabaja 16 horas al día, 5 días a la semana, y 50 semanas al año. Cada día esta empresa para la línea de producción 8 veces para los cambios de las bobinas. Cada parada dura 3 minutos. Al final del año, la empresa para 2 000 veces para efectuar el cambio de bobinas, y estas paradas suponen 100 horas de no producción.

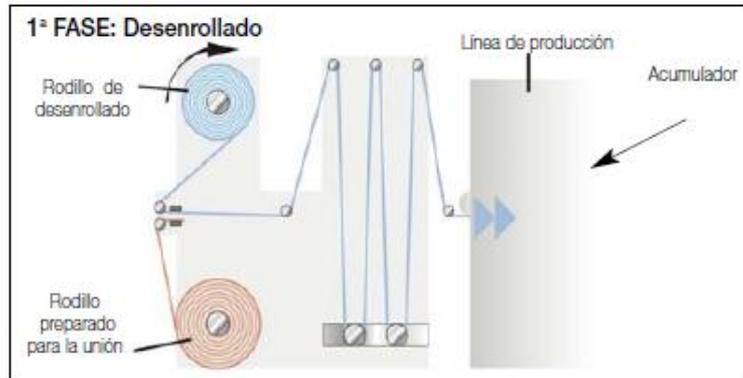
Proceso:

Dos bobinas se cargan en el empalmador. Tan pronto como se detecta el final de la bobina en funcionamiento (el empalmador lo hace automáticamente), la segunda bobina toma el relevo para continuar la alimentación de la línea de producción.

Un acumulador sigue alimentando la línea mientras se realiza la unión entre la bobina en funcionamiento y la bobina parada. Este ciclo de empalme se lanza automáticamente sin que sean necesarias deceleraciones o paradas de la producción.

La línea de embalaje puede trabajar continuamente. Esto le da al operador el tiempo necesario para cargar y preparar una nueva bobina.

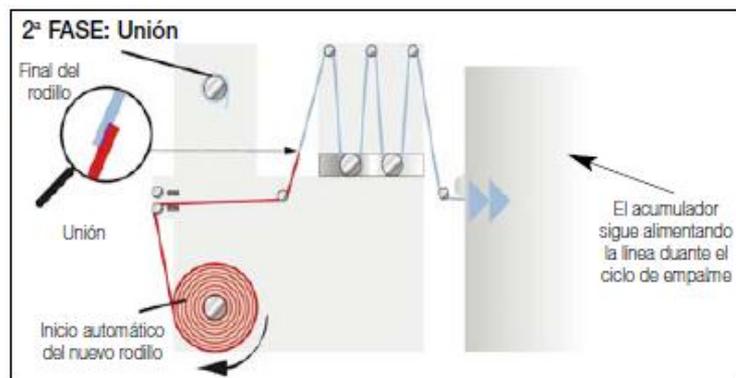
Figura 15. **Empalmador de bobina fase 1**



Fuente: www.emmafiorentino.com.ar/EMBALLAGE/PACK-100-EMBALLAGE-II.pdf. p. 36.

Consulta: diciembre de 2011.

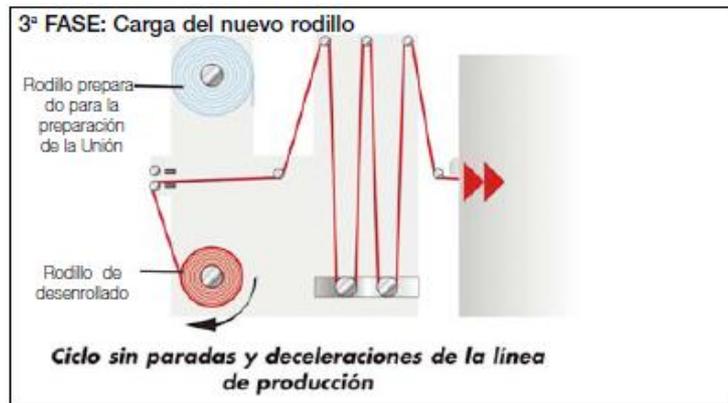
Figura 16. **Empalmador de bobina fase 2**



Fuente: www.emmafiorentino.com.ar/EMBALLAGE/PACK-100-EMBALLAGE-II.pdf. p. 36.

Consulta: diciembre de 2011.

Figura 17. **Empalmador de bobina fase 3**



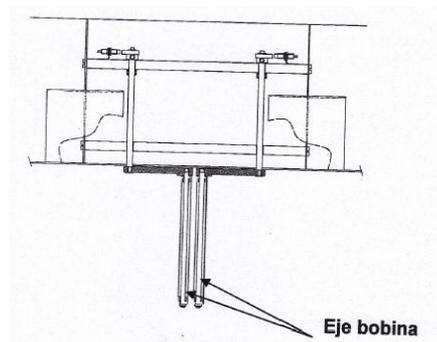
Fuente: www.emmafiorentino.com.ar/EMBALLAGE/PACK-100-EMBALLAGE-II.pdf, p. 36.

Consulta: diciembre de 2011.

2.3.2. Tensor *film*

El tensor *film* consta de dos varillas ubicadas al costado del eje de la bobina y su función es tensar la bobina para evitar movimientos vibratorios que perjudican el desenrollado del material para su formación y posterior llenado.

Figura 18. **Tensor *film***

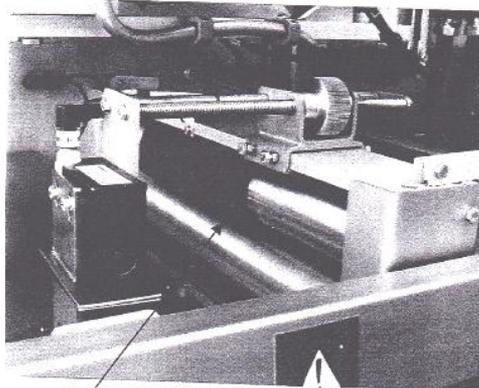


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 32.

