



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO Y EJEMPLO DE APLICACIÓN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

- Hernández Itzcua Jonatan
- Ortiz García Javier
- Villaseñor Ramírez Yaxel



DIRECTOR DE TESIS:
Ing. Jesús Ávila Espinosa

CIUDAD UNIVERSITARIA

Abril de 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

***SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL
MANTENIMIENTO
Y EJEMPLO DE APLICACIÓN***

INDICE TEMÁTICO

Objetivo

INTRODUCCIÓN

1ª PARTE: Marco teórico

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

- 1.1. Definición de Mantenimiento
- 1.2. Objetivo del Mantenimiento
- 1.3. Antecedentes del Mantenimiento
- 1.4. El Mantenimiento concebido como un sistema
- 1.5. Tipos de Mantenimiento
- 1.6. Vida de un Bien Físico
- 1.7. Los Bienes Físicos de la Empresa en Interacción con la Producción.
- 1.8. Tareas del Mantenimiento
- 1.9. Ingeniería del Mantenimiento
 - 1.9.1. Análisis de Falla

CAPÍTULO II ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

- 2.1. Definición
- 2.2. Importancia de la administración del mantenimiento
- 2.3. Recursos de una Empresa
- 2.4. Herramientas para la Administración del Mantenimiento
- 2.5. El proceso administrativo
 - 2.5.1. Planeación
 - 2.5.2. Organización del Mantenimiento
 - 2.5.3. Programación

- 2.5.4. Dirección
- 2.5.5. Sistema de control
- 2.6. Información para el Mantenimiento
 - 2.6.1. Recopilación de la Información
 - 2.6.2. Cuestionario para la aplicación del mantenimiento
 - 2.6.3. Sistema de Información
- 2.7. Técnicas para la administración del mantenimiento
 - 2.7.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)
 - 2.7.2. Análisis P-M
 - 2.7.3. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)
 - 2.7.4. Mantenimiento Basado en la Eficiencia (ECM)
 - 2.7.5. Elección de técnica
- 2.8. Productividad en la Administración del Mantenimiento

CAPÍTULO III

INSPECCIÓN DE LOS BIENES FISICOS DE LA EMPRESA

- 3.1 Elementos mecánicos
 - 3.1.1 Tornillería
 - 3.1.2 Rodamientos
- 3.2 Análisis Técnicos
 - 3.2.1. Parámetros de control
 - 3.2.2. vibración
 - 3.2.3. Corriente eléctrica
 - 3.2.4. Lubricación
 - 3.2.5. Corrosión
 - 3.2.6. Termografía
- 3.3 Servicio
 - 3.3.1 Limpieza
 - 3.3.2 Seguridad

2ª PARTE: Caso de estudio**CAPÍTULO IV
SITUACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

- 4.1 Historia de la Empresa
- 4.2 Ubicación de la Empresa
- 4.3 Objetivos
- 4.4 Recursos Humanos
- 4.5 Arreglo de conjunto
- 4.6 Producción
 - 4.6.1 Narrativa del proceso
 - 4.6.2 Macroproceso
 - 4.6.3 Diagrama de proceso de la operación
 - 4.6.4 Diagrama de recorrido
- 4.7 Bienes físicos de la empresa
- 4.8 Problemas encontrados en las tareas de Mantenimiento
- 4.9 Bases para la implantación del Mantenimiento
- 4.10 Implantación de un Sistema de Mantenimiento Autónomo en la planta de Producción
- 4.11 Recursos Técnicos de apoyo para los Trabajos de Mantenimiento
- 4.12 Acciones Estratégicas para mejorar el Mantenimiento de la Empresa

**CAPÍTULO V
MANTENIMIENTO A MAQUINARIA CRÍTICA**

- 5.1 Compresores
 - 5.1.1. Estructura de los compresores
 - 5.1.2. Mantenimiento
- 5.2 Manejo y Mantenimiento de la Máquina Inyectora de Plástico
 - 5.2.1. Observaciones Generales
 - 5.2.2. Procedimiento de Prueba
 - 5.2.3. Prueba de Seguridad
 - 5.2.4. Panel de Control Manual

- 5.2.5. Revisión de la Batería
- 5.2.6. Posicionador del Potenciométrico de Cierre
- 5.2.7. Interruptores de Fin de Carrera
- 5.2.8. Reguladores de Temperatura
- 5.2.9. Controles varios
- 5.2.10 Procedimiento de Purga y Cambio de Color
- 5.3 Bomba
 - 5.3.1. Mantenimiento
 - 5.3.2. Localización de las causas de falla
- 5.4 Torres de enfriamiento
 - 5.4.1. Componentes de la torre de enfriamiento
 - 5.4.2. Influencias externas sobre el funcionamiento de la torre
 - 5.4.3. Mantenimiento de las Torres de enfriamiento
- 5.5 Motores Eléctricos

CAPÍTULO VI

SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

- 6.1 Beneficios de la implantación de un Software para la Administración del Mantenimiento.
- 6.2 Opciones de Software para la Administración del Mantenimiento.
- 6.3 Descripción del Software MP para la Administración del Mantenimiento

Conclusiones

Bibliografía

Objetivo General:

Establecer los criterios de la Gestión del Mantenimiento en una empresa, mediante la aplicación de un ejemplo real de una industria.

INTRODUCCIÓN

Por muchos años, el Mantenimiento ha sido delegado a personas con conocimientos meramente técnicos prácticos; salvo en la industria pesada y algunas empresas grandes, es poco frecuente que en las empresas, ya sea de servicio o producción, exista un departamento bien constituido de Mantenimiento que planee permanentemente en forma integral sus actividades; en ocasiones algunos empleados son encomendados a atender tareas de mantenimiento como “apaga fuegos”.

En visitas técnicas a diversas empresas notamos que la situación descrita anteriormente es común, de ahí surgió la inquietud por desarrollar este trabajo que sirva como orientación a las empresas para crear un departamento de Mantenimiento y darle formalidad e importancia a esta área. Tomamos como caso de estudio una empresa mexicana que enfrenta la problemática de no tener planes para la prevención de fallas.

Nadie piensa en mantenimiento al menos que suceda algún accidente, entonces sí, directivos y el personal en general exigen al “improvisado” encargado de mantenimiento, reclamándole las considerables pérdidas económicas o hasta las vidas de quienes perecieron como consecuencia del accidente.

Entonces surge la pregunta ¿Es costoso el mantenimiento?, todo tiene su precio y reproduciendo la filosofía de Crosby, gurú de la Calidad, decimos que “El mantenimiento eficiente cuesta pero cuesta más no tenerlo”.

El mantenimiento debe considerarse como una **inversión** siempre que éste sea bien planeado, ejecutado y monitoreado, pues de lo contrario se convertirá en un gasto al tener que ir parchando situaciones de emergencia.

Por lo anterior el mantenimiento protege tanto el rendimiento de la empresa como sus inversiones, por consiguiente los bienes físicos de la empresa (bifs como los

denomina la Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A.C. SOMMAC) deben ser diseñados y operados adecuadamente para conseguir el rendimiento esperado y los estándares de calidad.

El Mantenimiento requiere un enfoque global que lo integre en el contexto empresarial con la importancia que se merece, como son la inversión inicial y la operación. Su papel destacado en la necesaria orientación a los negocios y resultados de la empresa, es garantizado por su aportación a la competitividad a través del aseguramiento de la fiabilidad y disponibilidad de los bifs.

EL objetivo principal en la función de Mantenimiento es asegurar que todos los recursos físicos de la empresa cumplan y continúen cumpliendo con la función para la cual fueron diseñados dentro de un marco de referencia económico.

En un curso impartido por el Ing. Jesús Avila a trabajadores de PEMEX, dijo: **“El Jefe de Mantenimiento debe tener conocimientos básicos en ...”**, todos en suspenso con la pluma puesta sobre el papel esperaban ansiosos los conceptos básicos que englobase el mantenimiento y el Ingeniero Ávila termina su frase diciendo **“... TODO”** suena tan ambicioso el comentario, pero sin mucha reflexión reconocemos que encierra tanta verdad. Pues en el desarrollo de este trabajo, nos fuimos sumergiendo en un caudal de conocimientos diversos: Administración, Mecánica, Estadística, Probabilidad, Relaciones humanas, Planeación, Instalaciones Electromecánicas, Estructuras e Ingeniería Económica, son solo algunas de las disciplinas que forman parte del Mantenimiento.

El personal que se dedica al mantenimiento (mantenentes, nombre que asigna SOMMAC) ha tenido que adaptarse a nuevas formas de pensar y actuar, manteniéndose a la vanguardia tanto en aspectos tecnológicos como filosóficos y conjugando como ingenieros la visión económica administrativa.

El Mantenente debe contemplar las Tareas, Ingeniería y Administración del Mantenimiento (TIA)

La formación como Ingeniero Industrial, nos encamina a ser buenos Jefes de Mantenimiento, ya que el Mantenimiento es la unión entre las diversas disciplinas vistas como archipiélagos de conocimientos integrados en una sola nación.

Sería demasiado ambicioso decir que a lo largo de este trabajo se emplean todos los soportes que hacen firme el Mantenimiento, sin embargo a nuestra consideración destacamos los aspectos más importantes que guían al Manteneute para implementar un Sistema de Administración del Mantenimiento (SAM).

Durante esta lectura, se exhorta a que el Mantenimiento siempre debe considerarse dentro de un ambiente SOL (Seguridad, Orden y Limpieza) para que resulte efectivo.

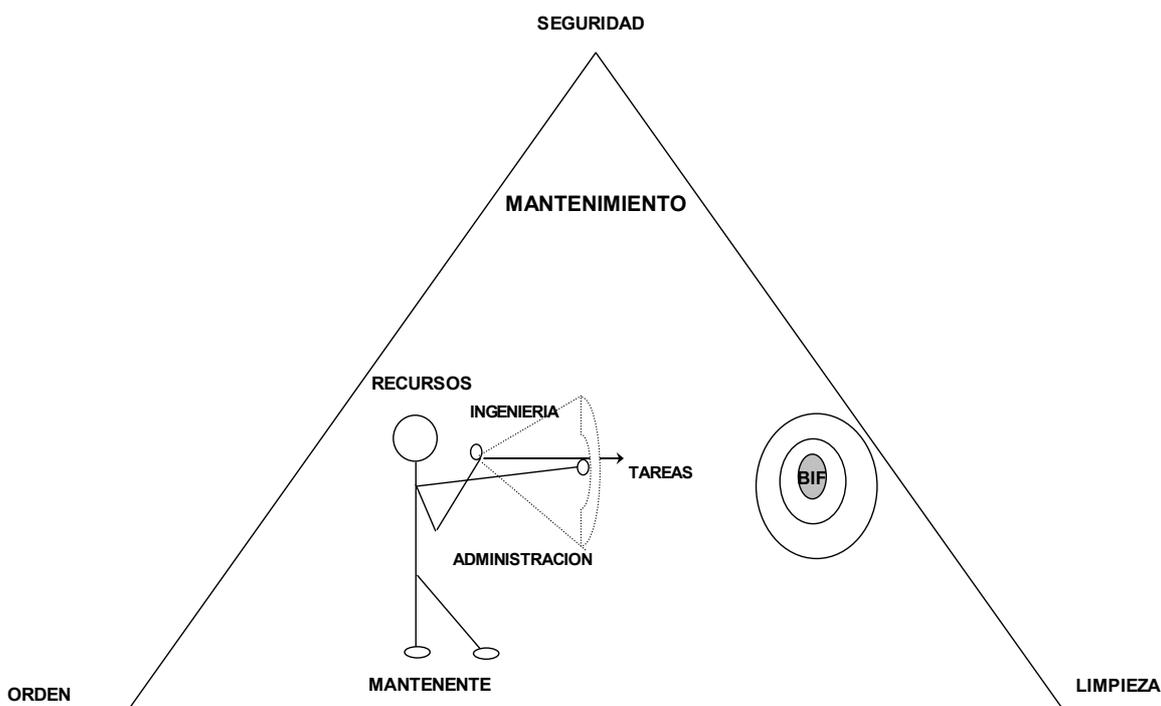


Imagen tomada del libro, Conceptos Básicos del Mantenimiento

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

1.1 Definición de Mantenimiento

Mantenimiento se puede definir simplemente como la acción emprendida para reparar o reemplazar maquinaria, instalaciones, construcciones y sus componentes a fin de restaurarlas a sus condiciones operativas normales.

También mantenimiento se describe como el desarrollo de actividades tendentes a lograr que algo se deteriore en igual o menor grado que el plan considerado en un diseño, o se obtenga mayor “vida económica”.¹

Jesús A. Ávila (2001) lo define como el conjunto de actividades desarrolladas con el objetivo de tener los bienes físicos (bif) de una empresa en condiciones adecuadas de funcionamiento.

Por otro lado, el mantenimiento considera el funcionamiento en condiciones económicas de los (bif), ya que un buen mantenimiento cuesta, pero un pobre mantenimiento cuesta más. Rubén Ávila (2001).

En general distintos autores coinciden en que el mantenimiento es un conjunto de actividades para prevenir o corregir el deterioro del rendimiento general de los bifs de la empresa.

1.2 Objetivo del Mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es lograr la máxima vida económica de un edificio, equipo, sistema o producto; esto implica que el mantenimiento es indispensable para

¹ Rubén Avila Espinosa Pag. 22

que los (bif) tengan mejor fiabilidad, disponibilidad, seguridad, funcionabilidad, operabilidad y apariencia.²

1.3 Antecedentes del Mantenimiento

Los constantes cambios tecnológicos, las exigencias de los organismos de certificación y el cumplimiento de normas nacionales e internacionales han traído consigo la persistente evolución de filosofías en distintos ámbitos de la empresa como son calidad, planeación y control de la productividad y el mantenimiento no ha sido la excepción.

Las distintas filosofías tienden a objetivos comunes: mejora de los procesos, minimizar tiempos muertos, más clientes satisfechos, consolidación en el mercado, optimización de recursos, etc

El mantenimiento ya no solo evalúa las fallas de los equipos como sucesos aislados, ahora analiza de un modo integral como afectan a la seguridad, al medio ambiente, al proceso y por ende a la calidad del producto.

La evolución del mantenimiento comprende tres generaciones³, diferenciadas principalmente por sus expectativas.

Primera generación

Cubre el período hasta el final de la II Guerra Mundial, en ésta época las industrias tenían pocas máquinas, eran muy simples, fáciles de reparar y normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada no eran importantes. La prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento reactivo o de reparación.

² Jesús Ávila, Conceptos básicos del Mantenimiento 2001

³ Introducción al Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM2. Revista Con mantenimiento productivo artículo No20

Segunda generación

Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de trabajadores industriales. Esto llevó a un aumento en la mecanización. Ya en los 50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas y la industria estaba empezando a depender de ellas.

Al incrementarse esta dependencia, se centró la atención en el tiempo parada de máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos debían ser prevenidas, llegando al concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados.

El costo del mantenimiento comenzó a elevarse rápidamente en relación a otros costos operacionales. Esto llevó al crecimiento de sistemas de planeamiento y control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.

Por último, la suma del capital ligado a activos fijos junto con un elevado incremento en el costo del capital, llevó a la gente a maximizar la vida útil de estos activos/bienes.

Tercera generación

Se inicia a mediados de la década de los setenta donde los cambios, a raíz del avance tecnológico y de nuevas investigaciones, se aceleran. Aumenta la mecanización y la automatización en la industria, se opera con volúmenes de producción más altos, se le da importancia a los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción, alcanzan mayor complejidad las maquinarias y aumenta nuestra dependencia de ellas, se exigen productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo.

Hasta 1980 la mayoría de las industrias de los países occidentales tenían una meta bien definida, obtener a partir de una inversión dada, el máximo de rentabilidad de esta.

Sin embargo cuando el cliente comenzó a convertirse en un elemento importante, muchas de las decisiones tomadas tenían que ver con este, puesto que exigía calidad en el producto o servicio proporcionado.

Este nuevo factor de calidad se convirtió en una necesidad para poder seguir teniendo un lugar competitivo dentro del mercado nacional e internacional. Igualmente, a la industria le interesaba mantener una alta productividad, para ello se necesitaba alcanzar y conservar altas eficiencias en todo el equipo y maquinaria, de esta forma suponían que la inversión retornaría más rápido.

Así surge la necesidad de crear un área o departamento que se responsabilice y asegure que la productividad de la planta no se verá afectada por algún tipo de avería o algún paro del equipo. En un principio no se prestaba mucha atención a lo que a mantenimiento se refiere, hasta que las empresas se dieron cuenta que uno de los gastos más importantes eran por falta de esta actividad, además de que los costos por mantenimiento ocupaban el primer o segundo lugar dentro de los gastos más significativos.

Entonces se decidió atribuir una serie de responsabilidades a este departamento, como reducir el tiempo de paralización de los equipos, reparación en el tiempo oportuno, garantizar el funcionamiento continuo de todo el equipo, de forma que los productos no salieran de los límites y estándares establecidos por control de calidad.

Nuevas Expectativas

Cada vez aparecen más fallas que acarrear serias consecuencias para el medio ambiente o la seguridad, al tiempo que se elevan las exigencias sobre estos temas. La integridad de los activos físicos cobra ahora una nueva magnitud que va más allá del valor de adquisición, crece el costo de tenerlos y operarlos, tornándose para algunas empresas en una cuestión de supervivencia. Al mismo tiempo los activos físicos deben funcionar eficientemente cuando se les necesite ya que esto asegura la amortización de la inversión que representan.

1.4 El Mantenimiento concebido como un sistema

El Sistema de Mantenimiento establece los objetivos y determina la filosofía de mantenimiento a efectuar dentro de la empresa.

El Sistema de Mantenimiento de manera integral y sistemática determina la participación de⁴:

- **Tareas.** Son el objetivo básico del mantenimiento a través del desarrollo de las actividades físicas
- **Ingeniería.** Soporte fundamental para tener y mejorar las condiciones adecuadas de funcionamiento de los bifs, optimizando los recursos
- **Administración.** Coordinación de los recursos de la empresa

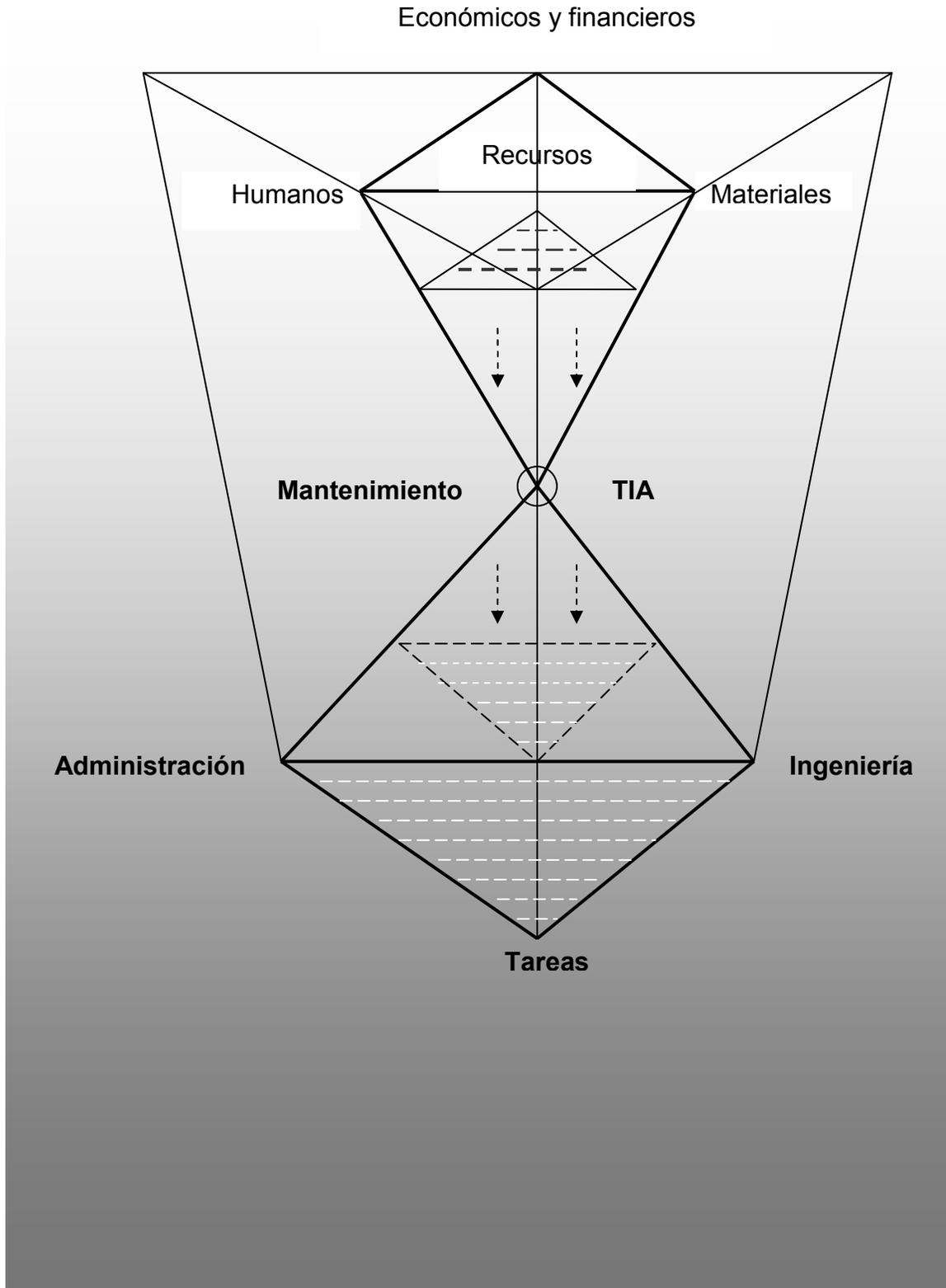
Una organización es un sistema, porque transforma por medio de procesos los recursos físicos y humanos recibidos como entradas, en bienes y servicios. Todo esto es posible por la interacción de la organización con su medio ambiente; y su supervivencia dependerá de la habilidad de la organización para satisfacer la demanda del medio exterior.