2.3.3. Arrastre desbobinador

Es un rodillo que tiene el contacto final de la lamina *Doy Pack* antes de pasar al formado. Este rodillo no necesita mantenimiento especial únicamente revisar que esté limpio utilizando un paño húmedo con detergente pero sin utilizar ningún disolvente o producto abrasivo.

Figura 19. **Arrastre desbobinador**

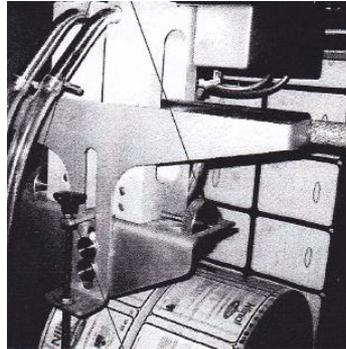


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 34.

2.3.4. Perforador de fondo

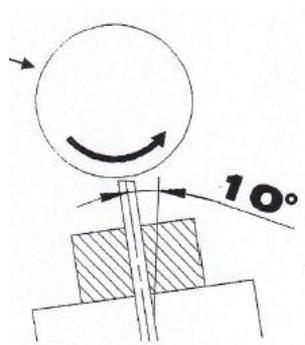
El perforador de fondo es una cuchilla circular que se coloca perpendicularmente a la circunferencia de la bobina. Su función es realizar dos agujeros sobre el rodillo antes de desenrollarse para formar el empaque para brindar dos puntos de apoyo en la parte inferior durante la soldadura. El afilado de la cuchilla se debe realizar con una inclinación de 10° respecto a la vertical.

Figura 20. **Perforador de fondo**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 35.

Figura 21. **Ángulo para afilar el perforador de fondo**

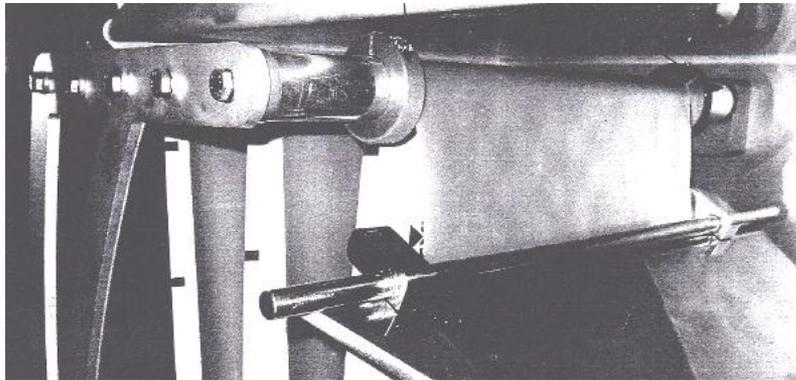


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p.36.

2.3.5. Rodillo desbobinador

Es un sistema de varillas colocadas para desenrollar y guiar el material doypack antes de su doblado para formar dos paredes.

Figura 22. **Rodillo desbobinador**

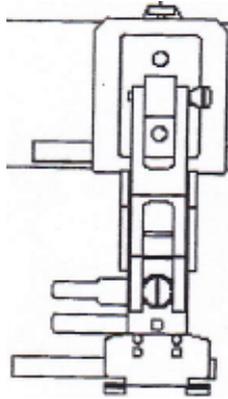


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 40.

2.3.6. Soldadura vertical

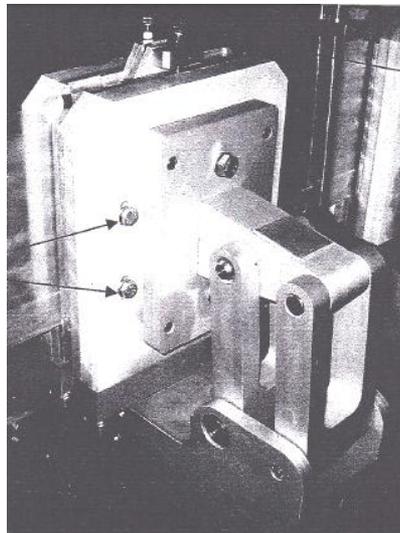
El conjunto de soldadura vertical está constituido por dos planchas de aluminio con la forma predeterminada por el diseño del empaque, estas sellan la parte posterior y la frontal teniendo contacto con ella a alta temperatura (90-100) grados Celsius, esta temperatura se eleva por medio de resistencia eléctrica ubicada internamente, las planchas tienen una capa de polietileno en el área de contacto para que no se dañe y se queme el empaque *doy pack*.

Figura 23. **Esquema soldadura vertical**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 41.

Figura 24. **Soldadura vertical**



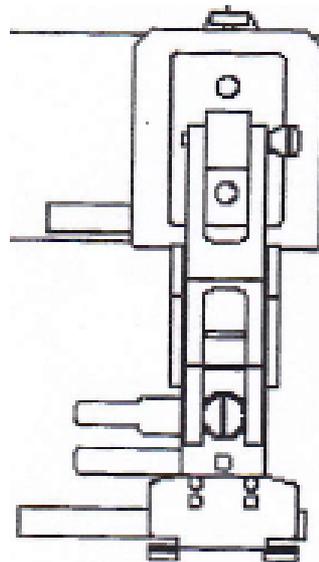
Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 42.

El conjunto soldador debe limpiarse periódicamente en la parte superior de las barras soldadoras ya que este desprende polietileno al ser presionado entre sí. No utilizar sustancias abrasivas para la limpieza de las partes.

2.3.7. Enfriador vertical

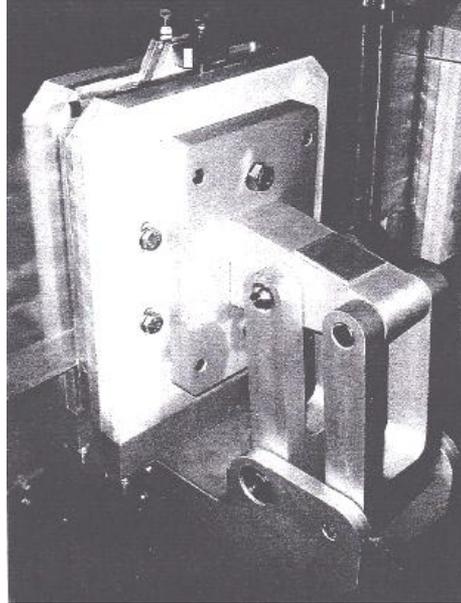
El conjunto enfriador es similar en estructura al conjunto soldador, a diferencia que el lugar de resistencia eléctrica interna para elevar la temperatura consta de un conducto interno donde fluye agua fría aproximadamente a 12 grados Celsius (camisa de agua).

Figura 25. **Esquema enfriador vertical**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 43.

Figura 26. **Enfriador vertical**

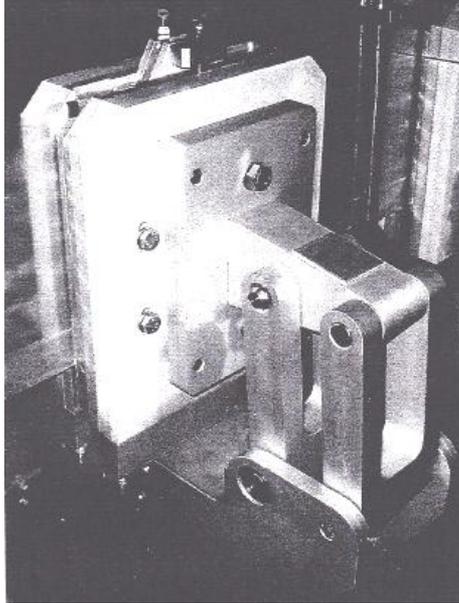


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 43.

2.3.8. Soldador Doy Pack

Utiliza el mismo principio de soldadura con resistencia eléctrica que el soldador vertical (2.3.6) y este conjunto realiza la soldadura de la parte inferior de empaque *doy pack*.

Figura 27. **Soldador *Doy Pack***

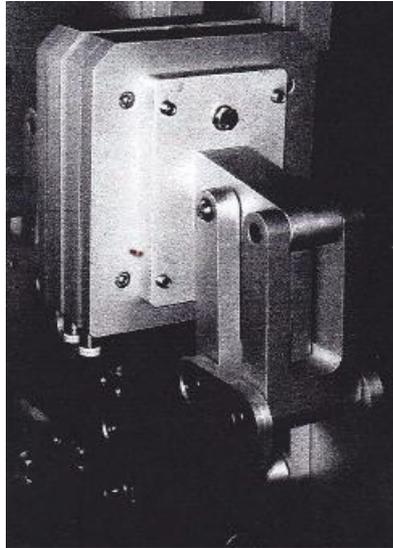


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 44.

2.3.9. Enfriador *Doy Pack*

Utiliza el mismo principio de enfriamiento con camisa de agua que el enfriador vertical (2.3.7.), solo cambian en posición ya que es para la parte inferior de empaque *Doy Pack*.

Figura 28. **Enfriador *Doy Pack***

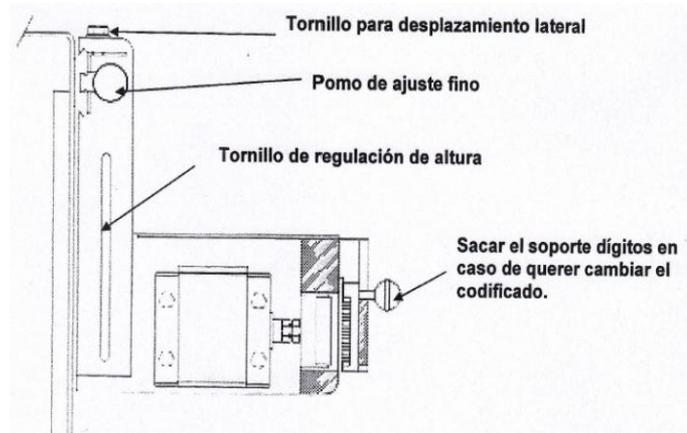


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 46.

2.3.10. Codificador neumático

El codificador neumático es el conjunto de dos placas que internamente consta de patrones pequeños con los números dígitos y las letras del alfabeto que se cambian manualmente, con un suministro de aire de 0,9 bar, estos graban en el empaque los datos necesarios que el producto requiera.

Figura 29. **Codificador neumático**

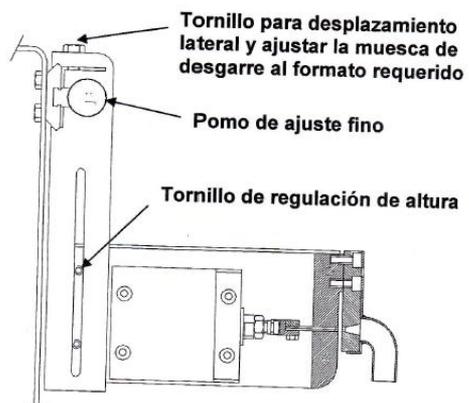


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 47.

2.3.11. **Muesca desgarre**

La muesca de desgarre es una cuchilla que realiza el corte en el borde superior del empaque para abrir fácil.