Al ver el Mantenimiento como un sistema permite conocer las propiedades que este tiene, al analizarlo como un todo se logra el incremento de productividad del sistema total, solo si se mejora la de los subsistemas componentes, encausados hacia objetivos comunes.

La organización o empresa es el sistema a mejorar, el cual se compone de varios subsistemas, entre los que se encuentra el de mantenimiento.

En la figura 1.1 se muestran los recursos básicos que habrá que administrar para el desarrollo del Mantenimiento.

⁴ Jesús Ávila Espinosa. Administración del Mantenimiento



1.1 FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO⁵

⁵ Jesús Ávila Espinosa. Administración del Mantenimiento. p. 2/18

El sistema de Mantenimiento es visto como un sistema abierto porque interactúa constantemente con otros sistemas, hay intercambio de información. Estos intercambios determinan su equilibrio y continuidad.

Se busca asegurar que los distintos subsistemas componentes estén balanceados para que el sistema total se mantenga en equilibrio, esto lo hace mediante mecanismos o técnicas de mantenimiento, las cuales se explicarán más adelante. Estable no significa equilibrado totalmente, sino que sus desequilibrios pueden ser permanentemente compensados, esto se puede lograr mediante procesos y técnicas flexibles.

Debido al constante desarrollo de la tecnología, el Mantenimiento debe ser un sistema adaptable, es decir, poder modificar sus características en respuesta a los cambios internos y externos a través del tiempo.

1.5 Tipos de Mantenimiento

La clasificación más simple de los tipos de Mantenimiento, se divide en tres: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y a la combinación de ambos llamémosle Mantenimiento Mixto; La diferenciación es clara; la falla ya sucedió o está por suceder (se puede prevenir).

Más adelante se describen las ramas en las que se han dividido los dos tipos de Mantenimiento, ya que el conocimiento de los mismos resulta útil para comprender distintas filosofías. Pero antes, con un ejemplo sencillo explicaremos los dos principales tipos de mantenimiento:

En un primer caso, imaginemos una persona X que va al médico para su revisión anual, después de practicarse algunos estudios el médico le señala que su nivel de colesterol se está saliendo de los parámetros normales y que de continuar así las probabilidades de que su máquina crítica (Corazón) falle son altas. El médico le

recomienda ciertos medicamentos, régimen alimenticio y ejercicios. Con este proceso se entiende que se puso en práctica el mantenimiento preventivo.

En un segundo caso, consideremos a una persona Y que no acostumbra hacerse chequeos médicos de control. La persona Y es llevada de urgencia al hospital porque ha sufrido un infarto, por obstrucción de las arterias. En este caso la falla de la máquina crítica (Corazón) ya se ha presentado y lo que sigue es corregir el daño (operar, resucitar, etc.). En esta situación se estaría aplicando un Mantenimiento Correctivo.

Del ejemplo se concluye que es mejor prevenir que lamentar, filosofía que las empresas deben tener continuamente en mente.

a) Mantenimiento Correctivo (MC)

Es la eliminación de fallas a medida que éstas se presentan o se hacen inminentes. Debe entenderse que falla es una condición del bif a la que no se debería haber llegado; no es necesariamente un paro operativo.

Las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son fundamentalmente la Reparación y el Reemplazo. Su implantación es fácil y muy barata, ya que no se requiere de análisis, estudios y/o trabajos previos. Es decir, no se hace nada hasta que no se presenta la falla.

Asimismo, es la restitución de las características de funcionamiento de un equipo o sistema después de ocurrida la falla. Por lo general estas fallas acarrearán retrasos en la productividad y por consecuencia pérdidas para la empresa en general.

Los costos de Mantenimiento Correctivo son aquellos originados cuando el equipo falla o no puede ser operado a un costo razonable: estos incluyen también el tiempo de producción perdido, el costo de reparación en sí y en algunos casos el costo de

reembolso de equipos, los cuales con mejor mantenimiento pudiesen haberse salvado.

El Mantenimiento Correctivo de emergencia se origina por las fallas de los bienes físicos de la empresa que requieren ser corregidos en plazo breve.

Principales errores que conllevan a la aplicación del Mantenimiento Correctivo⁶:

- Mala operación. Provocada en gran medida por deficiencias en la capacitación y la negligencia de los operadores.
- Fin de vida útil. Parámetro difícil de medir por desconocimiento sobre todo cuando el equipo adquirido es usado.
- Mala lubricación. Seleccionar los lubricantes y refrigerantes adecuados e implantar un programa de aplicación.
- Falta de o mala limpieza. La mayoría de las fallas se presentan por no tener los componentes libres de suciedad.
- Malas reparaciones. Depende de la capacitación teórica y práctica
- Falta de comunicación. Producción debe trabajar en equipo con Mantenimiento.

b) Mantenimiento por Averías

Es otra modalidad del Mantenimiento Correctivo, debido a que el departamento de mantenimiento entra en acción una vez que la falla se ha presentado. Su objetivo consiste en restituir las condiciones del bien físico de la empresa hasta las condiciones normales de operación. El mantenimiento por averías tiende a no ser planificado ni programado, debido a que se atiende la falla de manera imprevista, estando el departamento en una constante situación de emergencia.

⁶ Las técnicas de mantenimiento, parte integral de la mejora continua y la productividad RHI – Refmex. Revista Con Mantenimiento Productivo N° 18

Argumentos para no aplicar este tipo de mantenimiento:

- I. Las fallas críticas suelen provocar el paro de la producción en momentos poco oportunos.
- II. Tiende a disminuir la vida útil económica de las máquinas.
- III. Fiabilidad y disponibilidad de las máquinas en duda.
- IV. Ocurrencia de fallos catastróficos que pueden afectar la seguridad y el medio ambiente.
- V. Evaluando las consecuencias suele ser un mantenimiento de alto costo.

c) Mantenimiento Reactivo

Estrategia con la cuál se permite a la máquina funcionar hasta la falla y sólo hasta ese momento se decide realizar la reparación o reemplazo de ella.

Este mantenimiento se puede programar considerando un margen de holgura, con base en la vida útil del componente que tiende a fallar, es conveniente aplicarlo cuando la falla del elemento no acarrea un deterioro a otros componentes de la máquina o situaciones de emergencia.

Por ejemplo; un foco de una oficina se puede reemplazar cuando este falle sin que se llegue a situaciones de riesgo o emergencia. Si el foco está dentro de un quirófano, no sería nada deseable que durante una cirugía este falle. De lo anterior es apreciable la importancia de jerarquizar los bienes físicos de la empresa.

d) Mantenimiento Preventivo (MP)

Es la detección de posibles fallas y su corrección antes del tiempo en el que se habrían presentado, o bien se hace la corrección de la falla en su estado inicial.

Este tipo de mantenimiento en apariencia es costoso, pero se ha demostrado que resulta más costoso no aplicarlo.

La detección de las fallas se obtiene a partir de la tarea de Inspección y/o la Estadística (análisis y estudio de la información). El reemplazo efectuado oportunamente puede ser hecho como medida preventiva. El MP puede ser definido también por el conjunto de actividades desarrolladas en un bien físico para maximizar su disponibilidad, reducir el número “normal” de paros imprevistos y optimizar el tiempo dedicado a la aplicación del mantenimiento.

Intensidad del MP. Un sistema MP debe ser la resultante de una adecuada planeación, en la que es básico establecer la intensidad y profundidad del mantenimiento, conociendo la planeación de la empresa y en particular la planeación de la operación de los bifs.

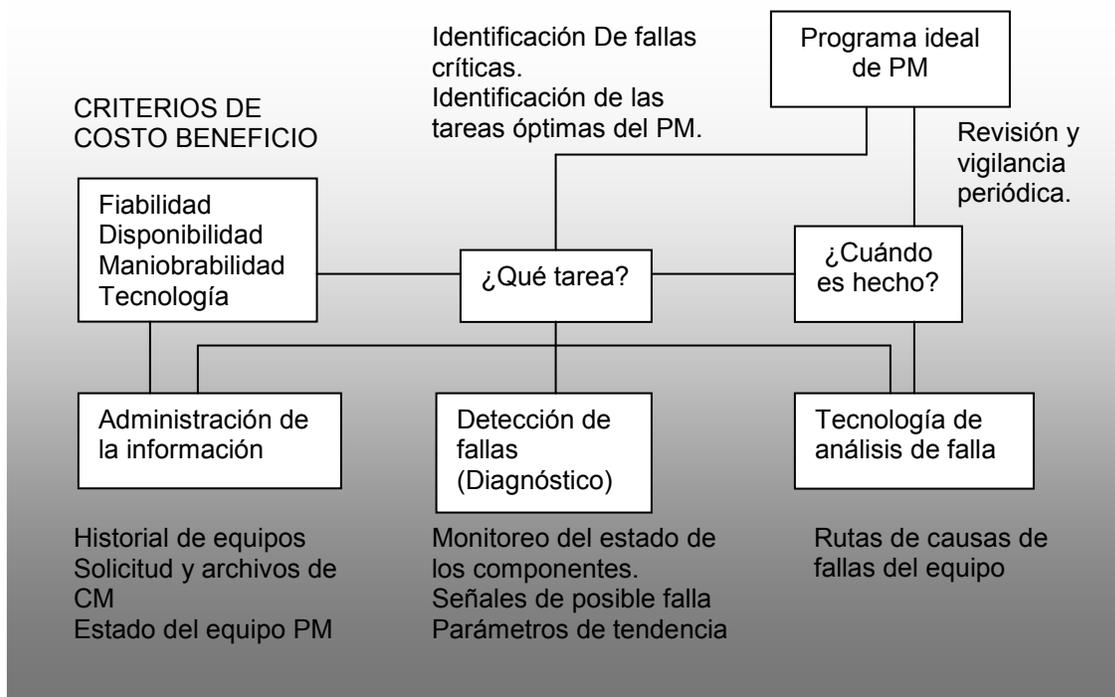
Por lo tanto el nivel de mantenimiento es un concepto dinámico que debe tomarse en consideración al definir la cantidad de mantenimiento, como resultado de la variación de la planeación y condiciones, incluso no técnicas, que lo determinan.

Ventajas del mantenimiento preventivo

- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

En el diagrama 1.2 se muestra el proceso del Mantenimiento preventivo.

1.2 Diagrama Mantenimiento preventivo⁷



Los pasos que se necesitan para la implantación de un programa de Mantenimiento Preventivo son:

1. Determinar las unidades críticas.
2. Clasificar las unidades dependiendo los tipos de componentes.
3. Determinar los procedimientos de mantenimiento preventivo para cada tipo de componente.
4. Desarrollar un plan de trabajo para cada procedimiento.
5. Determinar un horario para cada tarea de Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de técnica ayuda a la administración de mantenimiento a llevar un control más detallado sobre el estado de cada uno de los bifs.

⁷ Smith, A. Reliability – Centered Maintenance. Mc Graw – Hill. Estados Unidos, 1993. p. 23

e) Mantenimiento Rutinario (MR)

Es la forma más básica del Mantenimiento Preventivo al consistir en un conjunto de tareas simples que el mismo operario puede ejecutar con frecuencias regulares. La tarea más representativa en el MR es el Servicio, sin embargo no debe confundirse con éste.

El objetivo de la acción de Mantenimiento Rutinario, es garantizar la operabilidad del equipo para las condiciones mínimas requeridas en cuanto a eficiencia, seguridad e integridad.

f) Mantenimiento Predictivo

Es una variante del Mantenimiento Preventivo. Para la aplicación de este tipo de Mantenimiento, es importante que la planta cuente con un mecánico que mediante un programa preestablecido, siga las rutas de inspección a cada una de las áreas, incluyendo equipos y sus componentes.

Este Mantenimiento planificado y programado se fundamenta en el análisis técnico, de esta manera se adelanta al suceso de la falla, es decir, detecta las fallas potenciales con el sistema en funcionamiento.

Empleando instrumentos como el estetoscopio (medidor de ruidos), analizador de vibraciones, amperímetro y medidor de temperatura láser, entre otros, conjugados con la experiencia y los sentidos es posible detectar las fallas y hacer los cambios en intervalos muy cercanos al término de la vida útil de las partes.

g) Mantenimiento Detectivo⁸

Su importancia radica en enfocarse a la detección específica de fallas en los sistemas de protección y de alarmas electrónicas. Es una herramienta nueva que mediante la programación, contempla la mayor parte de los bifs de la empresa. Se

⁸ Las técnicas de mantenimiento, parte integral de la mejora continua y la productividad RHI – Refmex. Revista Con Mantenimiento Productivo N° 18

enfoca en la prevención de las fallas ocultas que suelen ser desastrosas y ponen en riesgo la seguridad de los empleados y de las operaciones.

h) Mantenimiento Mayor

Este tipo de Mantenimiento consiste en restituir las condiciones generales de servicio, para satisfacer un periodo de tiempo considerable con la mínima probabilidad de falla dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requerida desde el punto de vista de diseño.⁹

i) Mantenimiento Proactivo

Este Mantenimiento conjunta al Mantenimiento Preventivo y Predictivo, con el fin de maximizar la vida útil operativa de las máquinas y sus componentes, identificando y corrigiendo las causas que comúnmente originan las fallas.

1.6 Vida de un Bien Físico

El Mantenimiento es el responsable de los bif de la empresa y por lo tanto su primer compromiso es el conocimiento de éstos, determinando así su universo de trabajo (campo de aplicación). Es importante mencionar que no se debe asociar únicamente el término bif a maquinaria y equipo ya que estaríamos limitando la aplicación del Mantenimiento, Instalaciones electromecánicas, hidráulicas, neumáticas, La estructura civil y arquitectónica, por mencionar algunos, son también bienes físicos de la empresa susceptibles a recibir mantenimiento.

El Mantenimiento solamente puede garantizar la capacidad incorporada o fiabilidad inherente de cualquier elemento, no puede aumentarla; si un equipo es incapaz de cumplir el funcionamiento deseado desde el principio de la puesta en servicio, el mantenimiento por sí sólo no puede alcanzarlo, es decir, con órdenes de trabajo preventivo no se mejora la fiabilidad de los sistemas incapaces de satisfacer a los

⁹ Moubray, J. (1997, Febrero 01). Applying and Implementing Risk-based Inspection Programs. Maintenance & Reliability. Hydrocarbon Processing, p.44.

usuarios. En tales casos deben modificarse los elementos para que puedan realizar el funcionamiento deseado; la otra opción es reducir las expectativas.

De lo anterior queda claro que el Mantenimiento prolonga, hasta donde resulte económico, la “vida de un bif”.

Vida útil. En esta vida se tiene una fiabilidad decreciente (lineal) para un mantenimiento regular, con valores casi constantes de costo, frecuencia e intensidad. Normalmente corresponde al período en el cual se tiene técnicamente una adecuada operación.

Vida infantil. Es el período inicial de operaciones de un bif. En este tiempo existen altas probabilidades de falla, ya que los defectos de calidad se hacen aquí evidentes., debiendo distinguirse sus causas (diseño, fabricación, materiales, montaje).

Vida económica. Es función de las condiciones sociales, políticas, legales, de mercado u otras de la empresa, el país y/o del tipo mundial, la vida económica es determinada por la fiabilidad requerida por operación; una compra y/o rehabilitación inadecuada puede dar por terminada la vida económica de un bif.

1.7 Los Bienes Físicos de la Empresa en Interacción con la Producción.

Lograr la efectividad global de los equipos, es resultado de la coordinación de diversos factores, que a su vez impactan en la productividad de la empresa. La Producción (P) no es el resultado de un esfuerzo aislado, sino el producto de una acción combinada la cual se inicia con la Capacidad Instalada (C), que depende de la inversión realizada; sigue con el Ritmo (R), que depende de cómo se efectúe la operación de las instalaciones; continúa con la Calidad (Q), la cual es función del sistema de gestión de calidad que la empresa haya desarrollado; para terminar con

la Disponibilidad (D), la cual depende del Mantenimiento que realicemos. Los cuatro factores son necesarios para el desarrollo de la producción.

$$P = C \times R \times Q \times D$$

Donde:

P = Producción

R = Ritmo

C = Capacidad instalada

Q = Calidad

D = Disponibilidad

Esto nos lleva al primer gran indicador a tener en cuenta que es la Efectividad Global de Equipos (EGE), el mismo es a su vez el producto de tres indicadores también muy importantes, el Ritmo, la Calidad y la Disponibilidad.

$$EGE = R \times Q \times D \quad (\%)$$

El Ritmo es la relación entre la capacidad real y el total de ésta más las pérdidas por trabajo en vacío, pequeñas paradas y ritmo reducido.

$$R = CR / (CR + PV) \quad (\%)$$

Donde:

CR = Capacidad Real

PV = Pérdidas por trabajo en vacío

La Calidad es la relación entre los productos aceptables y los rechazos por defectos en el proceso o disminución de rendimientos más los productos aceptables.

$$Q = P1^aC / (P1^aC + RE) \quad (\%)$$

Donde:

P1^aC = Productos Aceptables

RE = Rechazos por Defectos

La Disponibilidad es la relación entre el tiempo de operación real y el tiempo total programado a operar, que es la suma del tiempo de operación real, el tiempo de reparación y el tiempo de espera.

$$D = TO / (TO + TR + TE) \quad (\%)$$

Donde:

TO = Tiempo de Operación Real

TR = Tiempo de Reparación

TE = Tiempo de Espera

Fiabilidad. Es la probabilidad de que un bif funcione adecuadamente, sin detrimento de sus niveles de servicio, sin fallas y con las condiciones esperadas (disponibilidad, continuidad, eficiencia, rendimiento, seguridad), cuando ha recibido el mantenimiento prescrito y se ha utilizado para los trabajos y condiciones para las cuales fue diseñado, para un intervalo de tiempo definido. La fiabilidad es el inverso de la probabilidad de falla.

Cantidad de mantenimiento. Considera el total de recursos empleados (mano de obra, materiales, consumibles, herramental, equipo y dinero). Puede considerarse como el valor invertido en incrementar la fiabilidad de un bif.

Producción. La producción u operación de un bif determinan la frecuencia requerida de mantenimiento.

La relación fiabilidad en el tiempo es la intensidad del mantenimiento y su cantidad; la combinación de estos parámetros y la frecuencia determinan el nivel adecuado de mantenimiento por aplicar.

Sobre mantenimiento. Aplicar un sobre mantenimiento o un mantenimiento exagerado no es económico, principalmente por los costos indirectos de control y administración involucrados, además de que los paros de los bif son tan frecuentes que alterarían el flujo de operación.

Bajo mantenimiento. Optar por un bajo mantenimiento o un mantenimiento pobre, tampoco es económico, ya que la pérdida de la fiabilidad es muy grande y por lo tanto se está incurriendo en riesgos mayores.

Mantenimiento adecuado. El adecuado mantenimiento es económico y considera una serie de factores tales como:

- Costo y disponibilidad de refacciones
- Factores políticos o de imagen
- Necesidad de continuidad de operación
- Oportunidad de paro para efectuar las tareas
- Probabilidad de falla
- Riesgos por falla

1.8 Tareas del Mantenimiento

Para cumplir con el objetivo fundamental del mantenimiento se requiere realizar diferentes actividades físicas (tareas), dentro de las cuales se consideran como básicas:¹⁰

a) Servicio

Servicio es mantener la buena apariencia y adecuado funcionamiento de los bif, la higiene del personal y seguridad de la empresa y se presenta tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo. Dentro de la apariencia se conjugan normalmente la comodidad y el confort.

Dentro de las tareas de servicio destacan por su importancia y común aplicación el secado, apriete (calibración, carga de fluidos, control de plagas, desinfección y jardinería) y limpieza (lubricación, pintura, protección contra corrosión y recubrimiento).

¹⁰ Jesús A. Espinosa, 2001 Conceptos Básicos del Mantenimiento 15ª edición p. 21

b) Cambio

Cambio o reemplazo es restablecer el adecuado funcionamiento de los bif al reemplazar los elementos por alguna de las siguientes causas:

- Defectuosas
- Deterioradas
- Falladas
- Programadas
- Fin de vida útil o económica

Despiece

Para el desarrollo del Mantenimiento es necesario que se haya establecido previamente la forma de su aplicación en el bif en cuanto a la integración de sus elementos, es decir su despiece o árbol de equipo.

Considera normalmente:

- Partes
- Componentes
- Sistemas

c) Reparación

Reparación es restablecer el adecuado funcionamiento del bif y obtener la fiabilidad requerida. La reparación dentro de un MP es la recuperación de la fiabilidad del bif en el momento oportuno, previamente definido, con una mantenibilidad calculada. Las reparaciones pueden ser definidas como:

- Reparación menor
- Reparación mayor
 - * Rehabilitación (overhaul)
 - * Reconstrucción
- Restauración

Para cada tipo de reparación debe de asignarse el mantenerse competente, con un soporte de ingeniería acorde con la trascendencia de la tarea por efectuar.

d) Inspección

La inspección tiene como objetivo la detección de fallas potenciales en cualquiera de sus etapas. Dentro de esta tarea se tienen diferentes grados de inspección que representan los cuidados y la inversión de los recursos.

La inspección en un sentido más amplio tiene la obligación de efectuar un seguimiento de las tareas o acciones.