Figura 30. **Muesca desgarre**

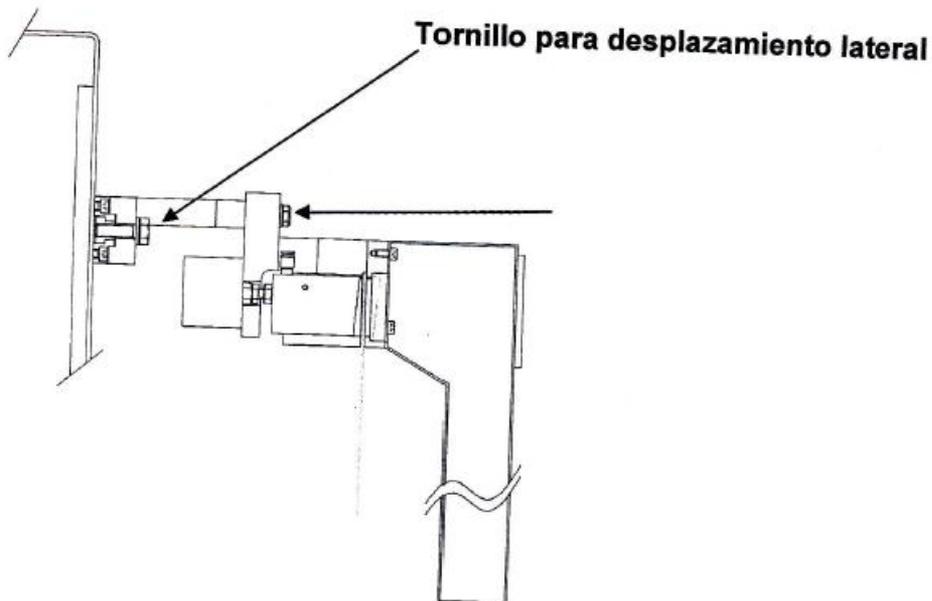


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 48.

2.3.12. Matriz corner

Matriz Corner es la cuchilla que realiza un corte a 35° en la esquina superior izquierda, esta abertura es donde se colocará la válvula de distribución del producto. (Nota: este dispositivo se puede activar y desactivar según sea requerido por el diseño del empaque).

Figura 31. Matriz corner

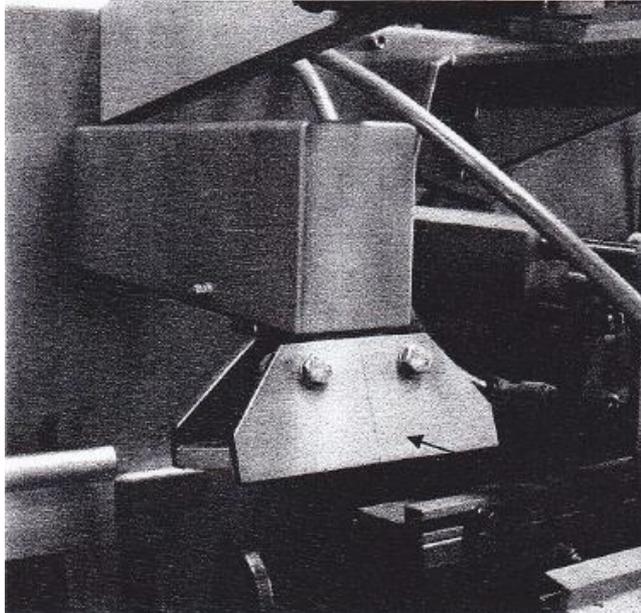


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 49.

2.3.13. Tijeras

Mecanismo utilizado para separar en unidades el empaque *Doy Pack*.

Figura 32. Tijeras

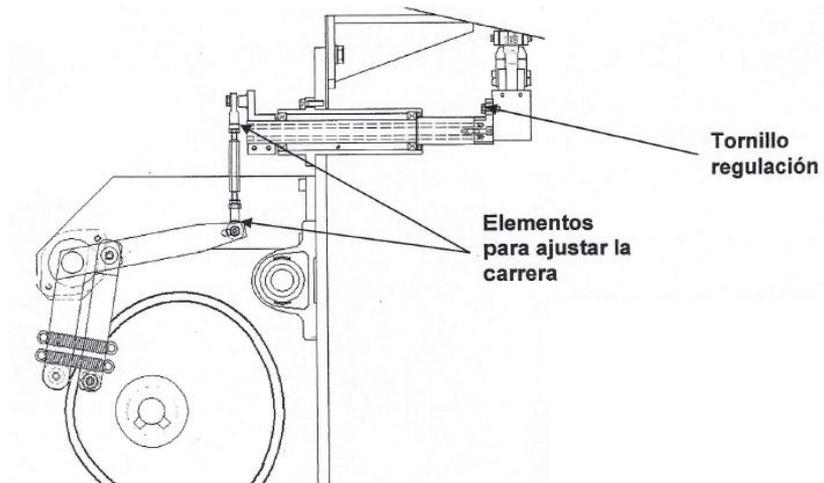


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 50.

2.3.14. Aplicador *corner valve*

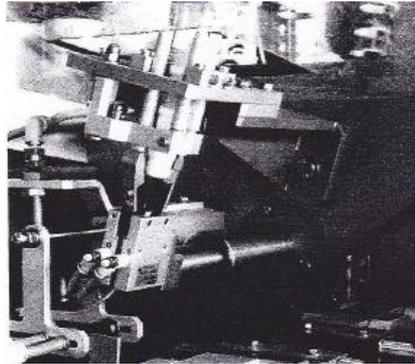
Es el mecanismo encargado de colocar la válvula en el corte previamente realizado por matriz Corner (2.3.12.), es importante siempre que se pone en marcha revisar la lubricación a base de grasa en el eje vertical.

Figura 33. **Esquema aplicador *corner valve***



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 52.

Figura 34. **Aplicador *corner valve***

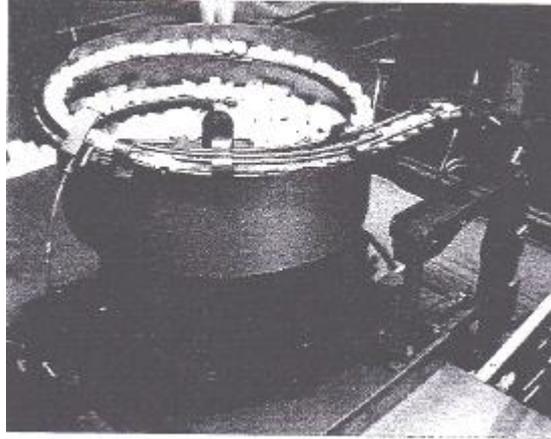


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 52.}

2.3.15. **Alimentador *corner valve***

El alimentador es un recipiente que suministra la válvula a través de un camino en espiral que cae por la fuerza gravedad.

Figura 35. **Alimentador *corner valve***

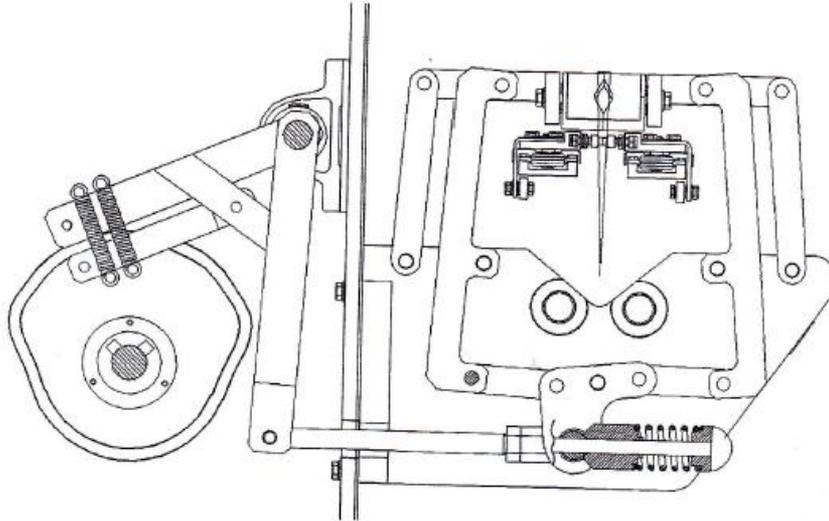


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 54.

2.3.16. Soldadura válvulas

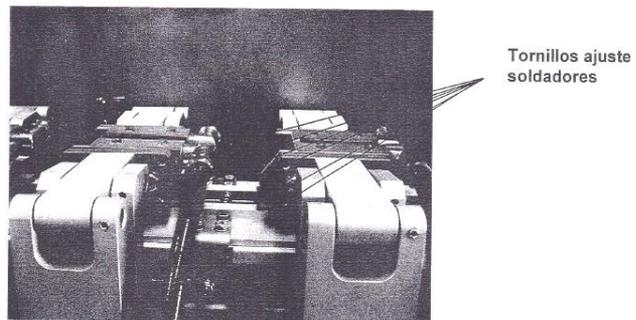
El soldador de válvulas es un sistema de placas con el mismo principio del soldador vertical (2.3.6.) accionado por el eje motriz de la llenadora que a base de calor generado por resistencia eléctrica sella la válvula en su posición al empaque.

Figura 36. **Esquema soldador de válvula**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 55.

Figura 37. **Soldador de válvula**



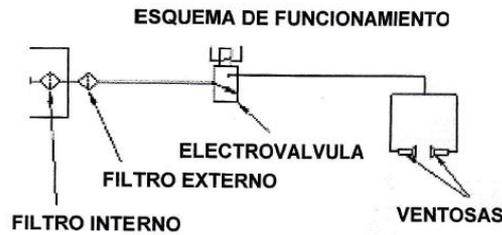
Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 56.

2.3.17. Grupo ventosas – ventosas válvulas

La función de estas válvulas ventosas es de abrir (por medio de vacío) las dos paredes del empaque para prepararlo para el llenado de producto. Para lograr el óptimo desempeño de este mecanismo es vital cambiar los filtros del sistema.

El sistema de vacío es generado por una bomba de vacío de 0,5 *horse power*, o bien 5 pies cúbicos por minuto.

Figura 38. Esquema funcionamiento de ventosas

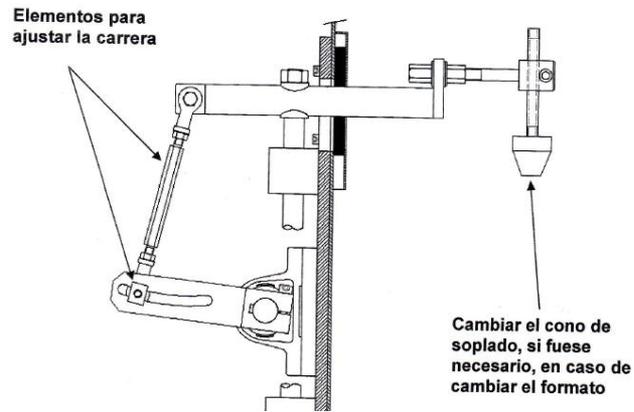


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 58.

2.3.18. Accionamiento de embudos/soplador de fondo

Este dispositivo consta de una boquilla que suministra una pequeña cantidad de aire comprimido para abrir el sobre después que sus paredes se separaron por las ventosas antes del llenado de producto.

Figura 39. **Accionamiento de embudos**

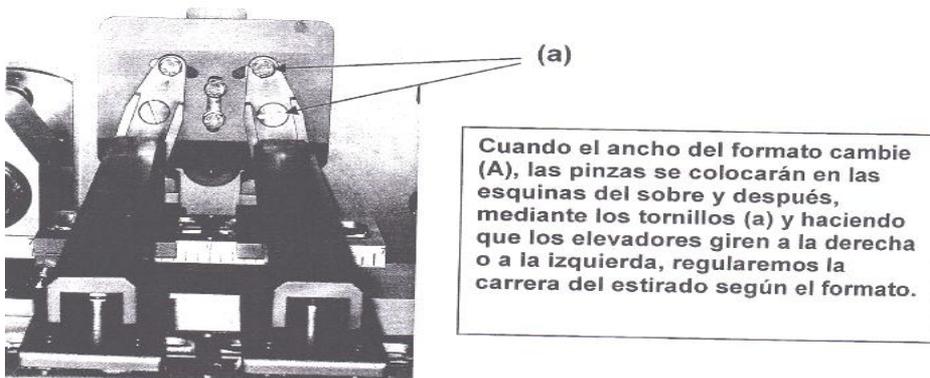


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 59.