Mediante la inspección se debe contemplar un Análisis de Ingeniería que cubra los siguientes conceptos:

Análisis de fallas	Clasificación de los elementos	Tipos
Control de calidad	Desarrollo del proceso	Uso
Frecuencia	Forma	
Personal	Capacitación	

e) Modificación

Modificación es reducir o eliminar las fallas repetitivas mediante la alteración del diseño original en forma empírica. La iniciativa de la modificación de un bif es consecuencia de la necesidad de corregir o simplemente adecuar el diseño a las condiciones de trabajo, detectadas, analizadas, conceptualizadas e implantadas en su aplicación física por la participación activa del personal que desarrolla las tareas del mantenimiento.

f) Uniformidad, Substitución y Estandarización

Son tareas de cambio, soportadas por ingeniería, como acciones planteadas y coordinadas por el área de Mantenimiento dentro de un Programa específico conforme a la planeación de la empresa.

Estas tareas deben tenerse presentes y ser revisadas periódicamente para obtener en los bif de la empresa las ventajas que estas representan.

Uniformidad, es el cambio de los bif por otros de iguales características y/o marcas comerciales.

Substitución, es el reemplazo de un bif por otro no idéntico (con características diferentes), pero en operación y función similar.

Estandarización, El cambio vía estandarización contempla las aplicaciones: Normalización y Comercial.

g) Remanufactura y Reconversión

Estas tareas aunque puedan ser consideradas como reparación y/o modificación, son acciones que por su inversión, importancia y desarrollo necesario de la ingeniería se presentan como opciones específicas.

1.9 Ingeniería del Mantenimiento

Para Rubén Ávila la ingeniería del mantenimiento es efectuar el mantenimiento en función de los objetivos y planeación de la empresa, acorde con la vida económica de los bif que la integran.

Dinámica del mantenimiento.

El sistema por aplicar en una empresa debe ser dinámico, lo cual contempla que todas las actividades deben ser revisadas para comprobar su validez y aplicación.

Mantenimiento debe ajustarse en función de:

- Cambios en las condiciones existentes
- Comportamiento del sistema
- Experiencia en la operación
- Involucramiento del personal
- Retroalimentación

Como criterios auxiliares para determinar la conveniencia de efectuar ajustes en el mantenimiento se tienen, entre otras, las siguientes:

- Consultoría
- Visitas técnicas

Documentación

Representa dejar constancia de su desarrollo a través de la documentación del trabajo, mediante los siguientes métodos:

Bitácora

Este documento es el registro regular de los acontecimientos importantes en el desarrollo del Mantenimiento, indicando las instrucciones dadas y recibidas, que representen una responsabilidad adicional al desempeño normal de las actividades.

Documentación de fallas

Mantenimiento debe documentar su participación en el trabajo, consiente de sus objetivos y asentando los resultados del análisis de la falla y la evaluación del elemento fallado, estableciendo básicamente los resultados.

Soluciones aplicadas

Cuando se obtiene una adecuada solución de una falla, no identificada previamente, de una modificación o una posible mejora que dé por resultado un provecho futuro se debe documentar.

1.9.1 Análisis de Falla

El Estudio de Fallas es una técnica de importancia relevante que cada vez es asumida por mayor número de empresas, su objetivo radica en evitar que los equipos se averíen provocando que las líneas productivas trabajen por debajo de su capacidad productiva.

En algunas empresas por la naturaleza de sus materias primas, la maquinaria tiende a fallar con frecuencia y a estar en situaciones de emergencia constantemente.

El departamento de Mantenimiento tiene por objetivo minimizar el número y trascendencia de fallas, las cuales deben ser entendidas y conocidas por el manteniendo.

Las fallas para su corrección se deben:

- Cuantificar: relación del número de fallas en un período determinado.
- Calificar: tipo, clase, proceso, jerarquización.

Tipos de falla¹¹. Se agrupan de acuerdo a la importancia de su presencia o criticidad en:

Falla crítica. Es aquella que puede originar no funcionalidad, peligros inminentes al personal, riesgos al bif.

Falla mayor. Es aquella que reduce la capacidad del bif en su funcionalidad y/o uso adecuado.

Falla menor. Es la que sin cumplir los requisitos básicos no afecta la funcionalidad del bif.

¹¹ Rubén Ávila Espinosa, Fundamentos del Mantenimiento

Clases de falla:

Serie: la falla de uno de sus elementos determina la falla del sistema completo.

Paralelo: representa un incremento en la fiabilidad en la operación del sistema, la falla de uno de sus elementos no determina la falla del sistema completo.

1.1 Clasificación de Fallas¹²

- Acumulación	- Fugas	- Regulación	- Químicas
Coladeras	Eléctricos	Fuerza	Efectividad
Filtros	Fluidos en general	Parámetros eléctricos: Corriente Resistencia Tensión	Reacciones
Resumideros	Hidráulicos		
Separadores	Neumáticos		
Trampas			
- Variación	- Mecánicas	Presión	
Grados de concentración	Corrosión	Temperatura	
Niveles de fluidos en depósitos	Desgaste	Tensión mecánica	
	Vibración	Tolerancias	

Limpieza de la falla:

Mantenimiento tiene la obligación de eliminar las fallas (limpiar o erradicar), para conservar la fiabilidad del sistema, por lo que deberá contar con una adecuada administración del mantenimiento que le permita programar sus tareas en función de su carga de trabajo, trascendencia de la falla, funcionamiento de la empresa y recursos disponibles.

Jerarquización:

Mantenimiento debe conocer, para los principales bif de la empresa, las diferentes fallas que pueden presentarse y jerarquizarlas para proceder a su corrección. Aplicando este criterio debe darse prioridad a las “fallas serie”. De esta forma se puede ejemplificar la importancia de la jerarquización:

¹² Jesús A. Espinosa, 2001 Conceptos Básicos del Mantenimiento 15ª edición

- Fallas: Mediante la ponderación de criterios preestablecidos.
- Bif: Acorde con su función, cuantificando su importancia relativa mediante una escala del 1 al 10.

- Prioridad: Para determinar la aplicación del mantenimiento, conforme al producto del valor de la falla por la importancia del bif ($P = F*B$).

Se recomienda apoyarse en una metodología que consiste en 10 pasos para analizar las fallas:¹³

1. Elaborar estadísticos de control; el área de producción trabaja en conjunto con el departamento de Mantenimiento para llevar una bitácora de los problemas que ocasionan las fallas de los activos, recordando que el operador de la máquina es quien puede detectar los primeros indicios de falla por medio de los sentidos.
2. Investigar detalladamente la causa de las fallas por medio de un plan inmediato de acción.
3. Formar un equipo de trabajo multidisciplinario, conformado por especialistas en las ramas mecánica, eléctrico-electrónica, ingeniería, calidad y producción
4. Establecer un programa de reuniones, los objetivos, políticas y alcances de la investigación de fallas. Aquí es bueno fijar hasta donde se analizará con personal interno y en que casos es conveniente la consultoría.
5. El equipo de trabajo debe hacer propuestas bajo el esquema de lluvia de ideas, que permita elaborar un listado de los efectos de la falla, para describir lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla. Para lo anterior se recomienda contestar lo siguiente:
 - ¿Qué evidencia existe de que la falla ha ocurrido?

¹³ Pablo Avelar y José Antonio Hernández. El análisis de fallas, técnica para la conservación y aumento del rendimiento de los equipos. Con Mantenimiento Productivo N° 20 Abril / Mayo 2003

- ¿De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente?
 - ¿De qué manera afecta a la producción o a las operaciones?
 - ¿Qué daños físicos han sido causados por la falla?
 - ¿Qué debe hacerse para reparar la falla?
6. Con base en la información recabada, paretizar las fallas, indicando de ser posible las frecuencia en que se repiten, las horas hombre requeridas para su solución, tipo de mantenimiento efectuado, clase de servicio, etc
 7. Elaborar un diagrama de Causa-efecto, para encontrar la raíz de la causa de las fallas. Es importante colocar en los ramales principales los factores de máquina, materiales, operación y mano de obra involucrados con la falla a analizar.
 8. Basándose en el diagrama de Ishikawa, hacer un listado que describan los principales componentes, la frecuencia, el tipo de mantenimiento, la sugerencia de solución, responsable y fecha compromiso para la mejora técnica del equipo.
 9. Hacer reuniones de seguimiento, para conocer el estatus de las diferentes tareas asignadas (avances y pendientes) y en su caso tratar nuevas incidencias.
 10. Llevar un control estadístico del proceso, señalando cambios en la productividad y paros de los equipos entre otros parámetros de control. Al transcurrir el tiempo se deben esperar cambios positivos debido a la atención de las fallas, en caso contrario se sugiere una revisión al plan de acción o implementar otras técnicas del mantenimiento (Mantenimiento Productivo Total, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Planes preventivos, Capacitación, Rediseño y/o sustitución de equipo, entre otras).

1.2 EJEMPLO DIAGRAMA DE ISHIKAWA¹⁴



¹⁴ Filosofía e implantación del Kaizen gambea. Revista Con Mantenimiento Productivo No 18

CAPÍTULO II

ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Objetivo

Introducir en los conceptos básicos de la administración y su gran utilidad en el atinado funcionamiento de cualquier tarea productiva, que conjuntados con las bases del mantenimiento crean un sistema.

2.1 Definición

Etimológicamente la palabra *Administración* se deriva del latín y se compone por:

Ad: a

Ministrare: servir

Así que en un sentido muy burdo, **administrar** es **servir a**; de ahí que la administración sea un apoyo para otros departamentos, encargada de la coordinación de los recursos dentro de la empresa, para lograr objetivos comunes.

De manera formal, **Administrar** es un *Proceso dinámico que se enfoca a lograr la misión de la empresa del modo más eficiente posible.*

La Administración del Mantenimiento, Es el proceso dinámico e integral encaminado a conservar en “*condiciones adecuadas*” los bienes físicos de la empresa (bifs).

2.2 Importancia de la Administración del Mantenimiento

Hoy día es primordial saber por que es necesario administrar el mantenimiento. El departamento de Mantenimiento se considera para la industria un área no productiva, ya que de ésta no se obtiene ningún bien tangible, o servicio que reditúe a la empresa en capital directo.

Actualmente las empresas dirigen sus objetivos hacia la optimación de sus activos, el aseguramiento de la calidad y la productividad. Para lo antes mencionado es menester centrar la atención en encontrar técnicas adecuadas para administrar el Mantenimiento.

Dos factores importantes contribuyen a la mala administración del mantenimiento, según Wireman, la falta de medición adecuada y de sistemas de control.

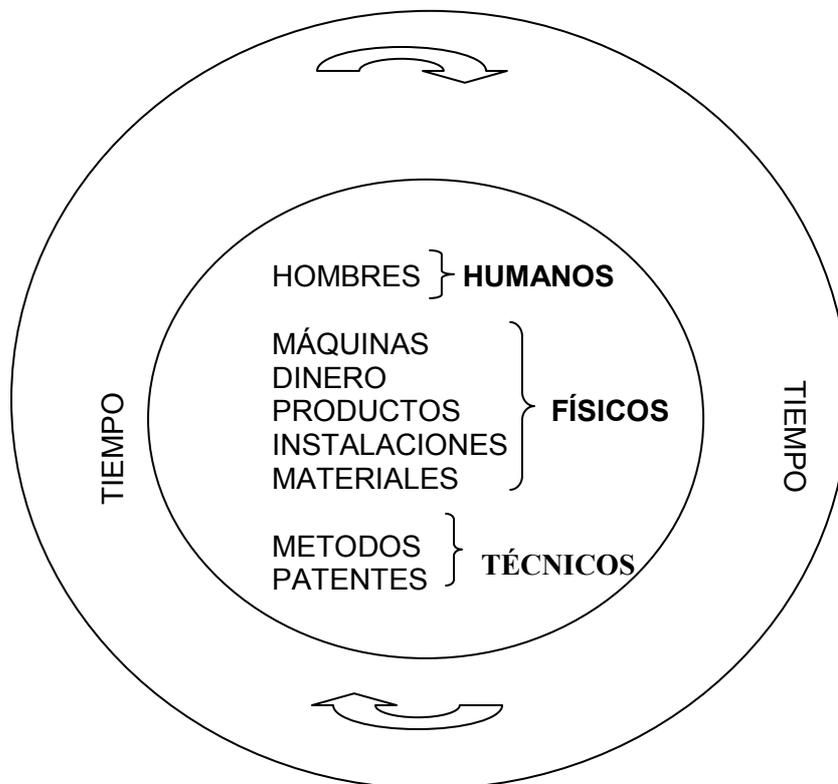
Existen una serie de problemas que se deben enfrentar en la administración de las empresas, con base en factores y tendencias mundiales que se presentan actualmente:

- Competencia a nivel mundial
- Altos estándares de calidad
- Requisitos de certificación de sistema de calidad por parte de terceros
- Conceptos de “Justo a Tiempo”
- Incremento en la capacidad productiva de los bifs
- Reducción de tiempos de fabricación
- Reducción de costos (producción y mantenimiento)
- Seguridad personal e industrial
- Integración total de los trabajadores
- Cultura de limpieza y disciplina
- Relación entre Administración y Sindicato
- Programas de asimilación Tecnológica

2.3 Recursos de una Empresa

Toda empresa cuenta con tres tipos de recursos susceptibles a ser administrados, estos son: Humanos, Físicos y Técnicos, que se encuentran inmersos en un factor no controlable llamado Tiempo. Los recursos se encuentran íntimamente relacionados, y modificaciones en uno de ellos, trae consecuentemente alteraciones en los otros. (ver figura 2.1).

Figura 2.1
Recursos de una Empresa



La jerarquización de recursos, hecha como un traje a la medida para cada empresa, nos permite racionalizar la planeación del mantenimiento.

- 1° **Recursos vitales.** Indispensables para el buen funcionamiento de la empresa, su paro o detrimento del funcionamiento, pone en peligro la vida o dificulta el desarrollo de la empresa, ocasionando pérdidas de imagen o económicas. Se recomienda diseñar rutinas de conservación programada muy exigentes, establecer acciones preventivas como elementos redundantes (en paralelo) y tareas de mantenimiento predictivo en tiempo real y acciones contingentes en caso de emergencias. Suelen ser alrededor del 20% del total de recursos de la empresa.

- 2° **Recursos importantes.** bifs cuyo paro o detrimento del servicio causa molestias o costos de importancia para la empresa. Es necesario diseñarles rutinas de conservación programada normales, contemplando el plan de contingencias; Los bifs redundantes o mantenimiento predictivo suele no justificarse, pero se debe considerar el empleo de máquinas de reserva en el caso de paros prolongados. Suelen representar el 10% de los recursos de una empresa.

- 3° **Recursos triviales.** Suelen ser el 70% de todos los bifs, su paro o detrimento no tiene un impacto sustancial en la empresa, pero no se deben dejar de lado ya que son recursos de apoyo por ejemplo, lámparas, balastos, vidrios, pintura de paredes, reparaciones menores, impermeabilización, instalaciones de uso esporádico, etc. Suele ser más económico atender este tipo de recursos por rutas programadas que en forma correctiva aleatoria.

2.4 Herramientas para la Administración del Mantenimiento

Para ejecutar satisfactoriamente la administración del mantenimiento y obtener resultados cuantitativos que ayuden a tomar decisiones, se necesita de ciertos instrumentos o herramientas que faciliten el trabajo. Gracias al uso de estas herramientas se pueden planear, organizar y controlar mejor las actividades de mantenimiento.

Algunas de estas herramientas se profundizaron en el capítulo uno.

- **Índice ICGM (Índice de Clasificación para los gastos de Mantenimiento)**

Para ayudar al departamento de mantenimiento a asignar prioridades, existe el ICGM (también conocido como índice RIME), el cual permite clasificar los gastos de mantenimiento relacionándolos con el equipo y el trabajo que se debe efectuar. El ICGM se compone de dos factores:

- Código máquina.- jerarquiza al equipo dependiendo de su importancia
- Código trabajo.- califica al trabajo que se efectuará

ICGM = Código máquina x código trabajo

- **Análisis de fallas**

Su objetivo es minimizar las fallas y las quejas de clientes y del personal. Esta herramienta requiere de otras para obtener un análisis más profundo y exacto de la situación. Algunas herramientas complementarias son: Lluvia de ideas, diagramas de causa y efecto y el diagrama de Pareto.

- **Costo mínimo de mantenimiento**

Es el punto de equilibrio entre el costo de mantenimiento y el costo por paro de cada bif, para estimar la cantidad óptima de mantenimiento y recursos que se deben proporcionar a cada bif para no tener pérdidas económicas por

hipermantenimiento o falta del mismo. Los diferentes horarios en los que puede suceder el paro afectan menos o más al costo.

▪ **Mantenibilidad y Fiabilidad del equipo**

La **mantenibilidad** es la “facilidad para darle Mantenimiento a un bif”¹, dependiendo de la “rapidez con la cual las fallas son diagnosticadas y corregidas”². Para lograr esto se deben tener procedimientos factibles para el cambio de sus partes, herramientas necesarias, y el bif en su conjunto debe tener accesibilidad para que el técnico pueda hacer su trabajo.

La **fiabilidad** es “la probabilidad de que un bif funcione adecuadamente, sin detrimento de sus niveles de servicio, sin fallas y con las condiciones de disponibilidad, continuidad, eficiencia, rendimiento y seguridad esperadas; siendo el inverso de la probabilidad de falla”³.

▪ **AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales)**

Herramienta utilizada en la ingeniería de fiabilidad para identificar las fallas potenciales antes de que ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado. Esta herramienta ejecuta las siguientes acciones:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

¹ Jesús Ávila Espinosa, Conceptos Básicos del Mantenimiento, p. 23/23 G1-Gen

² Dounce Villanueva, Enrique, (2000) La Productividad en el Mantenimiento Industrial Segunda Edición Editorial CECSA México p. 135

³ Jesús Ávila Espinosa, Conceptos Básicos del Mantenimiento, p. 21/25 G3-Ing .

2.5 El Proceso Administrativo

La administración en cualquier área, se facilita si se sigue un proceso sistemático adecuado para llevarla a cabo; en su forma más usual, el **proceso administrativo** es dinámico y flexible a los cambios y adaptaciones. Está constituido por cinco etapas interrelacionadas que se muestran a continuación:

Figura 2.2
El proceso administrativo



Un Sistema de Administración del Mantenimiento, conjunta funciones, técnicas, métodos y herramientas, que combinadas con el recurso humano adecuado, permiten lograr una ejecución adecuada del mantenimiento siempre encaminado al cumplimiento de los objetivos de la empresa.

El objetivo final de un Sistema de Administración de Mantenimiento es el uso óptimo de los recursos, para lo anterior, es necesario recabar y analizar información básica que servirá para fundamentar ese sistema en beneficio de los bifs.

2.5.1 Planeación

La planeación consiste en fijar el curso concreto de acción que ha de seguirse, estableciendo los principios que habrán de orientarlo, la secuencia de operaciones para realizarlo, y la determinación del tiempo y números necesarios para su realización⁴

Ing. Jesús Ávila Espinosa: “Planear es establecer un conjunto de medidas (Plan) y directrices (Políticas), trazadas (Estrategia) conforme a los objetivos (Metas) de la empresa, para el desarrollo del trabajo (Tácticas), en el cumplimiento de sus metas, para un tiempo establecido (Horizonte)”. En palabras más simples, es un **Plan de Vida**, acorde con una **Calidad de Vida** deseada.

2.5.1.2 Planeación del Mantenimiento

En un programa de mantenimiento se debe buscar que sea económico y sostenible a lo largo del tiempo, razón por la cual debe reflejar el apoyo de los directivos.

Uno de los resultados de la Administración del mantenimiento es la presentación del Manual de Mantenimiento donde se fijan responsabilidades, deberes, normas en lo referente a prácticas y procedimientos de mantenimiento para los bifs.

La planeación básicamente consiste en “Identificar las tareas y actividades a desarrollar durante la vida del bif, determinando los recursos y la secuencia general para su realización”

Con todo lo anterior, se puede visualizar que, *la Planeación es una toma de decisiones constante.*

⁴ Reyes Ponce, Administración de Empresas

Tabla 2.1

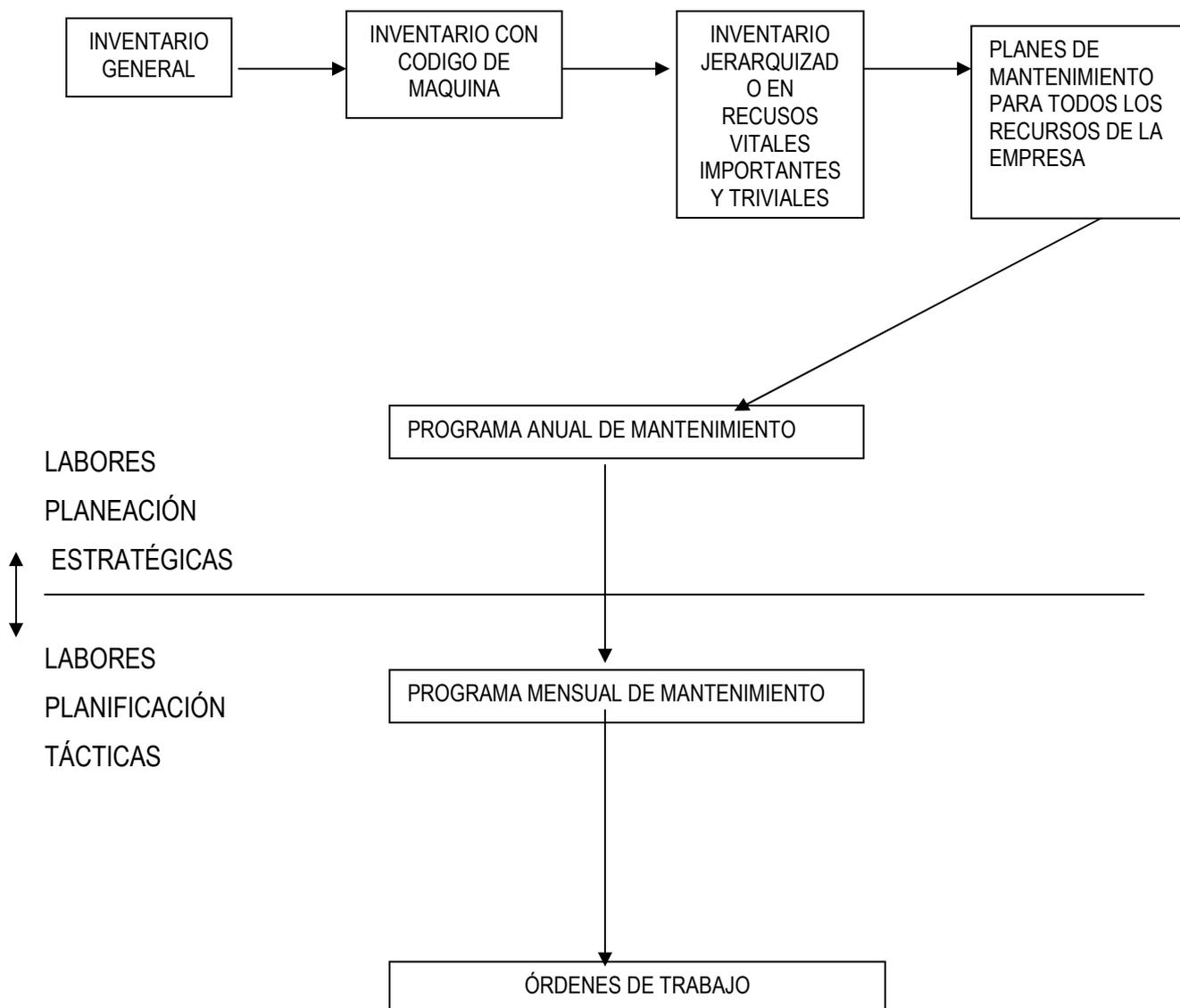
SECUENCIA BASICA DE LA PLANEACION

Objetivo	Definición de los objetivos de la empresa	confiabilidad, continuidad y disponibilidad de los bif
Políticas	Tiempo de Vigencia Determinación de las Estrategias	Horizonte de planeación Plan
Procedimientos	Establecimiento de las acciones o tareas Elaboración de las acciones en proyecto Procedimiento para cada trabajo	Tácticas Trabajo
Presupuesto	Estimación de los recursos necesarios	\$, t, h/h

PROGRAMAS

Diagrama 2.2

Planeación de Actividades



2.5.1.3 Horizonte de Planeación

Es la vigencia del Plan de Mantenimiento, definida por los objetivos de la empresa y variable según el tipo de bif y el entorno (tecnología, demanda, oferta, etc.)

- **A largo plazo:** Vinculada con los pronósticos de las ventas y la producción. Define y expresa lo que se necesita en el terreno de las decisiones actuales para poder alcanzar metas futuras. El efecto es experimentado en toda la organización.

Requiere una proyección de:

1. Los cambios en el equipo de mantenimiento y en las necesidades de instalaciones.
2. Los cambios en el equipo de producción por caducidad, automatización u otros perfeccionamientos tecnológicos.

- **A corto plazo:** Es la planeación “operativa” de la empresa, determinada por el desarrollo de las tareas y los proyectos en ejecución.

Existen tres fases básicas de la planeación a corto plazo:

1. instalación de equipo nuevo; colocarlo, ponerlo en marcha y preservarlo.
2. trabajos de carácter cíclico; pintura, composturas mayores, detenciones periódicas para revisiones, etc.
3. Labor de mantenimiento Preventivo

2.5.1.4 El Plan Contingente

Analizando ciertas consideraciones, se puede predecir lo que puede fallar y en muchos casos actuar con antelación considerando estas tareas preventivas en el plan de mantenimiento, si a pesar de todo, algo falla, el plan contingente aminora la gravedad que un probable problema pueda ocasionar y permite rehabilitar en el menor tiempo posible la calidad de servicio pedida.

Tabla 2.3
Causas de fallas más comunes de los bifs⁵

Causa de Falla	Descripción
Ambiente circundante	Agentes agresivos y factores de operación riesgosos.
Ampliaciones	Deficiencias en la mano de obra, mala interpretación de planos, o no considerar la mantenibilidad del bif.
Daños por terceros	Descuido o mala voluntad de terceras personas, ataques de animales (roedores) o accidentes naturales.
Diseño	Después de que el bif ha funcionado algún tiempo y no arroja los resultados originalmente esperados.
Envejecimiento	Pérdidas en las características físicas, químicas y funcionales del recurso.
Fabricación	Deficiencias en el control de calidad del fabricante.
Instalación y conservación	Relacionado con las deficiencias por ampliaciones.
Operación	Debido al poco adiestramiento o mala voluntad del operador.
Transporte	Golpes, almacenaje deficiente o estiba inadecuada.

Aunado a lo anterior, el manteniendo debe considerar y analizar factores de riesgo tales como:

- a) No se tiene un margen en la calidad de funcionamiento de la máquina o en el tiempo. Es decir, no se llevan registros de servicios o incidencias del bif.
- b) Hay un desconocimiento de la máquina o de algunas de sus partes. Esto es común en maquinaria nueva, importada y de reciente tecnología.
- c) Existe baja fiabilidad en la máquina o en alguna de sus partes.
- d) Se depende de terceros para su mantenimiento.
- e) Existen dos o más responsables en las labores de mantenimiento.
- f) Si los buenos resultados del mantenimiento no pueden detectarse o medirse fácilmente.

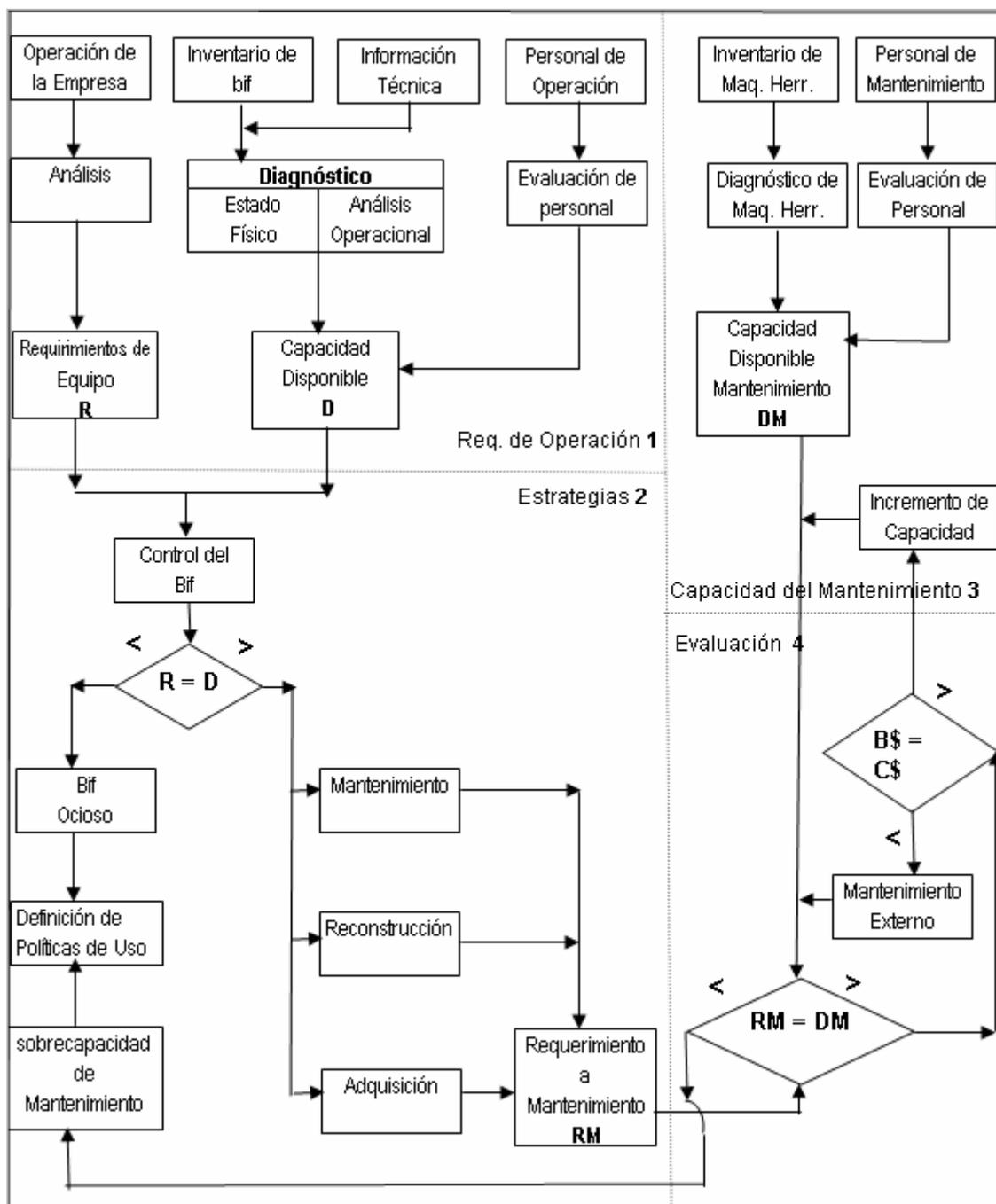
2.5.1.5 Plan General del Mantenimiento

A continuación se muestra el procedimiento del Plan General del Mantenimiento, indicando las secuencias y los criterios que permiten al personal de

⁵ Jesus Ávila Espinosa, Conceptos Básicos del Mantenimiento

mantenimiento, definir los alcances y determinar las actividades orientadas a la implantación del Sistema de Mantenimiento.

Diagrama 2.3
Plan General del Mantenimiento⁶



⁶ Jesús Ávila Espinosa, Administración del Mantenimiento

2.5.2 Organización del Mantenimiento

La organización establece la autoridad, responsabilidad y relaciones para obtener con efectividad la mejora y uniformidad de las prácticas y procedimientos de la operación, conforme a la planeación de la empresa. La organización requiere trazar estrategias, bajo una dirección que conozca su desempeño, mediante un control que evalúe y retroalimente de las variaciones conforme a lo planeado y ajustes del proceso.

Para ello es necesario tomar en consideración los siguientes aspectos:

a) Estructuración	{	<i>áreas</i>	talleres para desarrollar las tareas y recursos materiales en almacenes
		<i>apoyo</i>	requerimientos de especialidad, herramental e instrumentación. Apoyos externos o bien una mezcla de recursos internos y externos
		<i>extensión</i>	<i>Central.</i> Todas las áreas reportan a una sola dirección. <i>Distribuida.</i> Organizada para una de las zonas y/o combinación de ellas como elementos independientes <i>Localizada.</i> Centraliza el mantenimiento dedicado a un bif en particular, que por su importancia, complejidad, tamaño o características, requiere recursos exclusivos
		<i>especialidad</i>	Conviene realizar el Mantenimiento por las especialidades básicas de: Ingeniería civil, Arquitectura, Ingeniería electromecánica y Proceso
b) División del Trabajo	{	<i>directo</i>	tareas del mantenimiento efectuadas por la unidad básica de producción.
		<i>apoyo</i>	Para efectuar el mantenimiento se requiere personal de apoyo, generalmente de talleres, almacenes, limpieza, aseo y logística.
		<i>supervisión</i>	El control del mantenimiento se efectúa en forma total, con base al control total de la calidad. Así Mantenimiento regresa un bif al nivel de servicio deseado por el demandante, trabajando el manteniendo hasta lograrlo.
		<i>administración</i>	Vigila el cumplimiento de los objetivos, a través de los egresos e información técnica.
		<i>dirección</i>	Coordina las actividades del mantenimiento

c) Personal { Mantenimiento debe contar con personal con sólidos conocimientos técnicos, amplia experiencia en administración, con liderazgo, iniciativa y acabativa.
La fuerza de trabajo requerida para el mantenimiento, es la resultante de un estudio de ingeniería industrial, determinado por: { - Cantidad del personal en función de la carga de trabajo
- Calificación del personal definido por las características de los bifs a atender

d) Autoridad { Cada puesto tiene su propio nivel de autoridad y responsabilidad, reconociendo que { - A mayor jerarquía, mayor responsabilidad
- A mayor riesgo corresponde mayor autoridad

e) Organigrama { Los requerimientos de personal como resultado del análisis de la carga de trabajo por nivel y especialidad, determinan: { - Contratación externa, periodicidad, época y volumen
- Capacitación requerida
- Períodos vacacionales para el personal
- horas extras requeridas

2.5.3 Programación

La programación es la propuesta detallada para la aplicación de la planeación de la empresa, considera los requerimientos de recursos por aplicar, buscando la coordinación de las funciones administrativas e ingenieriles, conforme a su organización y es:

- Referencia e instrumento para el control
- Base para la toma de decisiones de la dirección

El nivel de detalle de la propuesta de aplicación de la planeación debe ser definido adecuadamente para evitar:

- Sobre programación que puede ser costosa e innecesaria
- Sub programación escasa que es inoperante, ineficiente e inoportuna

2.5.3.1 Programación del Mantenimiento por:

a) Tarea (PTM)	{	* <i>Selección de los</i>	bif al que se justifica desarrollar un programa de
		* <i>Tareas por bif</i>	Del análisis del trabajo, manuales e instructivos de operación y mantenimiento, definir los recursos de las actividades y la frecuencia.
		* <i>Desarrollo de la tarea</i>	Métodos, procedimientos e instructivos para la ejecución de las tareas del trabajo que requiere el bif
		* <i>Compatibilidad</i>	Compatibilidad entre el desarrollo de las tareas, interacción operacional y ajustes para evitar trabajos repetitivos, diferidos, tiempos muertos y desperdicio de
		* <i>Presentación del programa</i>	se presenta el programa para su análisis integral y difusión.

b) bif (PBM) { Determinar para cada bif los tiempos requeridos de Mantenimiento y holguras.

c) trabajo	{	Programa General de Mantenimiento (PGM)	Refleja las tareas de trabajo total de la empresa sin contemplar las coincidencias e incompatibilidades de su desempeño				
		Programa Maestro de Mantenimiento (PMM)	Analiza el programa básico de mantenimiento, considerando: <table border="0" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">{</td> <td>- Disponibilidad de los recursos de la empresa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- Operación (evitando</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- Carga de trabajo uniforme</td> </tr> </table>	{	- Disponibilidad de los recursos de la empresa		- Operación (evitando
{	- Disponibilidad de los recursos de la empresa						
	- Operación (evitando						
	- Carga de trabajo uniforme						

d) Acopio (PMA) { - Suministro de los recursos necesarios
- Preparación de los requerimientos

2.5.3.2 Factores que afectan la Programación:

Tabla 2.4
Factores que afectan la Programación

Factor	Descripción
<i>Prioridad</i>	Importancia relativa entre las tareas a ejecutarse.
<i>Emergencia</i>	“No hay mejor improvisación que la planeada”
<i>Disponibilidad de mano de obra.</i>	Debe justificarse técnica y económicamente. Cubrir la demanda con personal de planta destinado únicamente al Mantenimiento suele ser incosteable.
<i>Disponibilidad de materiales.</i>	Considera el suministro de materiales oportuno con base en resultados del análisis y control de inventarios.
<i>Cambios de bifs</i>	Deben existir bifs de acuerdo con los programas de Mantenimiento.
<i>Disponibilidad económica.</i>	Presupuesto económico para el Mantenimiento.
<i>Falta de recursos</i>	En un programa quedan establecidos los recursos necesarios, pero por error puede no contarse con ellos.
<i>Revisión de programas</i>	Monitoreo y revisión regular, para “ajustar” las desviaciones o errores del programa original.

Métodos de programación	<i>Manual</i>	Adecuado para mantenimientos menores, simples y fáciles; alta probabilidad de error, respuesta lenta.
	<i>Automático</i>	Es computarizado, programas complejos, presentación atractiva y alta capacidad de respuesta.

Herramientas de programación	<i>diagrama de gant</i>	Fácil de elaborar, ya que las secuencias, precedencias y terminaciones son de rápida detección.
	<i>ruta crítica (MRC)</i>	Determina la secuencia lógica de las tareas, localizando aquellas que afectan el desarrollo final

2.5.4 Dirección

La dirección es el elemento de la administración en el que se logra la realización efectiva de todo lo planeado, por medio de la autoridad de un dirigente, ejerciendo decisiones y delegando autoridad, vigila por el cumplimiento de las actividades planeadas.

Fases de la dirección

1. Delegar autoridad. Implica hacer a través de otros.
2. Ejercer la autoridad.
3. Establecer canales de comunicación a través de los cuales se controlen los resultados.
4. Supervisar la ejecución de las órdenes.

El logro del fin común se hará más fácil cuanto mejor se logre coordinar los intereses de grupo y aún los individuales, de quienes participan en la búsqueda de aquél.

Aún cuando la empresa cuente con un director general, el departamento de mantenimiento tiene a su vez un dirigente responsable de cumplir con los objetivos tanto del departamento como de la empresa.

2.5.5 Sistema de Control

Control es comparar, comprobar, criticar, examinar, intervenir, verificar y vigilar que los objetivos establecidos en la planeación no sufran ninguna desviación.

El Control del Mantenimiento se fundamenta en el control de:

- Recursos: Bienes Físicos, Trabajadores y Materiales.
- Acciones: Tareas, Mano de Obra, Costos.
- Resultados: Comportamiento, Rendimientos, Beneficios.

2.6 Información para el Mantenimiento

Mantenimiento debe de contar con la siguiente información general de la empresa, para desarrollar los planes de Mantenimiento conforme a objetivos y focalizar necesidades de la misma:

Tabla 2.5
Información General de la Empresa
Para el Departamento de Mantenimiento

Aspecto	Descripción
Objetivo de la Empresa	Permite establecer las funciones de los Bifs y su importancia relativa
Organigrama	Nos proporciona la relación personal/bif de la Empresa, además nos sirve para ubicar al Mantenimiento dentro de la misma
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Las Especificaciones de Proyecto y/o de adquisición. - Los Planos de Proyecto.
Planos de la Empresa	<ul style="list-style-type: none"> - Ajustes de Construcción. - Modificaciones a la obra original.
Clasificación de los bifs	Identificación y codificación lógica de los bifs que integran la Empresa.
Proceso	Diagrama y narrativa del proceso de operación
Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de Mantenimiento. - Procedimiento establecido para el flujo de información del Mantenimiento. - Manuales y documentos de apoyo.

2.6.1 Recopilación de la Información

Para poder desarrollar el Mantenimiento es necesario recabar la información específica de los bifs, con base a:

- a) Inventario.
- b) Levantamiento.
- c) Diagnóstico.

a) Inventario de Bienes

El objetivo principal de llevar a cabo el Inventario de los bienes (IB) físicos de la Empresa es el soporte contable.

La mínima información que se debe obtener al realizar este tipo de inventario es:

Tabla 2.6

Inventario de bif

Fecha de Adquisición	Proveedor
Codificación	Descripción Breve
Ubicación	Responsable
Valor de Compra	Valor Actual

Adicionalmente se debe de realizar el Inventario Operativo (IO), el cual debe de contener lo siguiente:

Tabla 2.7

Inventario Operativo

Materiales M	Partes P
Equipos de Respaldo E	Componentes C
Refacciones R	Sistemas S

Un adecuado inventario y su manejo (entradas, salidas, tiempos de entrega, etc.) determina para el Mantenimiento la demanda de partes y por lo tanto el costo por este concepto.

b) Levantamiento

Es necesario efectuar el levantamiento de los bienes físicos de la empresa cuando el inventario:

- No existe.
- Es estimado.
- Para actualizarlo.

Tabla 2.8
Objetivos del Levantamiento

Verificar el Inventario.
Ubicar los bienes físicos dentro de la empresa.
Conocer su instalación.
Determinar la magnitud de la aplicación del mantenimiento.
Definir el tipo de Control del Inventario.
Establecer las condiciones físicas de los bienes físicos para estimar el trabajo de Mantenimiento por efectuar.

Procedimiento para el Levantamiento:

- Recorrido general de la empresa.
- Codificación de los bifs: clave y número económico para cada uno de los bienes.
- Marcaje de los Bienes Físicos: con etiquetas metálicas o pintura para identificarlos fácilmente.

Vaciado de la información:

Debemos definir que bienes físicos serán considerados dentro de los diferentes programas de Mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Rutinario.

c) Diagnóstico

El objetivo del diagnóstico de los bifs es conocer sus condiciones físicas y establecer las acciones necesarias para adecuarlos al tipo de mantenimiento que requieren.

Los resultados que nos arroja el diagnóstico son:

Tabla 2.9
Resultados del Diagnóstico

Estado del bien físico.
Planeación del Mantenimiento Preventivo
Plan de Acción Inmediata (PAI), Mantenimiento Correctivo
Reemplazo del Bif

Tabla 2.10
Proceso del Sistema de Mantenimiento

Para un adecuado Control del Mantenimiento se debe de recopilar:

Información básica de los bifs de la Empresa	Inventario Levantamiento. Diagnóstico.
Requerimiento de Mantenimiento	Manuales. Análisis de Ingeniería.
Comportamiento del Mantenimiento	Estadística. Monitoreo.

2.6.2 Cuestionario para la aplicación del mantenimiento.

El Ing. Jesús Ávila Espinosa, (2001) a través de su vasta experiencia, recomienda contestar a diez sencillas preguntas que basadas en la información antes descrita, proporcionará la plataforma de inicio para realizar un programa de Mantenimiento; como se observa en el siguiente cuestionario, tomado del libro “Conceptos Básicos del Mantenimiento”, en el análisis de esta información queda inmerso el proceso administrativo.