2.3.19. **Estriado**

El sistema de estriado realiza la marcación en los dos extremos superiores del empaque rectificándolo antes de la soldadura superior. Este mecanismo es ajustable en función del ancho del empaque.

Figura 40. **Estriado**

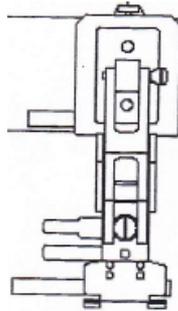


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 61.

2.3.20. Soldadura superior

Las placas de soldadura superior utilizan el mismo principio de calentado por una resistencia eléctrica (2.3.6.) lo que cambia en la forma de la superficie que ahora realiza el contacto en la parte superior del empaque.

Figura 41. **Esquema soldadura superior**



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 62.

Figura 42. **Soldadura Superior**

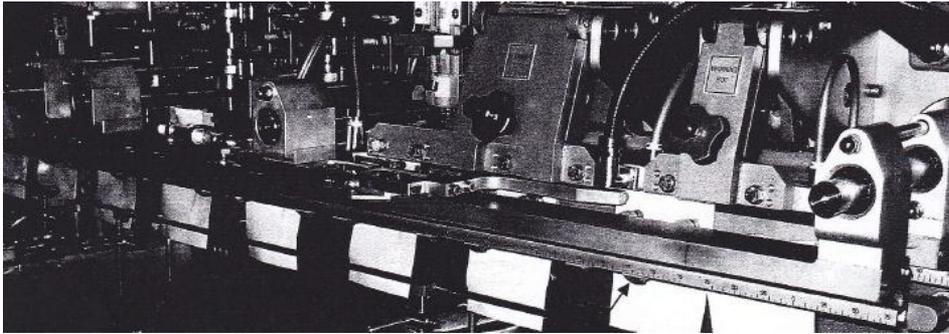


Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 62.

2.3.21. Pinzas fijas

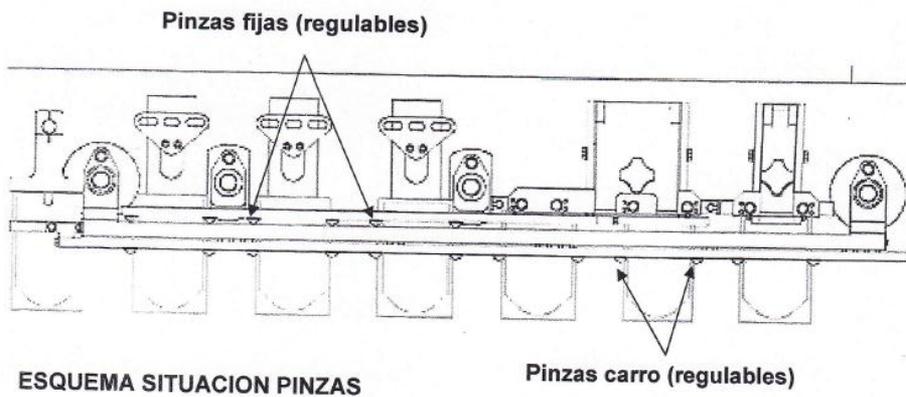
Las pinzas fijas son el sistema de sujeción que transporta el empaque ya lleno hasta su soldadura final y entrega al depósito de producto terminado, este mecanismo va accionado por el eje motriz de la llenadora.

Figura 43. Pinzas fijas



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 64.

Figura 44. Ajustes de pinzas fijas



Fuente: Manual Técnico Effytec HB15. p. 65.

3. PLAN DE MANTENIMIENTO

3.1. Cronograma y desglose de mantenimiento

El cronograma y desglose del plan de mantenimiento se establece por las actividades recomendadas por el fabricante, las solicitadas por la llenadora horizontal que informa el operador de la misma y las que se observan en las inspecciones VOSO, para mantener su óptimo desempeño en la producción establecida.

Con los parámetros anteriores el plan de mantenimiento preventivo es el siguiente:

3.1.1. Mensual

Procedimiento inicial

- Desconectar la tensión eléctrica
- Rotular que la maquinaria se encuentra en mantenimiento
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado

Mantenimiento para el carro de pinzas fijas

- Revisar los topes plásticos de todas las pinzas.
- Revisar los cojinetes y las guías de los cojinetes del carro de las pinzas fijas.
- Limpiar y lubricar las guías de los cojinetes con grasa de grado alimenticio.
- Ajustar la holgura del transporte de las pinzas en su guía y ajustar si es necesario.
- Montar y alinear las pinzas.

Mantenimiento para el carro de transporte

- Revisar los topes plásticos del carro de transporte.
- Revisar los cojinetes, guías y castigadores del carro de pinzas fijas.
- Limpiar y lubricar las guías con grasa de grado alimenticio.
- Ajustar la holgura del carro de transporte si es necesario.
- Revisar y lubricar los ejes del carro de transporte (barras de 2,5 centímetros).
- Revisar y lubricar los ejes del carro de transporte (barras de 1,2 centímetros).

3.1.2. Trimestral

Procedimiento inicial

- Desconectar la tensión eléctrica
- Rotular que la maquinaria se encuentra en mantenimiento
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado

Mantenimiento para rodillos de transporte de papel

- Revisar estado de rodillos balancines
- Revisar el giro de rodillos de balancines
- Revisar la holgura en bujes o cojinetes
- Revisar y limpiar los rodillos de arrastre con un paño húmedo. (No utilizar solventes que sean abrasivos a la goma).

Mantenimiento para el grupo de soldadura vertical

- Limpieza de los soldadores verticales.
- Lubricación de los cojinetes y los bujes de la estructura de cada soldador.
- Revisar la goma de las placas, pegar si es necesario.
- Revisar el paralelismo de las placas.
- Revisar la presión de las placas que no salga producto de los bordes.
- Ajustar si es necesario.