1. ¿A qué bif hay que dar mantenimiento?

Identificar los bif a los que se les dará mantenimiento, así como sus características y funciones que desempeñan.

Se recomienda jerarquizar los bif según su importancia en el sistema.

2. ¿Cuánto se debe invertir en mantenimiento?

Conocer el valor de los bif y el costo que se estima adecuado invertir en su mantenimiento general.

Para esto es necesario información estadística de cuánto se ha estado invirtiendo en el mantenimiento específico de cada bif, pues estos datos podrían sugerir el reemplazo del bif en el caso de que ya no resulte económico su uso.

3. ¿Cómo se efectuará?

Definición de tareas específicas y tipo de personal requerido para la realización “técnica” del mantenimiento.

4. ¿Cuál es la planeación de la empresa?

El mantenimiento debe apegarse a la Planeación general de la empresa y del Mantenimiento. Es decir, debe responder a los objetivos específicos de la empresa.

5. ¿Qué tipo de mantenimiento conviene aplicar?

Los tipos de mantenimiento se presentan en el Cap.1 de este trabajo; El tipo de mantenimiento se propone según la fiabilidad y disponibilidad que se le quiera otorgar a cada bif.

6. ¿Cuánto mantenimiento?

Se define el Nivel de Mantenimiento (hasta dónde físicamente) recordando que el mantenimiento debe ser “económico”. Es decir, el mantenimiento se justifica al ser una inversión y no cuando se convierte en gasto.

7. ¿Cómo está estructurado el mantenimiento?

Debe estar acorde con los bif y su importancia relativa.

“como” realizar el mantenimiento está definido por:

- Área: operación, talleres, almacenes
- Extensión (en quien recae la responsabilidad): central, distribuida, localizada

8. ¿Dónde se realizará?

Definir el apoyo requerido para el desarrollo de las tareas, este puede ser: interno, externo o mixto. Esto se determina según características del bif.

9. ¿Está acorde la actividad a desarrollarse con el sistema?

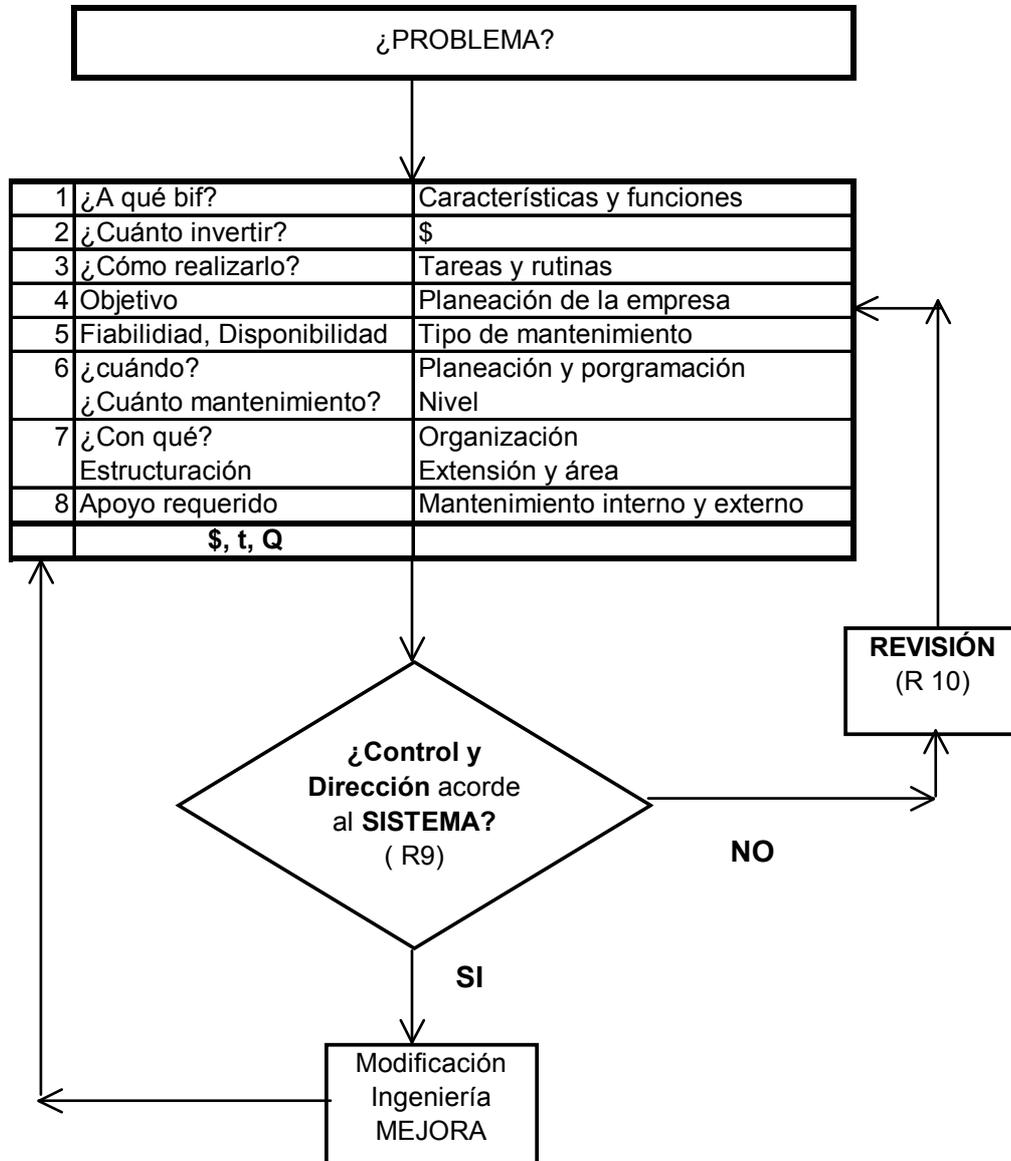
Este es un momento de inspección del Flujo General del Sistema de Mantenimiento implantado en la empresa, acorde a la estructura del Mantenimiento, la planeación de la Empresa y la importancia del bif.

10. se revisa el procedimiento y la información

Si el mantenimiento es acorde al sistema, se procede a la ejecución; en caso contrario se replantea identificando las posibles soluciones alternativas.

Las diez preguntas anteriores se pueden resumir en el diagrama siguiente, visualizado como un proceso

Diagrama 2.11
Administración del Mantenimiento (información básica)



2.6.3 Sistema de Información

Información Técnica:

El Mantenimiento requiere de información técnica de los bifs a controlar, para lo cual se debe integrar un expediente formado por:

- Datos: Rutinas de Revisión Aplicables, Características técnicas de cada uno de los bifs, Refacciones de Uso mas Frecuentes.
- Comportamiento (Estado Físico, Mantenimiento Efectuado, Ajustes Requeridos y Convenientes).

Paquetes de cómputo:

El uso de la computación tiene como fundamento la sistematización de la información. **Este tema se abordará en el capítulo VI.**

2.7 Técnicas para la Administración del Mantenimiento

Existen diferentes técnicas utilizadas por las empresas para ayudar a la buena administración del mantenimiento, estas técnicas muchas veces son implementadas parcial o totalmente según los requerimientos del sistema de cada compañía.

Algunas de estas técnicas son muy costosas en el momento de su introducción, pero los resultados y beneficios posteriores exceden ese costo, dándole a la empresa una buena opción para reducir sus gastos por mantenimiento, así como poder estar seguro y confiado de que los equipos seguirán trabajando y sacando productos de buena calidad.

Estas técnicas son todas derivadas del programa de mantenimiento preventivo (PM) y son las que ayudan a las industrias a mejorar su productividad global en las funciones de mantenimiento. Dependiendo del tamaño y la naturaleza de la

empresa, será el tipo de enfoque que se escogerá para tener una mejor administración y organización dentro de la industria.

2.7.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM es una técnica desarrollada en Japón en los setentas, nace como una necesidad por mejorar y controlar la calidad de los productos y servicios. Fue desarrollado para las industrias de fabricación y ensamble, aunque actualmente es utilizado en las industrias de procesos, también es adoptado en departamentos administrativos y de soporte, así como de desarrollo del producto y de ventas, pues mejora la eficiencia de sus actividades.

El TPM promueve que todos los empleados trabajen unidos siguiendo objetivos comunes. “El TPM es el total involucramiento y participación en un mantenimiento productivo” –Nakajima (1988). “El TPM es la permanente mejora de la efectividad del equipo, con la involucración activa del operador” -Hartmann. Adoptando esta técnica, el trabajo de conservación de los equipos y máquinas de producción llegan a ser una responsabilidad de cada empleado, transformando las estaciones de trabajo, y aumentando el nivel de conocimiento y las habilidades de los trabajadores en producción y mantenimiento.

Con esto desaparece la separación que existe entre el departamento de producción y el departamento de mantenimiento, puesto que tienen los mismos objetivos. Con el TPM se logra mantener una mejor comunicación entre todos los niveles de la empresa, y por ende una mayor organización. Es una técnica para administrar tanto el mantenimiento como la productividad de la industria.

Para el TPM existen 6 grandes pérdidas que se deben medir y controlar:

- Fallas de equipo
- Preparación o ajustes
- Inactividad y paros menores
- Reducción de velocidad

- Defectos de calidad en el proceso
- Pérdidas por arranque

2.7.1.1 Implementación del TPM

Después de la introducción del mantenimiento preventivo a los sistemas de las industrias, muchas empresas empezaron a implementar el TPM.

Según Tokutarō Suzuki, existen tres razones principales por las que TPM se ha expandido a través de la industria japonesa y ahora en el mundo: Garantiza resultados sumamente grandes, transforma visiblemente el lugar de trabajo, e incrementa el nivel de conocimiento y de habilidades en los trabajadores de producción y mantenimiento.

En las fases iniciales, la empresa debe considerar el gasto por restaurar el equipo hasta estar en condiciones apropiadas y los de capacitación de personal, además puede que se necesiten pagar horas extras para entrenamiento. El objetivo del TPM es cero paros, cero defectos; si estos son eliminados los índices de operación de equipo aumentan, los costos bajan, el inventario baja y la productividad aumenta.

De acuerdo a Suzuki (1994) el TPM se implementa en 4 fases:

- Preparación
- Introducción
- Implementación
- Consolidación

2.7.1.2 Indicadores del TPM

OEE y OPE

El OEE (Eficiencia Global del Equipo) permite conocer la eficiencia global con que las diferentes máquinas y equipos operan y el OPE (Eficiencia Global de la Planta) nos da un panorama global de cómo esta trabajando toda la planta, y las áreas en las que esta fallando.

Estos indicadores nos ayudan a saber cuando es conveniente hacer algún trabajo de mantenimiento y también si es necesario comprar nuevo equipo o trabajar a otra capacidad con el que ya se cuenta.

Con el OEE puede darse cuenta cual es nuestra área de oportunidad o problema a atacar por cada máquina y mejorar su rendimiento, así como las soluciones para las 6 grandes pérdidas que ataca el TPM.

El OEE engloba las 6 grandes pérdidas de la siguiente manera:

Disponibilidad	x	Índice de desempeño	x	Índice de calidad
- pérdida por paro		- pérdida por paros		- pérdidas por
- pérdida por ajustes		menores		defectos y retrabajo
- otros		- pérdida por inactividad		- pérdida por arranque
		- pérdida por disminución de velocidad		

2.7.2 Análisis P-M

Esta técnica sirve para conocer las causas que originan una falla y encontrar las posibles soluciones.

Este análisis se basa en las 4 M's (Maquinaria, Material, Mano de obra, Método), y tiene por objetivo:

- Clarificar el fenómeno
- Hacer un análisis físico del fenómeno
- Definir las condiciones que producen el fenómeno

- Listar los factores que causan esa condición
- Planeación de la investigación
- Identificar las anomalías específicas
- Hacer planes de mejora

Además se pueden apoyar con diagramas o dibujos de las piezas o máquinas.

2.7.3 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

El Mantenimiento centrado en la confiabilidad define al mantenimiento como “el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que los recursos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en el contexto actual de operación”.

Según Smith, la metodología del RCM se basa en cuatro objetivos:

1. Preservar las funciones
2. Identificar los modos de falla que puedan alterar las funciones
3. Jerarquizar las necesidades de las funciones
4. Seleccionar sólo las tareas de mantenimiento preventivo aplicables y efectivas.

El RCM busca tener un mejor grupo de trabajo, incrementar la seguridad, el desempeño de operaciones, aumentar la eficiencia de costos de mantenimiento, mejorar la motivación de los empleados, y tener una base de datos que dé información confiable y rápida para mantener el sistema en buenas condiciones.

Lo que le importa al RCM es clasificar los siguientes elementos para poder administrar la función de mantenimiento:

- Funciones y estándares de desempeño
- Fallas funcionales
- Modos de falla
- Efectos de falla

- Consecuencias de la falla
- Acciones preestablecidas
- Tareas calendarizadas preactivas:
 - restauración
 - eliminación
 - según condiciones del bif

De acuerdo a Smith, para llegar a la implementación de un programa de RCM se deben seguir los siguientes pasos:

- Planeación
- Revisión de grupos
- Especialistas
- Auditorias
- Implementación

Algunas herramientas que el RCM utiliza son el OEE (Eficiencia Global del equipo) y el AMEF (Análisis de Modo y Falla del Equipo, FMEA) anteriormente explicados.

Lo que el RCM trata de contestar es el por qué detrás de cada tarea (presente y futura). Además intenta asegurar que la selección de la tarea se derive de un conocimiento amplio de los diferentes modos de falla que puede tener el equipo, y que esta sea la más efectiva (menos costosa) para la implementación.

En conclusión RCM se enfoca en que tareas deben hacerse y por qué deben hacerse, además se debe establecer cuando se harán.

2.7.4 Mantenimiento Basado en la Eficiencia (ECM)

El ECM es un enfoque integral de mantenimiento que abarca las funciones del sistema de la empresa y el servicio al cliente, además contribuye al mejoramiento continuo de la administración de prácticas de mantenimiento; cuenta con dos índices ISE (Eficiencia individual del sistema), y el OSE (Eficiencia global del sistema), los cuales controlan al ECM dentro de una compañía.

El ECM hace énfasis en “hacer las cosas correctas” en lugar de “hacer las cosas bien”. Este enfoque abarca algunos de los conceptos principales de la administración de calidad, del TPM y del RCM. El ECM se basa en la mantenibilidad de los equipos, se compone de elementos como la participación de la gente, mejora de calidad, desarrollo de estrategias de mantenimiento, y medición del desempeño.

Para implementar el ECM se hace en cuatro fases:

- Participación y capacitación de la gente
- Diagnóstico de mejora de calidad
- Desarrollo de estrategias de mantenimiento
- Medición del desempeño

Este programa usa muchos elementos del método del RCM y del TPM, el ECM se basa en la participación activa de todos los empleados, y en algunas técnicas del RCM para analizar las prácticas de mantenimiento existente y sugiere una forma de calendarización de actividades de mantenimiento. El ECM esta enfocado al servicio al cliente.

2.7.5 Elección de Técnica

Como se ha explicado existen diferentes técnicas que facilitan la administración del mantenimiento.

El método más recomendable para cada estructura de flujo de proceso dependerá de:

- El tamaño de la empresa
- Cantidad de equipo y maquinaria
- Cantidad de personal laboral
- Capital disponible para inversión
- Disposición al cambio
- Demanda dependiente o independiente

Estos métodos no trabajan independientemente, sino que pueden mezclarse algunas herramientas o métodos dependiendo de las necesidades de la empresa, además no tienen que implementarse al 100%, sólo se toman los métodos que más convengan. Las herramientas y métodos de cada técnica que pueden aplicarse a cada flujo de proceso se enlistan en la tabla 2.12

Tabla 2.12 Técnica para cada flujo

	Talleres de trabajo	Lotes	Ensamble	Flujo continuo
PM	x	x	x	x
TPM	x		x	x
RCM			x	x
ECM	x	x		x

2.8 Productividad en la Administración del Mantenimiento

Administrar al mantenimiento bajo alguna técnica establecida permite reducir costos, aumentar la calidad del producto, disminuir tiempos muertos, aumentar el tiempo de vida de la maquinaria y equipo, etc.

Todo esto conduce al logro de una mayor productividad en el área de mantenimiento, al igual que en otras áreas.

La productividad es un concepto muy recurrente en los campos de la industria, economía y negocios en general. Una preocupación característica de la sociedad actual es el aseguramiento de la calidad, la productividad y disminución de los costos en las industrias. La productividad es un reto que quiere alcanzar cualquier empresa para poder tener una posición competitiva sostenida en el mercado nacional e internacional.

La productividad ha sido definida tradicionalmente como la relación que existe entre las entradas y las salidas en el proceso de transformación. Las salidas corresponden al producto terminado de cada industria. Las entradas son las

unidades de recursos típicamente usados en la fabricación, que generalmente se dividen en cuatro categorías principales:

- Mano de obra directa: el número de horas hombre asignadas directamente al proceso de transformación.
- Bienes de capital: inversión en planta, maquinaria o sistemas de información.
- Materiales: materias primas, componentes y materiales auxiliares que están presente en el proceso.
- Procesos: los procedimientos que configuran la función del proceso de fabricación.

Esta última categoría, incluye al mantenimiento, la ingeniería de procesos, la administración del personal de fabricación, los sistemas de control y supervisión, así como otras actividades necesarias para que el proceso de fabricación funcione correctamente, como son capacitación, motivación del personal, cooperación entre departamentos, seguridad, etc.

El término productividad tiende a estar relacionado con la eficiencia y la eficacia. Entendiendo por eficiencia la proporción del logro de objetivos y resultados empleando los recursos de manera óptima. La eficacia es el grado en que se logran metas u objetivos de interés para la empresa.

Entonces la eficiencia en el mantenimiento consiste en hallar el punto de equilibrio, para que las tareas de mantenimiento resulten económicas, tendiendo a una filosofía de cero fallas, mantenimiento correctivo mínimo y mayor disponibilidad de equipo, Todo esto enfocado al cumplimiento de objetivos de la empresa. En cambio la eficacia en el mantenimiento se palpa al existir un derroche de recursos para mantener la confiabilidad de los equipos.

Es importante la productividad en el área de mantenimiento, porque invirtiendo en la función de mantenimiento se logran mejorar los procesos productivos, haciéndolos más eficientes; mejorar la calidad del producto terminado según los requerimientos del cliente; se eliminan costos por mantenimiento correctivo, tiempo muerto, menor número de refacciones, velocidad en el proceso de fabricación, etc.

CAPÍTULO III

INSPECCIÓN DE LOS BIENES FÍSICOS DE LA EMPRESA

En el capítulo I se mencionó la importancia de hacer rutas de inspección a los Bienes Físicos de la Empresa como parte de un Mantenimiento Preventivo, estas inspecciones son justificadas con análisis técnicos de componentes y elementos de los equipos sin dejar de lado la limpieza, ya que la falta de este sutil servicio puede provocar fallas.

La mayoría de los puntos que se tratan en esta sección son comunes en todas las máquinas y equipos de cualquier empresa.

Los temas que se van presentando dentro de este capítulo, los dividimos en tres grupos como se muestra a continuación:

- **Elementos mecánicos**
 - Tornillos
 - Rodamientos

- **Análisis técnicos por**
 - Vibración
 - Corriente eléctrica
 - Lubricación
 - Corrosión
 - Termografía

- **Servicio**
 - Limpieza
 - Seguridad en la empresa

3.1 Elementos mecánicos

3.1.1 Tornillería

Generalmente se denomina:

Tornillos a aquellos que tienen cuerda corrida, o que llevan tuerca, o que se usan en madera.

Pernos a los que llevan una parte de cuerda y otra sin ella.

Birlos son los que están fijos y la tuerca es la que gira.

Pijas a los de paso amplio y diámetro que disminuye hacia la punta

Cuando se requiere que un tornillo no se afloje o no se suelte, se puede recurrir a algunos de los siguientes métodos:

- Barrer o dañar la cuerda.
- Pasar seguros o chavetas.
- Usar tuercas o pernos de seguridad.
- Usar contratuercas.
- Soldar las tuercas salientes del tornillo.
- Sellar los tornillos.

El Grado de un tornillo: Define la medida de su resistencia, principalmente a la tensión, que es el tipo de esfuerzo a que comúnmente están sujetos los tornillos.

La relación entre el par aplicado a un tornillo, y el esfuerzo de tensión al que esta sometido, se ve afectada por muchos factores, como son, entre otros: Lubricación, acabados de ambas cuerdas, tamaño y forma de las caras que resbalan, limpieza de cuerdas y caras, velocidades a las que se apriete, forma en que se apriete.

Las razones, por las que un tornillo se puede aflojar son muchas, por ejemplo:

- Cedencia del material del tornillo.

- Cedencia de los materiales que sujeta.
- Desgaste.
- Vibración (amplitud, frecuencia, dinámica, etc.)

Algunas de las causas que ocasionan falla en los tornillos son:

Sobre apriete, sobre tensión, sobre flexión, cuerda barrida, concentración de esfuerzos entre cabeza y cuerpo, mal tratamiento térmico, defectos del material (estructura, grano, etc.), mal corte de la cuerda, fatiga, etc.

3.1.2 Rodamientos

Los cojinetes de bolas y rodillos son elementos mecánicos que reducen la fricción entre un eje y los elementos conectados al mismo, sirviendo de apoyo y facilitando el desplazamiento. Son partes mecánicas críticas que podemos encontrar en la gran mayoría de equipos de una industria; es importante el cuidado de los mismos en su uso para evitar el abuso mecánico y el daño por corrosión. Se les debe proteger constantemente de todas las formas de suciedad o materias extrañas que puedan desgastar sus superficies.

La gran mayoría de los cojinetes ha sido estandarizada por los fabricantes para facilitar la intercambiabilidad dimensional y funcional. Los más comunes se fabrican en tres tamaños básicos ligero, medio y pesado los cuales son designados como series 200, 300 y 400 respectivamente.

Existen diferentes tipos de cojinetes diseñados para aplicaciones específicas. Los cojinetes o rodamientos de bolas son diseñados para resistir tanto cargas radiales moderadas como axiales. Por su gran precisión es común encontrarlos en motores eléctricos.

Los rodamientos de rodillos esféricos pueden soportar cargas muy pesadas.

Dificultades de Funcionamiento

- **Alta temperatura de giro**

La elevación repentina o anormal de la temperatura de las partes que rodean inmediatamente al cojinete, dan pie a sospechar de alguna anomalía.

La razón más común para temperaturas excesivas en el cojinete en giro es la sobre lubricación. Salvo que el fabricante indique otras acciones, el nivel de aceite en la chumacera bajo condiciones estacionarias deberá extenderse hasta el centro de la bola o rodillo más bajo. De manera similar, las cavidades del cojinete más un cuarto de las cavidades del alojamiento o chumacera deberán llenarse con grasa.

La temperatura de giro del cojinete se juzga generalmente por la temperatura de la chumacera que lo rodea, por lo que es importante examinar los elementos adyacentes al cojinete antes de hacer cambios en la selección o montaje del cojinete.

- **Ruido, vibración o giro desigual**

Las situaciones antes descritas pueden provocar ruidos anormales provenientes del cojinete.

Un mal montaje puede ocasionar golpes en el cojinete de manera tal que las bolas giren de manera irregular dentro de las pistas. Otra causa de giro irregular es la sobrecarga del cojinete cuando el eje no se encuentra girando.

Un cojinete ruidoso puede resultar del paso de materias extrañas entre las bolas y ranuras.

Velocidades altas que comienzan con lubricante insuficiente o congelado pueden causar el derrape local en los contactos de las bolas o de los rodillos que se tornará aparentemente como ruido de cojinetes y eventualmente como una falla por fatiga prematura de las superficies en giro.

Daño de los cojinetes

- **Falla por fatiga**

Un cojinete efectivamente protegido y bien lubricado funcionará indefinidamente hasta que los esfuerzos repetidos inicien grietas por debajo de la superficie que provocarán desconchaduras de las superficies cargadas.

Los primeros signos de desconchamiento son detectados por el ruido excesivo y marca el fin de la vida útil del cojinete. En este caso el cojinete debe ser reemplazado inmediatamente antes de que se desprendan fragmentos de metal que ocasionen el agarrotamiento del eje.

- **Escasez de lubricación**

Cuando un cojinete no ha sido bien lubricado, muestra decoloración por el calor y es visible el efecto de la fricción entre metales.

- **Desgaste**

Un cojinete no deberá desgastarse a menos que penetre en su interior suciedad o materia abrasiva extraña, provocando el desgaste de los elementos giratorios y distorsión de la geometría de las pistas ambos apreciables a simple vista.

- **Corrosión**

En general las manchas de corrosión pueden ser ignoradas sobre todas las superficies, mientras que las picaduras sobre las superficies críticas de rodamiento que no se puedan sentir fácilmente con un trazador de punta roma no deberá ser causa de rechazo.

El paso de corriente eléctrica a través de un cojinete giratorio, provocará pequeñas picaduras o cráteres, tal daño es peligroso debido a la posibilidad de falla por fatigas prematuras y rápido aumento en la holgura del cojinete.

Debe ejercerse un juicio considerable para reutilizar cojinetes de servicio dudoso, ya que el costo por un recambio a tiempo es por lo general insignificante en términos de costos por paros y mano de obra de emergencia.

Mantenimiento a cojinetes

- **Lubricación**

El lubricante es suministrado a un cojinete giratorio para soportar los contactos deslizantes que existen entre el retenedor y las otras partes y para acomodar el deslizamiento en el área de contacto entre el elemento de rodamiento y las pistas.

El lubricante protege de la corrosión a las superficies del cojinete, tiende a excluir la materia extraña y en el caso de cojinetes de alta velocidad, ayudan a disipar el calor.

- **Lubricación por aceite**

Cuando la temperatura ambiente es baja, deben usarse los rangos de viscosidad inferiores y en temperaturas ambientes altas deberá seleccionarse viscosidades más altas.

El empleo de lubricantes de alta viscosidad sin ser el idóneo, causará una mayor fricción del cojinete, provocando que el elemento se caliente, aumente la pérdida de potencia y en extremo se congele provocando el deslizamiento de los elementos de rodamiento.

- **Lubricación por grasa**

Las grasas para cojinetes antifricción suelen ser una mezcla de aceite lubricante y base jabonosa para mantener el aceite en suspensión.

Una grasa apropiada para cojinetes de bolas y de rodillos no deberá mostrar evidencia de deterioro antes de 18 meses de almacenamiento en cojinetes empacados en cajas individuales y selladas.

En los casos de lubricación con grasa es conveniente remover toda la grasa vieja al menos una vez al año sin tomar en cuenta si se ha añadido o no grasa nueva durante ese tiempo. Revisar que la grasa alcance las superficies interiores del cojinete en donde es más necesaria.

Para proteger al cojinete contra la humedad, es conveniente el empleo de grasas a base de sodio ya que forma una emulsión no corrosiva cuando se mezcla con una pequeña cantidad de agua; esta emulsión se forma mientras exista rotación.

- **Limpieza**

El ABEC recomienda que los cojinetes de servicio desmontados se coloquen en un recipiente apropiado con disolvente de petróleo o keroseno limpio y frío y se les deje empaparse durante 12 horas de preferencia. En casos de grasa muy oxidada, puede ser conveniente empapar los cojinetes en aceite delgado caliente, agitando la canasta de los cojinetes lentamente en el aceite de vez en cuando.

El uso de disolventes clorinados de cualquier clase no se recomienda en operaciones de limpieza de cojinetes a causa del peligro de oxidación, tampoco es conveniente el uso de aire comprimido en operaciones de limpieza de cojinetes.

3.2 Análisis Técnicos

3.2.1 Parámetros de control

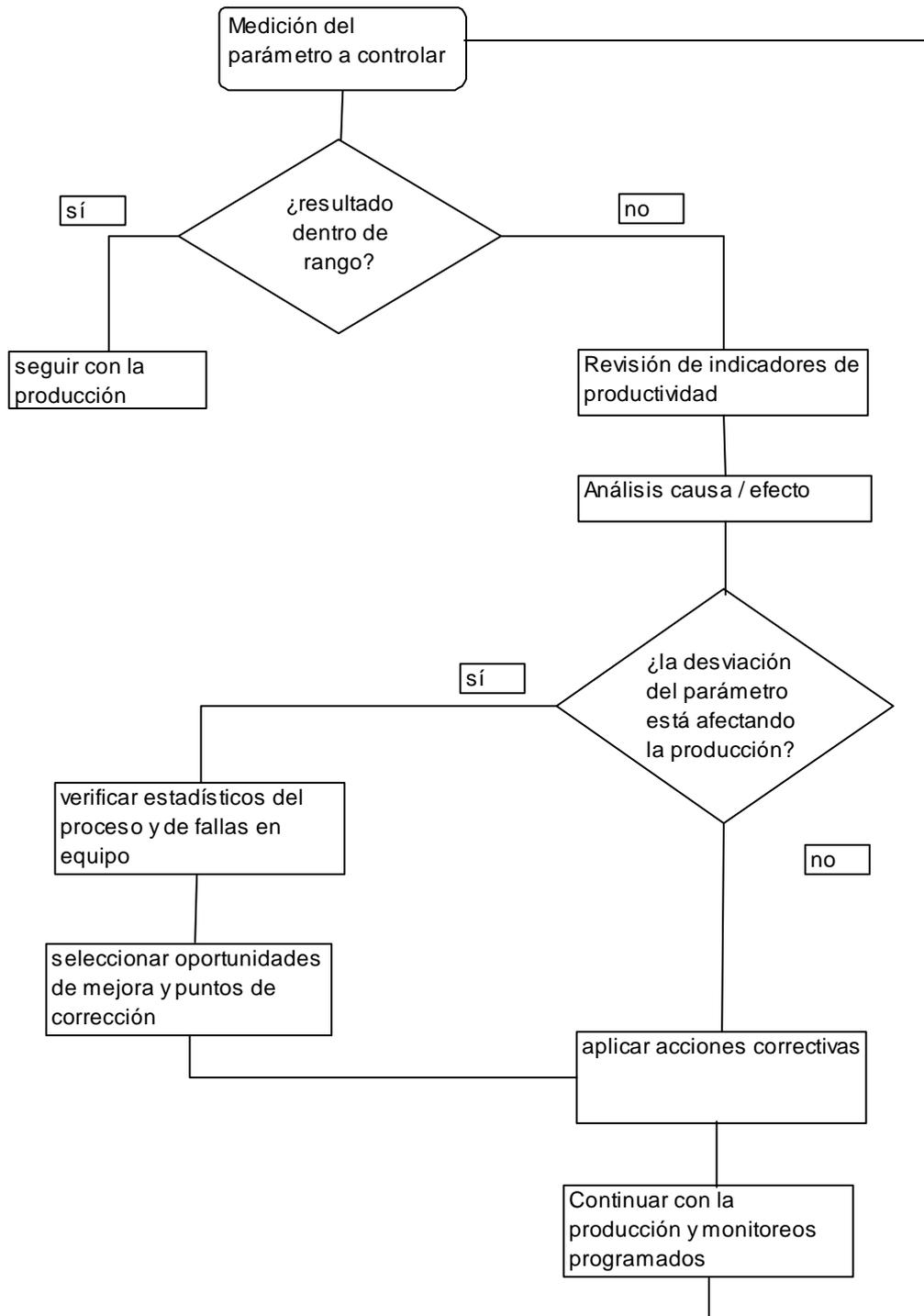
La siguiente tabla destaca las diferentes técnicas de monitoreo de parámetros relevantes a controlar dentro de la industria; algunas de estas técnicas se tratarán con mayor profundidad dentro de este capítulo. Se resalta la importancia del monitoreo de los equipos de producción, como un medio para ser competitivos a través de la eficiencia y disponibilidad de dichos bienes.

3.1 Condiciones y técnicas de diagnosis utilizadas en el Mantenimiento¹

Parámetro	Técnica de diagnosis	Clase de equipo
Temperatura	Termografía Pintura térmica	Estático
Vibraciones	Medidor de vibraciones Impulsos de choque Analizador de frecuencias	Maquinaria rotativa
Lubricantes	Monitoreo del color Oxidación Análisis espectroquímicos	Estático
Fugas	Detectores de ultrasonidos Gases halógenos Líquidos coloreados (trazadores) Detectores de grietas	Estático
Grietas	Fluido magnético Resistencia eléctrica Corrientes inducidas Ondas ultrasónicas Ondas de radiación	Estático
Ruidos	Estetoscopio Radioscopio	Maquinaria rotativa
Corrosión	Ultrasonidos Detector de gas Radioscopio, magnetoscopio	Estático
Obstrucciones	Radioscopio Indicador de presión	Estático
Deformaciones, doblados	Escalas Indicadores de nivel	Estático, tuberías

¹ Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción, Cuatrecas Lluís.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL MONITOREO DE PARÁMETROS²

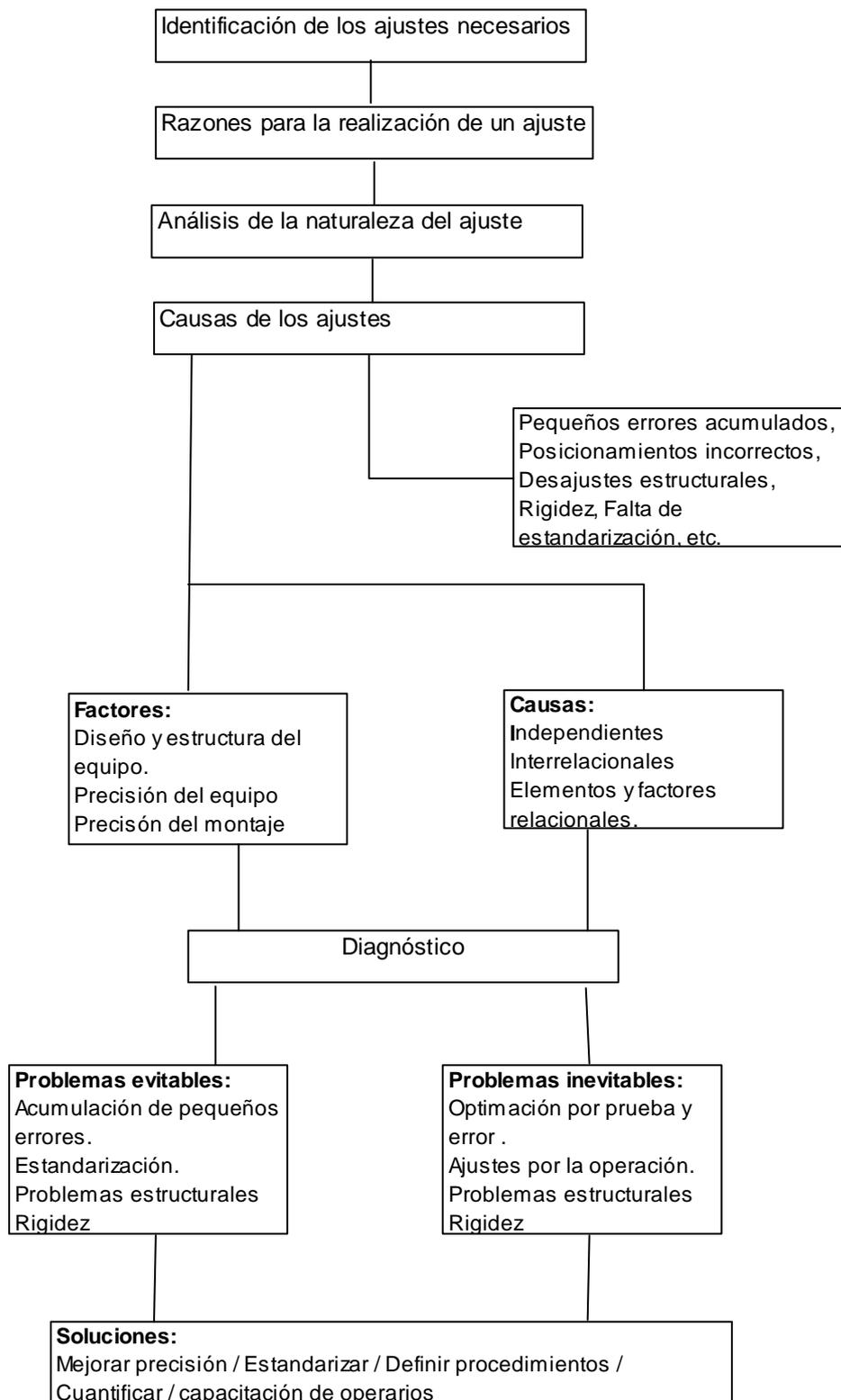


² Cuatrecas Lluís, Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción

Todos los bienes físicos en diferentes momentos de su servicio deben ser ajustados a los parámetros óptimos de producción; esto sucede desde que el bif es puesto en marcha, durante la producción como respuesta a la flexibilidad del proceso así como en la corrección de anomalías a lo largo de su funcionamiento. En muchas industrias ajustar los equipos le compete al departamento de producción por ser en ocasiones desviaciones rutinarias de los parámetros de control, que se resuelven haciendo las modificaciones pertinentes en el tablero de control siempre que el responsable tenga los conocimientos apropiados para hacerlo.

James Thompson recomienda que trabajando en equipo producción y mantenimiento, analicen la naturaleza de los desajustes en los bifs, y darles tratamiento según la frecuencia y consecuencias de los mismos.

3.3 Tratamiento de los ajustes en equipos³



³ James Thompson Biblioteca de mantenimiento en ingeniería

3.2.2 Vibración

La vibración en la maquinaria y equipos (bif en general), es la respuesta a una fuerza excitadora y esta respuesta esta determinada por las características de:

- Fuerza excitadora
- Bif

Esto conduce a pensar que si las características de la fuerza excitadora no varían o varían muy poco, los cambios en la vibración de la maquinaria están indicando que algunas características de la maquinaria están cambiando, por ejemplo el balance dinámico, la alineación, la holgura, la soldadura mecánica, la rigidez, etc.

Esta información conduce a definir el estado de salud de la maquinaria y aún más, permite incluso identificar cual es la causa o causas específicas de la vibración, sin necesidad de desarmar la maquinaria.

Las principales características de la vibración son:

- Fenómeno:
 - Dinámico
 - Cíclico
- Respuesta a una fuerza excitadora.

Cuando se trata de una maquinaria, la vibración sólo se concibe como un movimiento. Este movimiento se repite con respecto a una posición y sólo aparece cuando la maquinaria está en operación, que es cuando se generan las fuerzas excitadoras.

Tipo de vibración

Vibración libre. Se dice que un sistema masa-resorte vibra libremente cuando se aplica una sola vez una fuerza excitadora y se permite que el sistema vibre sin interferencia de otras fuerzas.

Vibración forzada. En la vibración forzada, la fuerza o fuerzas excitadoras actúan en forma cíclica.

Frecuencia natural. Es aquella con la cual vibraría un sistema masa-resorte, cuando se le permite vibrar libremente o en términos más prácticos la frecuencia natural de una máquina o un elemento de una máquina; es aquella con la cual vibraría cuando “se le permite vibrar libremente”.

En general la maquinaria se puede clasificar en dos grandes grupos:

- Rígida. Opera a menor frecuencia natural.
- Flexible. Opera a mayor frecuencia que la natural.

Vibración lateral y torsional

Existen vibraciones en todas las direcciones posibles, pero para simplificar y tener una muestra completa y suficiente, se acostumbra medir la vibración en direcciones axial y sus dos ortogonales. A estas vibraciones se les conoce como laterales.

La vibración torsional se refiere a la variación de la torsión en máquinas con alto par. En la mayor parte de la maquinaria industrial no es necesario medir ni controlar este tipo de vibración.

Equipo de medición

El equipo de medición de vibraciones en maquinarias abarca desde los vibrómetros o acelerómetros de masas más elementales hasta los sistemas controlados por computadora.

La mayoría de ellos están compuestos por:

Elemento sensible al desplazamiento, velocidad o aceleración de la vibración, conocido como **captador**.

Instrumento mediante el cual se puede desplegar la magnitud del parámetro medido, en distintos tipos de unidades, en forma analógica o digital.

Medición de amplitud. Los equipos más sencillos y ligeros miden la amplitud del desplazamiento y de la velocidad de la vibración.

Análisis de vibraciones. La principal característica de estos instrumentos, es que permiten buscar las vibraciones componentes de la vibración global, es decir separar cada componente.

Medición de amplitud, frecuencia y ángulo de fase. Estos instrumentos agregan la posibilidad de medir la velocidad de rotación y el ángulo de fase (en atraso o adelanto) con respecto a una referencia angular.

Análisis de vibraciones en tiempo real. Estos instrumentos poseen enormes capacidades de análisis, gran variedad de funciones y pueden enlazarse con sistemas de cómputo.

Colectores, analizadores de vibración. Actualmente se tienen disponibles en el mercado, pequeños instrumentos con baterías, con microprocesador integrado, capaces de capturar enormes volúmenes de información de vibraciones; todos ellos tienen interfase para computadoras.



3.4 INSTRUMENTO DE MEDICION (VIBRACION)

En la figura 3.4 se muestra un instrumento de medición utilizado en la industria para realizar el análisis de vibraciones.

Control de la vibración

Controlar la vibración en la maquinaria, consiste en mantenerla dentro de ciertos límites:

- * Recomendados por el fabricante
- * Establecidos por normas internacionales o locales
- * Requeridos por control de calidad
- * Determinados por experiencia

El control de la vibración (efecto) se puede lograr mediante el control de las fuerzas de excitación (causas) manteniéndola dentro de valores aceptables, o evitando que la vibración se transmita, con aisladores de vibración.

Controlar las fuerzas excitadoras significa mantener en condiciones adecuadas de operación la maquinaria (mantenimiento) y también controlar las condiciones de operación, como velocidad de rotación, carga, temperaturas, etc.

Medición y registro de vibraciones laterales

El primer paso para controlar la vibración, es la medición y registro de la vibración en sus tres sentidos ortogonales que en la mayoría de la maquinaria son axiales, horizontales y verticales.

Es indispensable definir para la medición:

- * Periodicidad de la toma de lecturas.
- * Marcar los puntos exactos de colocación de los captadores.

La vibración como técnica de predicción

Con los datos registrados periódicamente se pueden elaborar gráficas de tendencia de la vibración y así fácilmente pronosticar el momento en que la vibración podría alcanzar los límites establecidos previamente.

Una vez terminada la reparación, se confirma el buen estado de la maquinaria, por medición de la vibración.

Mientras la vibración se mantenga en niveles por debajo de los límites se tendrá:

- * Operación suave y silenciosa
- * Vida útil de la maquinaria mayor (prolongada)
- * Tiempos muertos disminuidos
- * Ahorro en el consumo de energía
- * Fiabilidad mayor, reducción de la probabilidad de falla
- * Menor número de paros forzosos y accidentes.

Ondas de alta frecuencia

Las técnicas de medición de señales de alta frecuencia, complementan al análisis de vibraciones ya que detectan algunos tipos de fallas que no son posibles diagnosticar con los métodos tradicionales de análisis de vibraciones. De las técnicas ampliamente utilizadas, se pueden nombrar las siguientes: Destellos de energía, conocido como Spikes de energía, Análisis de las ondas de choque (SPM), Análisis de las emisiones acústicas, ultrasonido, Energía espectral emitida (SEE) y Análisis de vibraciones de alta frecuencia (HDF).