3.1.3. Semestral

Procedimiento inicial

- Desconectar la tensión eléctrica
- Rotular que la maquinaria se encuentra en mantenimiento
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado

Mantenimiento para el dosificador

- Revisión y lubricación de los empaques del dosificador
- Revisar que gire libremente el émbolo
- Revisar las horquetas y los pasadores del cilindro neumático que no tengan desgaste y si existe rectificar.

Mantenimiento para válvulas dosificadoras 1 y 2

- Revisión y lubricación de los empaques de las válvulas dosificadoras del producto.
- Revisar que tengan desplazamiento libremente.
- Revisar que el acoplamiento de los cilindros neumáticos sea el correcto.

3.1.4. Anual

Procedimiento inicial

- Desconectar la tensión eléctrica
- Rotular que la maquinaria se encuentra en mantenimiento
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado

Mantenimiento del sistema motriz

- Revisión y nivelación de aceite de las cajas reductoras de la máquina
- Revisión de cadenas de rodillos
- Revisión de Sprocket y ajuste de castigadores
- Tensar si es necesario

Mantenimiento del transporte de salida

- Revisión y nivelación de aceite de caja reductora
- Revisión de cadena de rodillos
- Revisión de Sprocket y ajuste de castigadores
- Tensar si es necesario
- Revisar y tensar la faja plana

Mantenimiento de sistema motriz rodillos de arrastre

- Revisión de faja dentada del sistema motriz
- Tensar faja si es necesario
- Revisión y lubricación de los engranes
- Girar manualmente y verificar que no se trabe
- Limpiar los rodillos de arrastre con agua y detergente (no utilizar solventes que dañen los rodillos).

Mantenimiento sistema de pinzas inferiores

- Revisión de faja dentada del sistema
- Tensar faja si es necesario
- Revisión y lubricación de los ejes con aceite
- Desplazar e inspeccionar si se traba en su recorrido.

Mantenimiento de las rótulas

- Revisar que no exista juego en todas las rotulas del sistema motriz, cambiar si existe holgura excesiva.

Mantenimiento del sistema neumático

- Conectar el sistema neumático y abrir la llave de paso de aire.
- Revisar que no exista fugas en mangueras y racores.
- Reparar las fugas si existen.

Mantenimiento al sistema de vacío

- Limpieza al filtro interno y externo de la bomba de vacío.
- Limpieza de los ductos de vacío.
- Revisar la sujeción de las ventosas.
- Cambiar si es necesario.

Mantenimiento al sistema motriz levas

- Revisar que los resortes de palanca de las levas estén en buen estado
- Revisar que los rodillos seguidores de la leva no estén obstruidos o atrancados.
- Revisar si existe desgaste en las levas
- Inspección de desgaste en las chumaceras
- Revisar la holgura de las rótulas, cambiar si es necesario
- Revisar la holgura en los bujes de las palancas de accionamiento
- Ajustas castigadores de las levas

Tabla VI. **Cronograma mantenimiento preventivo**

Mantenimiento a:	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Carro de Pinzas Fijas	X			
Carro de Transporte	X			
Rodillos de transporte de Papel		X		
Grupo de Soldadura Vertical		X		
Dosificador			X	
Válvulas Dosificadoras 1 y 2			X	
Sistema Motriz				X
Transporte de Salida				X
Sistema Motriz Rodillos Arrastre				X
Sistema Pinzas Inferiores				X
Rotulas				X
Sistema Neumático				X
Sistema de Vacío				X
Sistema Motriz de Levas				X

Fuente: elaboración propia.

3.2. Inspección y verificación de paros no planeados de la maquinaria con el plan de mantenimiento en comparación sin el plan de mantenimiento establecido

La inspección realizada constantemente a la maquinaria, junto con el reporte del operario y los datos del mecánico, determina que el cronograma necesita ajustes debido a la incidencia temprana de fallas en los diferentes sistemas antes del mantenimiento preventivo establecido.

- El ajuste y limpieza al carro de pinzas fijas y el carro de transporte es necesario antes del cumplimiento de un mes, por ese motivo se realiza quincenalmente.
- Los rodillos de transporte y la soldadura vertical necesitan su mantenimiento preventivo mensualmente.
- Para el dosificador y las válvulas dosificadoras es necesario que el mantenimiento preventivo sea efectuado bimestralmente.
- Para el sistema motriz, el transporte de salida, el sistema motriz de rodillos, el sistema de pinzas inferiores y las rótulas es necesario por lo menos efectuar su mantenimiento preventivo cuatro veces al año (trimestralmente).
- Y para el sistema de levas, sistema neumático y sistema de vacío, es necesario efectuarle su mantenimiento preventivo dos veces al año (semestralmente).

El programa de mantenimiento preventivo actualizado para la llenadora horizontal queda de la siguiente manera.

Tabla VII. **Cronograma final del mantenimiento preventivo**

Mantenimiento a:	Q	M	B	T	S
Carro de Pinzas Fijas	X				
Carro de Transporte	X				
Rodillos de transporte de Papel		X			
Grupo de Soldadura Vertical		X			
Dosificador			X		
Válvulas Dosificadoras 1 y 2			X		
Sistema Motriz				X	
Transporte de Salida				X	
Sistema Motriz Rodillos Arrastre				X	
Sistema Pinzas Inferiores				X	
Rotulas				X	
Sistema Neumático					X
Sistema de Vacío					X
Sistema Motriz de Levas					X

Fuente: elaboración propia.

Q: Quincenal, M: Mensual, B: Bimestral, T: Trimestral,

S: Semestral

A: Anual

CONCLUSIONES

1. Con este trabajo se generó un historial de las actividades de mantenimiento realizadas a la máquina, estableciendo la mejora continua en las actividades a realizar por parte del Departamento de Mantenimiento para aumentar la productividad de la maquinaria.
2. Establecer una referencia bibliográfica de la maquinaria, para que los Departamentos de Producción y Mantenimiento tengan acceso a la información técnica de la misma, requerida por su personal a cargo.
3. Establecer un orden de los elementos de la máquina en cuanto a su importancia, para poder tomar en cuenta en la programación del mantenimiento la gestión del pedido de repuestos, el tiempo de espera de la compra de repuestos y la fabricación de piezas, para poder efectuar el mantenimiento establecido en este plan.
4. Determinar la frecuencia a la cual se debe de realizar el mantenimiento en cada estructura de la máquina, tomando en cuenta la importancia de las inspecciones a la maquinaria conjuntamente al Plan de mantenimiento, ya que mientras más antigua es la máquina más frecuente debe realizarse el mantenimiento preventivo.