3.5 INSTRUMENTO DE MEDICION (ULTRASONIDO)

En la figura 3.5 se muestra un instrumento de medición utilizado en la industria para realizar el análisis de ultrasonido.

Los problemas que se pueden detectar son variados, y van desde la detección incipiente de fallas en las pistas de los rodamientos, hasta la detección de fugas en trampas de vapor o de aire comprimido en estanques a presión.

Estas técnicas de análisis tienen como objetivo, detectar el origen de la emisión de alta frecuencia a partir del procesamiento de la señal global.

3.2.3 Corriente Eléctrica

El análisis de corriente es una herramienta que ayuda a evaluar la condición de motores de inducción al complementarlo con el análisis vibratorio.

El análisis de corriente consiste en medir la corriente mediante un amperímetro de tenazas alrededor de cada una de las fases del motor. La corriente medida se introduce entonces al analizador de vibraciones para el análisis de su espectro. Se debe tener presente, que existen problemas mecánicos como el desbalanceamiento, desalineamiento o flexión del eje, que hacen que el entrehierro varíe entre el rotor y estator, produciendo fuerzas y vibraciones electromagnéticas, siendo en verdad, un problema de origen mecánico. Por este motivo, cuando se analice un motor eléctrico con un análisis de corriente, primero se debe conocer los orígenes de los problemas mecánicos.

3.2.4 Lubricación

El contacto entre las superficies ocasiona fricción al existir un movimiento relativo entre ellas. Esta fricción origina pérdidas por:

- Reducción de la vida de las partes
- Reblandecimiento de las partes
- Dilatación que puede trabar el mecanismo
- Calor generado en las partes
- Demanda adicional de energía para mantener el movimiento entre las partes
- Desgaste

- Ruido
- Vibraciones

La forma de reducir la fricción entre las superficies en contacto puede ser mediante:

Deslizamiento:

Puliendo las superficies para minimizar las obstrucciones de los elementos en contacto.

Rodamiento:

Reduciendo el área de contacto entre las superficies.

Lubricación:

Interponiendo entre las superficies un elemento fluido.

Desgaste controlado:

Aplicación de un material suave en una de las partes.

La lubricación es una tarea de servicio del mantenimiento, que permite a las instalaciones mecánicas operar con fricción mínima.

Para lubricar se requiere de fluidos con propiedades tales que reduzcan la fricción, entre las que hay que destacar la viscosidad.

Esta es la propiedad de interacción entre moléculas de un fluido que presenta una resistencia a las fuerzas cortantes, la cual habrá que minimizar con fluidos lubricantes, es decir la viscosidad acorde con la función.

En los bif habrá que identificar los elementos que requieren lubricación que son básicamente los equipos, maquinaria y herramientas, en los que habrá que distinguir los mostrados en la siguiente tabla:

3.6 Principales elementos que requieren lubricación⁴

Cilindros	Cojinetes	Guías
• Pistones	• Chumaceras	• Bancadas
• Motores de combustión interna	• Metales	• Correderas
- Diesel	• Rodamientos	• Rozaderas
- Gas	Engranés	• Vías
- Gasolina	• Rectos: externos e internos	
• Émbolos	• Sinfín	
- Bombas	• Cónicos, elípticos, helicoidales	
- Compresores	• Cremalleras	
• Equipo		
- Neumático		
- Hidráulico		

Es importante también identificar cuales son los elementos a los que no habrá que lubricar, como pueden ser aquellos que funcionan por fricción, como pueden ser los embragues y frenos.

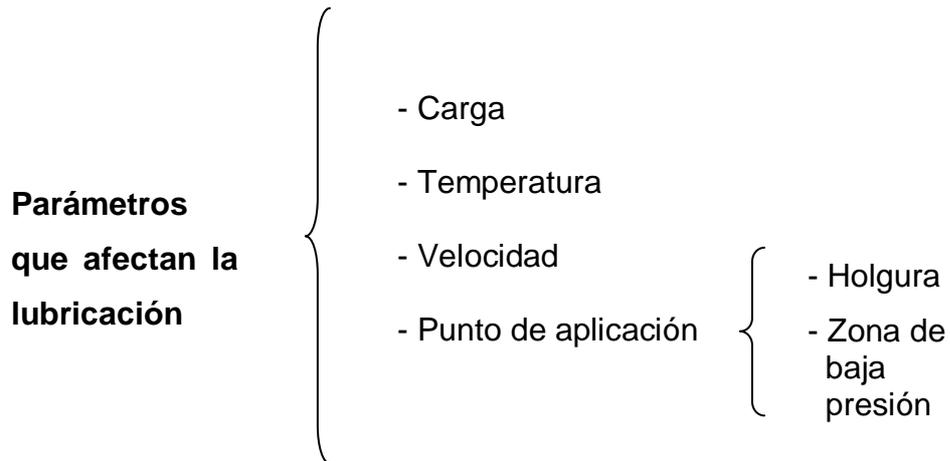
Fricción fluida

La lubricación es la sustitución de la fricción sólida (rodamiento, deslizamiento o desgaste) por la fluida, que puede ser mediante película delgada o película fluida o dinámica.

La fricción fluida será función principalmente de la viscosidad del lubricante empleado. Esta propiedad es la que da “cuerpo” al fluido.

La viscosidad es la resistencia a fluir. De esta forma los lubricantes ligeros fluyen más rápidamente que los pesados.

⁴ Jesús Ávila Espinosa, Conceptos Básicos del Mantenimiento.



El mantenimiento de estos sistemas requiere la limpieza y reemplazo regular de los filtros, así como revisión del nivel y cambio del lubricante, con inspección del comportamiento del sistema y análisis de la calidad del lubricante.

Características de los lubricantes

Los lubricantes deben reunir una serie de propiedades que se determinan mediante diferentes medidas como acidez, coloración, densidad, viscosidad, punto de combustión, punto de fluidez y congelación, punto de inflamación, volatilidad, además de las características especiales que los hacen más aptos para cumplir su función, dentro de las que se consideran las siguientes:

Habilidad para reducir la fricción y el desgaste. Esta habilidad es impartida mediante aditivos especiales incorporados a los lubricantes.

Habilidad para proteger contra la herrumbre. Es necesario proteger las superficies metálicas contra la herrumbre ocasionada por la humedad, mediante aditivos agregados al aceite.

Acción detergente-dispersante. En los motores de combustión interna, es necesario contar con la habilidad detergente/dispersante.

- **Detergente.** Se adhiere a las partículas extrañas (carbón, lodo, etc.)
- **Dispersante.** Mantiene en suspensión las partículas, evitando que se aglutinen y formen cuerpos de mayor tamaño que puedan asentarse.

Agentes contra la formación de espuma. La espuma o inclusión de aire se mezcla con el aceite provocando zonas sin lubricante; es necesario reducir la formación de espuma mediante un aditivo en el lubricante que reviente las burbujas de aire o aumentándolas de tamaño para que suban a la superficie y estallen.

Resistencia a la oxidación. Un aceite debe ser capaz de resistir por largos períodos la tendencia a la formación de materias que alteren la viscosidad y causen depósitos, mediante aditivos inhibidores contra la oxidación.

Tipos de lubricantes

Las películas se forman con los lubricantes, que pueden ser:

- Líquidos (aceites)
- Semisólidos (grasas)
- Sólidos (grafito, bisulfuro de molibdeno)

Los lubricantes líquidos se obtienen principalmente por:

- Destilación del petróleo, en general.
- Destilación seca de lignitos y esquistos.

Elección de un lubricante

En México la base de los lubricantes la proporciona normalmente PEMEX, por lo cual la selección del lubricante la determina:

- Proceso de fabricación
 - Uniformidad en la producción (calidad)
 - Sin contaminantes
 - Empaque (evitar la contaminación)
 - Homogeneización de la mezcla
 - Aditivos incorporados en cantidad y calidad

- Variedad de los productos para satisfacer las demandas particulares
- Servicio postventa
- Asesoría técnica

Análisis de Lubricantes

Los análisis de lubricantes son pruebas de laboratorio usadas para evaluar la condición de los lubricantes usados o los residuos presentes. Al estudiar los resultados del análisis, se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes.

Los motivos por lo que se realiza un análisis de lubricantes son los siguientes:

- Control de la degradación del lubricante.
- Monitorear daño mecánico de componentes. (Desgaste).
- Control de contaminantes por sólidos, fluidos o gases.
- Verificar que se está usando el lubricante adecuado.

Entre los análisis que se realizan al aceite se encuentran:

- Análisis espectrométrico del aceite (SOAP Analysis: Spectrometric Oil Analysis Procedure).
- Análisis de los residuos en el aceite: ferrografía directa, ferrografía analítica, análisis de astillas (chips).
- Análisis de la contaminación en los aceites hidráulicos, evaluando mediante diversos procedimientos, la viscosidad, el grado de oxidación y el contenido de cenizas.

3.2.5 Corrosión

Es la destrucción o deterioro de los materiales como consecuencia de su reacción con el medio ambiente en el que se encuentra.

Específicamente en los materiales metálicos, es la destrucción de estos por reacción electroquímica entre el metal y el ambiente que lo rodea.

Debido a que es prácticamente imposible eliminar la corrosión, esta debe ser considerada dentro de los proyectos de ingeniería.

La corrosión se basa en alguno de los siguientes factores:

1. Naturaleza de la sustancia corrosiva.
 - Húmeda. Requiere de la presencia de un líquido o humedad.
 - Seca. Las reacciones se desarrollan cuando se tienen gases a alta temperatura.
2. Mecanismos de la Corrosión. Dependiendo del tamaño de las áreas corroídas la corrosión se clasifica en:
 - Uniforme. Todo el metal se corroe a la misma velocidad en toda su superficie.
 - Localizada. Solo afecta áreas pequeñas. Es una corrosión microscópica

Se forma una celda cuando se conjugan electrodos, electrolito y el circuito.

- Corrosión Galvánica y uniforme. Es la forma más común de corrosión, se debe a la diferencia de potencial entre los metales; se controla con el uso de aislamientos como pinturas.
- Corrosión por erosión. El desgaste mecánico incrementa la velocidad de ataque. Tiene la apariencia de picaduras poco profundas de fondo terso. Este tipo de corrosión prospera en condiciones de alta velocidad como impulsores de bombas, agitadores, en codos, etc. Puede ser evitada por cambios de diseño o por selección de materiales más resistentes.
- Corrosión por cavitación. Es causada por la formación y colapso de burbujas de vapor en la superficie del metal. Las altas presiones producidas por este colapso pueden disolver el metal, remover las películas protectoras, etc.
- corrosión por desgaste (fretting). Es resultado de la vibración ya que esta provoca fricción entre piezas que no deben deslizarse.
- Corrosión por agrietamiento. Generalmente se atribuye a los siguientes factores:
 - cambios de acidez en la grieta o hendidura
 - escasez de oxígeno en la grieta
 - desarrollo de iones diferentes en la hendidura
 - agotamiento de inhibidor de la corrosión en la grieta
- Corrosión por picadura. Se presenta por la formación de orificios en una superficie relativamente inatacada. Para evitarla se necesita una superficie limpia y homogénea sin incrustaciones o defectos.
- Corrosión por exfoliación. El ataque tiene un aspecto escamoso. Se combate utilizando aleaciones y tratamientos térmicos.

- Corrosión por disolución selectiva. Se produce al efectuarse la remoción de uno de los elementos de una aleación.
- Corrosión de fractura por tensión
- Corrosión por soluciones neutras y alcalinas. Las soluciones acuosas disuelven rápidamente el oxígeno del aire, siendo este la fuente de oxígeno requerida en los procesos corrosivos.

3.2.6 Termografía

La termografía infrarroja es una técnica no destructiva y sin contacto, por medio de la cual, se hace visible la radiación termal o energía infrarroja que un cuerpo emite o refleja. Esto permite visualizar las distribuciones superficiales de temperatura. Las aplicaciones son muy amplias para el control de temperatura y detección de fallas, se utiliza en equipos eléctricos fundamentalmente, pero también en equipos mecánicos, control de procesos, refrigeración, aislamientos de sistemas de fluidos, edificios y estructuras, etc. Las fallas típicas que hacen aumentar la temperatura son la fricción, exceso o falta de lubricante, chispas eléctricas, etc.



3.7 EQUIPO DE MEDICIÓN (TERMOGRAFÍA)

En la figura 3.7 se muestra un instrumento de medición utilizado en la industria para realizar el análisis de termografía.

3.8 LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS DE LOS EQUIPOS⁵

Pérdidas	Tipo y características	Efectos	Objetivos
1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas de los equipos.	Tiempos muertos y de vacío.	Eliminar
2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos.	Tiempos de paro del proceso por, preparación de maquinaria o útiles necesarios para su puesta en marcha.		Reducir al máximo
3. Funcionamiento a velocidad reducida.	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño	Pérdidas de velocidad del proceso	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño.
4. Tiempo en vacío y paradas cortas.	Intervalos de tiempo en que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios.		Eliminar
5. Defectos de calidad y repetición de trabajos.	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y, consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Productos o procesos defectuosos.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancias
6. Puesta en marcha.	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.		Eliminar o minimizar según exigencias técnicas.

3.3 Servicio

3.3.1 Limpieza

La limpieza se define como una condición higiénica que requiere de un trabajo para lograr mantenerla ya que no es una condición natural. Su objetivo

⁵ Manual del mantenimiento Industrial, varios autores

fundamental es eliminar del medio las materias nocivas para la salud, seguridad y buen funcionamiento. La limpieza es la tarea básica y clásica del Mantenimiento Rutinario.

Las normas regulatorias para la protección del medio ambiente se clasifican principalmente en:

- Control de descargas
- Residuos peligrosos
- Emisiones al Ambiente

Aunadas a lo anterior están las normas con respecto a la seguridad del trabajador.

Ahora bien, debemos centrarnos en cuatro cuestiones básicas para atender la limpieza de una industria:

1. Que la sustancia empleada para limpiar no dañe al equipo.
2. La seguridad del trabajador encargado de la tarea de limpieza.
3. Que el agente no emita gases nocivos para el medio ambiente
4. La forma de desecho tanto de la propia sustancia usada para la limpieza como del material removido. En ocasiones el agente limpiador no es nocivo para el ambiente, pero al mezclarse con la sustancia removida, se contamina y merece un manejo especial.

Los siguientes procedimientos de limpieza y mantenimiento son importantes tanto por su uso como por su incidencia en riesgos ambientales y de seguridad:

a) Limpieza y Desengrase Industrial

Se enfoca a la eliminación de grasas, lubricantes y contaminantes del proceso. Estas tareas se realizan con dos tecnologías químicas básicas:

- **Productos base solvente (Disolvente).** Estos no deben arrojarse al drenaje y se debe monitorear el ambiente laboral por la emisión de gases tóxicos.
- **Productos base acuosa (Detergente)**

b) Tareas de lavado

Corresponde al lavado de pisos, de prendas y labores de aseo y desinfección. En estos casos el principal problema lo provoca el contaminante eliminado más que el limpiador.

c) Limpiezas químicas y desincrustaciones

Se contemplan los trabajos de desincrustación, desoxidación y descarbonización. Para todos los casos existen procedimientos recomendados, pero en general se pueden minimizar las consecuencias negativas de los desechos básicamente: sedimentando sólidos, separando grasas o neutralizando el pH.

Como parte del Mantenimiento Productivo Total, la limpieza se deja en manos de “todos” los trabajadores, así esta tarea será más sencilla y menos costosa. Al indicarle al operario que limpie “su” máquina, será mas sencillo que identifique piezas sueltas u otros aspectos que conlleven a un descompostura; el polvo tiende a deteriorar circuitos electrónicos de una manera impresionante.

Programa de Limpieza

Es necesario definir el universo de trabajo a efectuar y clasificar que tareas son especializadas, que se hará con personal interno y que con personal externo, para todo ello es conveniente hacer una tabla con la siguiente información:

- Departamento (producción, administración, sistemas, etc.)
- Zona (pisos, muros, techos, equipos, etc.)
- Concepto (enyesado, desincrustado, etc.)
- Superficie (m²)

- Procedimiento incluyendo agente limpiador
- Frecuencia
- Personal requerido
- Estimación de tiempo de la actividad

3.3.2 Seguridad

Hablar de seguridad e higiene en el trabajo, es demasiado amplio ya que sin duda alguna debemos remitirnos entre otras fuentes a las Normas Oficiales Mexicanas, en ellas encontraremos regulaciones para el manejo de materiales y maquinaria, accesorios de seguridad para trabajadores, códigos de colores, seguridad contra incendios, programación de simulacros, etc.

La aplicación de las regulaciones en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo se refiere, es imprescindible para mejorar las condiciones de trabajo y por añadidura las condiciones generales de la empresa que redundarán en una mayor productividad.

En este apartado hemos decidido tratar dos aspectos mínimos de la seguridad que no se deben obviar.

3.3.2.1 Uso de los colores como código de seguridad.

El departamento de mantenimiento, tiene encomendado entre sus responsabilidades, mantener en buen estado la pintura de los diferentes bienes de la empresa, con esto no solo se pretende exponer una buena imagen de la empresa ya que la pintura exterior del inmueble si bien da un agradable aspecto visual no tiene mayor relevancia.

En esta sección nos referimos a mantener delimitadas las áreas dentro de la empresa por medio del código de colores el cual debe darse a conocer a todos los trabajadores.

NOM-026-STPS-1998

Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

Establece el código para elaborar señales y avisos de seguridad e higiene que deben emplearse en los centros de trabajo; así como las características y especificaciones que éstas deben cumplir. No es aplicable a señales o avisos con iluminación propia.

3.9 COLORES DE SEGURIDAD, SU SIGNIFICADO E INDICACIONES Y PRECISIONES⁶

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO	PARO	Alto y dispositivos de desconexión para emergencias.
	PROHIBICION	Señalamientos para prohibir acciones específicas.
	MATERIAL, EQUIPO Y SISTEMAS PARA COMBATE DE INCENDIOS	Identificación y localización.
AMARILLO	ADVERTENCIA DE PELIGRO	Atención, precaución, verificación. Identificación de fluidos peligrosos.
	DELIMITACION DE AREAS	Límites de áreas restringidas o de usos específicos.
	ADVERTENCIA DE PELIGRO POR RADIACIONES IONIZANTES	Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo.
VERDE	CONDICION SEGURA	Identificación de tuberías que conducen fluidos de bajo riesgo. Señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavaojos, entre otros.
AZUL	OBLIGACION	Señalamientos para realizar acciones específicas.

Colores de seguridad para tuberías

Seguridad-Código de colores para identificación de fluidos conducidos en tuberías.

La Norma Oficial Mexicana establece el código de colores que deben ser utilizados para la identificación de fluidos conducidos en tuberías, para propósitos de seguridad en el trabajo. El código emplea un número limitado de colores.

⁶ Norma Oficial Mexicana, Secretaría del Trabajo y Previsión Social

Los fluidos conducidos en tuberías deben ser identificados mediante el color de seguridad y el color básico.

3.10 COLORES DE SEGURIDAD PARA TUBERIAS Y SU SIGNIFICADO⁷

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO
ROJO	IDENTIFICACION DE TUBERIAS CONTRA INCENDIO
AMARILLO	IDENTIFICACION DE FLUIDOS PELIGROSOS
VERDE	IDENTIFICACION DE FLUIDOS DE BAJO RIESGO

Utilización del código de colores básicos.

Todas las tuberías que conduzcan fluidos, deben ser identificadas con el color básico, el color de seguridad (en el caso de fluidos peligrosos) y con la información complementaria.

Nota: Cuando se utilice el color negro, siempre debe emplearse la información complementaria, anotando claramente el nombre completo de la sustancia que se maneja.

Los colores básicos son:

Verde	Agua
Gris Plateado	Vapor
Café	Aceites minerales, vegetales y animales, combustibles líquidos
Amarillo Ocre	Gases licuados o en estado gaseoso (excepto aire)
Violeta	Ácidos y álcalis
Azul	Aire
Negro	Otros líquidos (excepto agua)

3.3.2.2 Protección contra incendios.

Los incendios suelen ser producto de la negligencia, ya sea por falta de inspección, mantenimiento, desconocimiento u otros errores humanos.

⁷ Idem

En las industrias los incendios suelen iniciar por fallos en las instalaciones eléctricas, fugas de combustible y descuidos en el almacenaje de materiales, entre otros. El fuego tiende a propagarse rápidamente por lo que es menester combatirlo cuando este apenas comienza.

El sistema de protección contra incendios se refiere, al conjunto de canalizaciones, equipos y accesorios que tienen como finalidad proteger al inmueble y bienes dentro del mismo contra incendios.

El sistema de protección contra incendios puede contener unos o varios de los siguientes accesorios:

- Hidrantes
- Extintores
- Tomas siamesas
- Aspersores

La complejidad del sistema estará determinada por el valor intrínseco del bien a proteger, así como de los materiales comburentes que se encuentren dentro del recinto.

Es importante verificar que al adquirir equipos contra incendio, estos cumplan con normas de seguridad de organismos reconocidos internacionalmente como es el caso de la NFPA (Nacional Fire Protection Association).

Para saber que tipo de extintor es conveniente usar dentro de la planta, es necesario conocer la clasificación del tipo de fuego:

3.11 CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE FUEGO⁸

Tipo de fuego	Comburente
A	Madera, textiles, goma, papel y algunos plásticos
B	Gasolina, aceites, pinturas, gases y líquidos inflamables
C	Comburentes de la clasificación A y B añadiendo circuitos eléctricos
D	Metales combustibles como sodio, magnesio, potasio, etc

⁸ Idem

A manera de tabla se muestran distintos agentes extintores así como el tipo de fuego apropiado para cada uno; cabe mencionar que las propiedades del agente extintor tienen caducidad, por lo que es conveniente verificar con el proveedor para programar el cambio o recarga de los extintores según sea el caso.