5. Se establecieron las actividades a realizar en cada área de la máquina, siendo éstas la base de la generación de órdenes de trabajo a realizarse, según el programa del Plan de mantenimiento preventivo, para evitar los paros no deseados por falla mecánica, optimizar el tiempo de producción y aumentar la productividad de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la supervisión en el mantenimiento para dar el seguimiento correspondiente al desempeño de la llenadora, para velar el cumplimiento del Plan de mantenimiento y para que en el futuro pueda realizarse ajustes necesarios en la programación del mantenimiento siempre con base en la reducción de costos.
2. Es necesario tener control de los registros del mantenimiento realizado para ver el desempeño de la llenadora en el transcurso del tiempo, y para tener respaldo en una futura auditoría.
3. Que se cumpla con la planificación del mantenimiento establecido por parte de los Departamentos de Producción y Mantenimiento para lograr la mejora continua, evitando los paros de producción por falla mecánica e incrementando así la eficiencia y la eficacia en la producción que da como resultado la satisfacción del cliente.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGREDA GIRÓN, P. M. *Implementación del programa de mantenimiento preventivo, en la empresa Plastigas de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 106 p.
2. ALBARRACIN, Pedro. *Lubricación industrial y automotriz*. 2a ed. México: Omega, 1999. 482 p.
3. CANTORAL VERAS, E.E. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la Industria de Café Quetzal*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 183 p.
4. DEL CASTILLO RODRÍGUEZ F. D. *Tribología: fricción, desgaste y lubricación*. [en línea]. [ref. noviembre 2011]. Disponible en Web: <<http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>>.
5. Eficiencia y Tecnología. *Manual técnico Effytec HB15*. España: Vértice, 2008. 189 p.
6. ESPINOZA, Franco. *Principios de lubricación*. [en línea]. <<http://www.monografias.com/trabajos70/principioslubricacion/principios-lubricacion.shtml>>. [Consulta: diciembre de 2011].

7. FIORENTINO, Emma D. *Publicaciones técnicas S.R.L. Año 17, No. 100*. [en línea]. <www.emmafiorentino.com.ar/EMBALLAGE/PACK-100-EMBALLAGE-II.pdf>. [Consulta: enero de 2012].
8. MARROQUÍN CRUZ, M.E. *Diseño de un programa de mantenimiento para los montacargas de horquilla utilizados en la industria del prefabricado*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 111 p.
9. TORRES, Leandro. *Mantenimiento su implementación y gestión*. 2a ed. Argentina: Universitas, 2007. 347 p.
10. VALPACK. *Envasadoras doy pack*. [en línea]. <<http://www.valpackperu.com/producto3.html>>. [Consulta: enero de 2012].

APÉNDICE

Cronograma mantenimiento preventivo

Mantenimiento a:	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Carro de Pinzas Fijas	X			
Carro de Transporte	X			
Rodillos de transporte de Papel		X		
Grupo de Soldadura Vertical		X		
Dosificador			X	
Válvulas Dosificadoras 1 y 2			X	
Sistema Motriz				X
Transporte de Salida				X
Sistema Motriz Rodillos Arrastre				X
Sistema Pinzas Inferiores				X
Rótulas				X
Sistema Neumático				X
Sistema de Vacío				X
Sistema Motriz de Levas				X

Fuente: elaboración propia.

Cronograma final del mantenimiento preventivo

Mantenimiento a:	Q	M	B	T	S
Carro de Pinzas Fijas	X				
Carro de Transporte	X				
Rodillos de transporte de Papel		X			
Grupo de Soldadura Vertical		X			
Dosificador			X		
Válvulas Dosificadoras 1 y 2			X		
Sistema Motriz				X	
Transporte de Salida				X	
Sistema Motriz Rodillos Arrastre				X	
Sistema Pinzas Inferiores				X	
Rotulas				X	
Sistema Neumático					X
Sistema de Vacío					X
Sistema Motriz de Levas					X

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Coeficientes de Fricción de Grasas

Tipo de Jabón	Coeficiente a 38°C
Aceite Base	0,040
Grasa Compleja	0,034
Grasa-Ca	0,022
Grasa-Na	0,012
Grasa-Li	0,008

Fuente:http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf

Consulta: diciembre de 2011.

Aplicación de las viscosidades

Viscosidad a 40°C	Ejemplo de Aplicación	Carga	Resistencia al Agua	Velocidad	Separación del Aceite
22 cSt	Husillos de alta velocidad	Baja		Alta	Alta
100 cSt	Motores Eléctricos				
150 cSt	Rodamientos de las Ruedas				
220 cSt	Laminación de Acero				
460 cSt	Máquinas de Papel				
1 500 cSt	Acoplamiento de Carga Pesada	Alta	Muy Buena	Baja	Baja

Fuente: http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf

Consulta: diciembre de 2011.

Grados de una grasa según la Norma ASTM D 217

Grado NGLI	Penetración a 25°C (mm)	Aplicaciones
000(liquida)	445-475	Engranajes
00(liquida)	400-430	Engranajes
0(semifluida)	355-385	Cojinetes (centralizados)
1(semifluida)	310-340	Cojinetes (centralizados)
2(blanda)	265-295	Cojinetes
3(regular)	220-250	Cojinetes
4(semidura)	175-205	Cojinetes Lisos
5(dura)	130-160	Cojinetes grasa en briquetas
6(extra-dura)	85-115	Cojinetes grasa en briquetas

Fuente:http://www.wearcheckiberica.es/boletinMensual/PDFs/Principios_basicos_GRASAS.pdf

Consulta: diciembre de 2011.