3.12 DISTINTOS AGENTES DE EXTINTORES⁹

Agente extintor	Propiedades generales	Propiedades extintoras	Tipo de fuego
Agua	Cuando el agua se vaporiza aumenta su volumen 1000 veces por lo que disminuye la combustión	<ul style="list-style-type: none"> - Enfriamiento - Sofocación 	A
Espuma agregado de proteínas con fluorados activos	<ul style="list-style-type: none"> - Toxicidad nula - Presenta conductividad - Incompatible con polvos 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfriamiento - Sofocación - Se expande cubriendo y adhiriéndose a las superficies. 	A, B
Gas CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> - No es corrosivo - Mal conductor eléctrico - No se debe aplicar directo a la persona 	Enfriamiento	A, B, C
Polvo extintor bicarbonato sódico, potásico o cloruro de potasio	<ul style="list-style-type: none"> - Se divide en finas partículas - Toxicidad nula - Mal conductor eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfriamiento - Sofocación 	B, C
Agentes químicos limpios. Gas licuado limpio. Hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> - No afectan la capa de ozono - Mal conductor eléctrico. 	Enfriamiento	B, C

Nota: El empleo de extintores a base de halones está prohibido por el daño que causa a la capa de ozono.

⁹ Idem

CAPÍTULO IV

SITUACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

De acuerdo a lo expresado en capítulos anteriores, antes de aplicar un plan de mantenimiento lo primero es conocer a la empresa y los recursos con que dispone.

Los datos expuestos corresponden a la información base para realizar el mantenimiento propuesta en el capítulo II.

No podemos dejar de mencionar que dentro de una organización empresarial, una situación utópica consiste en que todos los elementos de la organización estén conscientes de que un buen mantenimiento trae por añadidura mejoras globales para la empresa, de manera tal que el compromiso comience desde la dirección general y la buena intención de la parte de productiva y administrativa.

En esta ocasión, el interesado en implantar programas para la prevención de fallas es el gerente de planta, no logrando involucrar a las demás áreas causando que el acceso a cierta información fuera negado o restringido.

4.1 Historia de la Empresa

PLASTICAFA, S.A. DE C.V. es una empresa familiar 100% mexicana, Fue establecida a mediados de 1993 por una persona con experiencia de más de 20 años en el ramo de moldeo por inyección y soplado de partes plásticas.

Su giro principal es la maquila de partes plásticas para la industria automotriz, productos clínicos y de laboratorio, artículos para la oficina, del cuidado personal y de la salud, sistemas de comunicación y diversos artículos.

De 1993 a la fecha, PLASTICAFA ha triplicado sus instalaciones, logrando satisfacer las demandas tanto del mercado nacional, como de clientes que actúan en mercados internacionales; sin embargo esta empresa se encuentra en crisis, su principal objetivo es la supervivencia, en una rama de la industria que se está

saturando y abaratando principalmente por la introducción al mercado de productos chinos y la competencia desigual del mercado informal.

La Empresa con apoyo de la Delegación y la Secretaría del Trabajo, buscan la certificación ISO 9000, como una estrategia de competencia en la industria nacional, su carta fuerte es la excelente calidad de sus productos; no obstante es un error no considerar la calidad como resultado del buen funcionamiento de todo el sistema productivo.

La Empresa se está empapando de filosofías como mejora continua y calidad, se encuentra en la transición de realizar las actividades con el deber ser y no por que así se han hecho siempre.

Como un primer paso hacia la mejora, están elaborando el manual de calidad, para ello necesitan la documentación y regulación de sus procesos, actividad que se les ha complicado y apartado por no contar con la información escrita, emplear métodos empíricos y dejar la mayor responsabilidad del proceso al Gerente de la planta que como observaremos más adelante tiene gran carga de trabajo.

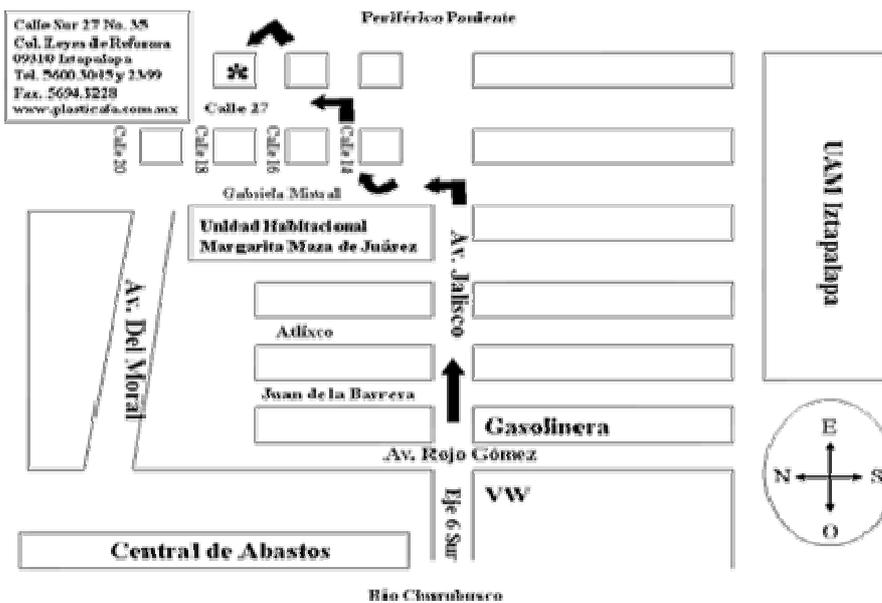
4.2 Ubicación de la Empresa

Plasticafa S.A. de C.V.

Sur 27 No. 35 Manzana 50 Lote 531 Col. Leyes de Reforma 2da. Sección C.P 09310

Iztapalapa México D.F. Teléfonos: (55) 5600-3015 (55) 5600-2399 (55) 5694-1228

E-mail: plasticafa@plasticafa.com.mx



4.3 Objetivos

Misión

- Ser líderes en maquila de inyección y soplado a nivel nacional así como en el mercado de exportación.
- Mantener una alta calidad en nuestra producción.
- Apoyar a los distintos departamentos interrelacionados.
- Ofrecer un servicio personalizado a todos nuestros clientes.
- Obtener una alta rentabilidad como compañía.

Visión

Ser una empresa líder a nivel nacional e internacional en la inyección y extrusión por soplado así como en el maquinado de moldes de alta calidad.

Políticas de la empresa:

Con sus clientes

- Atender pedidos de manera rápida y precisa
- Confirmar que el producto se entregó y recibió de manera satisfactoria
- Reducir costos, manteniendo precios con excelente calidad

Con sus proveedores

- Brindar a sus distribuidores y proveedores una utilidad justa, proporcionándoles un valor agregado

Con sus trabajadores

- Considerar a todos los empleados como individuos, respetar su dignidad y siempre reconocer sus méritos.
- Remunerar de manera justa y adecuada
- Brindar condiciones de trabajo claras, ordenadas y seguras, con igualdad de oportunidades para todos

La Calidad

La empresa se compromete con sus clientes a proporcionar productos de la más alta calidad; Como parte del manual de calidad que aún está en elaboración y es fundamental para obtener la certificación ISO 9000, han sido establecidos 5 objetivos para el mejoramiento de la calidad:

1. Contar con proveedores confiables.
2. Reducir % de rechazo interno al 2%.
3. Atender quejas al 100% y dar seguimiento.
4. Cumplir con un programa de capacitación al 100%
5. Tener una eficiencia en planta de un 85%

4.4 Recursos Humanos

La empresa tiene clara la organización teórica para realizar todas las actividades necesarias para su buen funcionamiento; el siguiente organigrama muestra la organización que idealmente la empresa concibe, sin embargo en las visitas

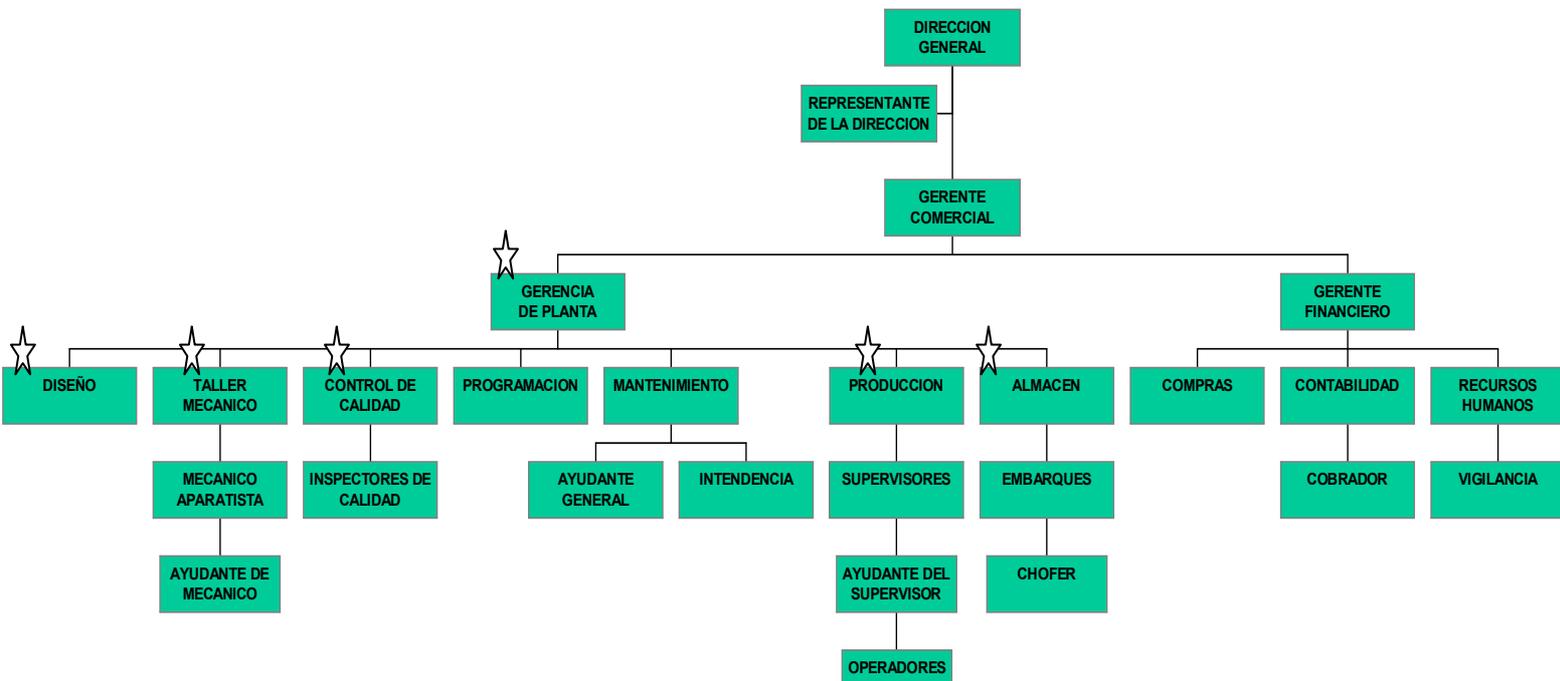
realizadas pudimos darnos cuenta que el organigrama presentado es meramente teórico al no empatar con la situación real.

En el área productiva varios puestos corresponden a una sola persona y aunque en el organigrama es observable un departamento de mantenimiento éste no está bien constituido ni cuenta con programas de mantenimiento, es decir, actúa de una forma reactiva ante las fallas.

Diagrama 4.1

Organigrama

Fuente: Plasticafa, S.A. de C.V.



☆ Puestos ocupados por la misma persona

4.4.1 Personal

Los operadores son los encargados de accionar la máquina de inyección o soplado, así como de empacar el producto terminado; esta empresa maneja la clasificación A, B y C de acuerdo a la experiencia del trabajador.

En el área de producción se trabajan tres turnos donde la mano de obra es poco calificada y su nivel escolar es bajo.

El gerente de planta es un técnico con amplia experiencia en la maquila del plástico, recaen en él responsabilidades que van desde la producción, calidad y mantenimiento de la planta, no existe personal especializado que realice tareas específicas que proporcionen un valor agregado al producto; en el caso de mantenimiento, las correcciones se hacen de manera empírica utilizando a personal diverso para realizar esas tareas.

Tabla 4.1
Personal del Área de Producción

NOMBRE	PUESTO	ESCOLARIDAD	SALARIO MENS.	EDAD	SEXO
RESENDIZ HERNANDEZ ADRIANA	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2508	19	F
LUNA LIMON MARTHA	OPERADOR "A"	PRIMARIA	2508	29	F
LUNA LIMON MA. LAURA	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2508	24	F
REYES TOMAS SILVIA	OPERADOR "A"	PRIMARIA	2508	34	F
LOZANO GARCIA AIDE	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2508	25	F
MEJIA RAZO ANA VERONICA	OPERADOR "A"	TECNICO	2508	18	F
LUNA LIMON ANGELA REINA	OPERADOR "A"	PRIMARIA	2508	44	F
PEÑA RAZO GABINA	OPERADOR "A"	PRIMARIA	2508	19	F
LOPEZ SOLEDAD	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2628	28	F
FIGUEROA BALDERAS CANDELARIA	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2628	24	F
LUNA LIMON ROBERTA	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2628	33	F
DOMINGUEZ GRISELDA	OPERADOR "A"	SECUNDARIA	2628	17	F
MONTES ANGELA	OPERADOR "A"	PRIMARIA	2508	38	F
CEDILLO CONTRERAS SELENE	OPERADOR "B"	PRIMARIA	2320	28	F
MONTES SANTIAGO KARINA	OPERADOR "B"	PRIMARIA	2440	14	F
HERNANDEZ BAUTISTA VERONICA	OPERADOR "C"	SECUNDARIA	2172		F
ZEPEDA CAMPOS FABIOLA	OPERADOR "C"	SECUNDARIA	2172	19	F
VAZQUEZ AVELINO REINA MARISOL	OPERADOR "C"	SECUNDARIA	2172	17	F
ARCE HERNANDEZ ARIADNA	OPERADOR "C"	SECUNDARIA	2172		F
DE LA ROSA MARTINEZ IMELDA	OPERADOR "C"	SECUNDARIA	2292		F
CASTILLO MORA OSWALDO ALBERTO	JEFE DE MANTO	BACHILLERATO	6000	37	M
SOSA VILLADA RAMON	JEFE DE PROG.	SECUNDARIA	6000	36	M
ALEMAN MARTINEZ BENIGNO RAYMUNO	JEFE TALER MEC.	TECNICO	12000	34	M
GONZALEZ LOPEZ DARIO	SUPERVISOR MAQ	PRIMARIA	6000	23	M
DOMINGUEZ DOMINGUEZ LUIS FELIPE	SUPERVISOR MAQ	SECUNDARIA	6000	23	M
RODRIGUEZ LOZANO SALVADOR	AYUDANTE GRAL.	SECUNDARIA	2500	18	M
PASCUAL TOMAS RODOLFO	AYUDANTE GRAL.	SECUNDARIA	2500	18	M
RAMIREZ ALVARADO CARLOS	GTE. DE PLANTA	TECNICO	20000	33	M

Fuente: información proporcionada por Plasticafa, S.A. de C.V.

Suele ser común que la comunicación entre el área de producción y la administrativa sea casi nula, no uniendo esfuerzos para la consecución de objetivos y exponiendo en ocasiones una mala imagen ante el cliente al no acordar en conjunto fechas y condiciones de entrega.

En una empresa de transformación como la del caso de estudio, debiera tener mayor especialización la parte productiva por ser quien genera la rentabilidad de la empresa. Como fue observable en la tabla anterior, el grado más alto en la planta es el de técnico, siendo totalmente antagónico a la sección administrativa que representando aproximadamente el 22% del personal, cuentan con los salarios más altos y tres personas tienen el grado de maestros.

Señalamos lo anterior para exhortar a que el grados académicos de licenciatura o más, aporten mejoras sustanciales tanto a la empresa en que se labora como a la sociedad.

Tabla 4.2
Personal Administrativo

NOMBRE	PUESTO	ESCOLARIDAD	SALARIO MENS.	EDAD	SEXO
JAIME GARCIA EUFEMIO	COMPRADOR	TECNICO	8000	83	M
FRANCO CARRILLO JOSE MARCOS	GTE. FINANZAS	MAESTRIA	20000	32	M
RODRIGUEZ ZARIÑANA ALVARO	GTE. GENERAL	MAESTRIA	20000	49	M
MORALES RIZO JESUS	INTENDENCIA	PRIMARIA	2000	45	F
ROJAS RODRIGUEZ LAURA	JEFE DE CONTA.	MAESTRIA	14000	31	F
BARRON CERVANTES JESUS ROMAN	JEFE REC. HUM	SECUNDARIA	12000	43	M
GARCIA BAUTISTA Ma. INES	SECRETARIA	TECNICO	3000	21	F
YAÑEZ BARRAGAN GUILLERMO	VIGILANCIA	SECUNDARIA	2000	33	M

Fuente: información proporcionada por Plasticafa, S.A. de C.V. 2005

4.5 Arreglo de conjunto

El arreglo de conjunto corresponde a la distribución o disposición de instalaciones, máquinas, áreas de trabajo, etc. En una planta industrial no puede obviarse pues éste es un problema más, asociado al orden físico de los elementos y aprovechamiento del espacio.

La empresa en estudio cuenta con un terreno de 760 m² en el cual se disponen todos los bienes. Como nave industrial tiene una arquitectura sencilla, contando con un techo de lámina y necesitando mantenimiento en su exterior pero esto no es atendido por la empresa debido a que es un espacio rentado.

Figura 4.1
Arreglo de Conjunto

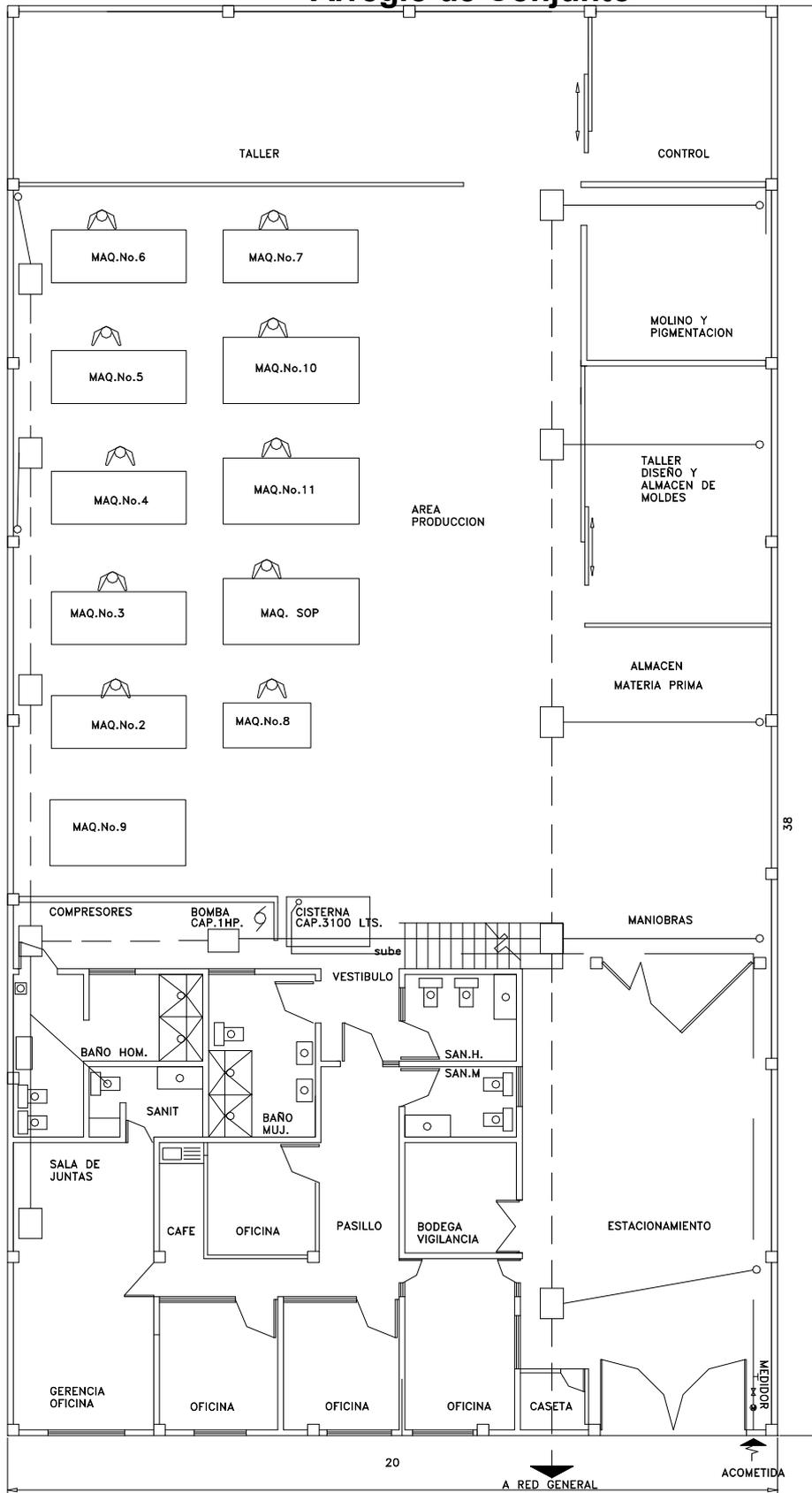
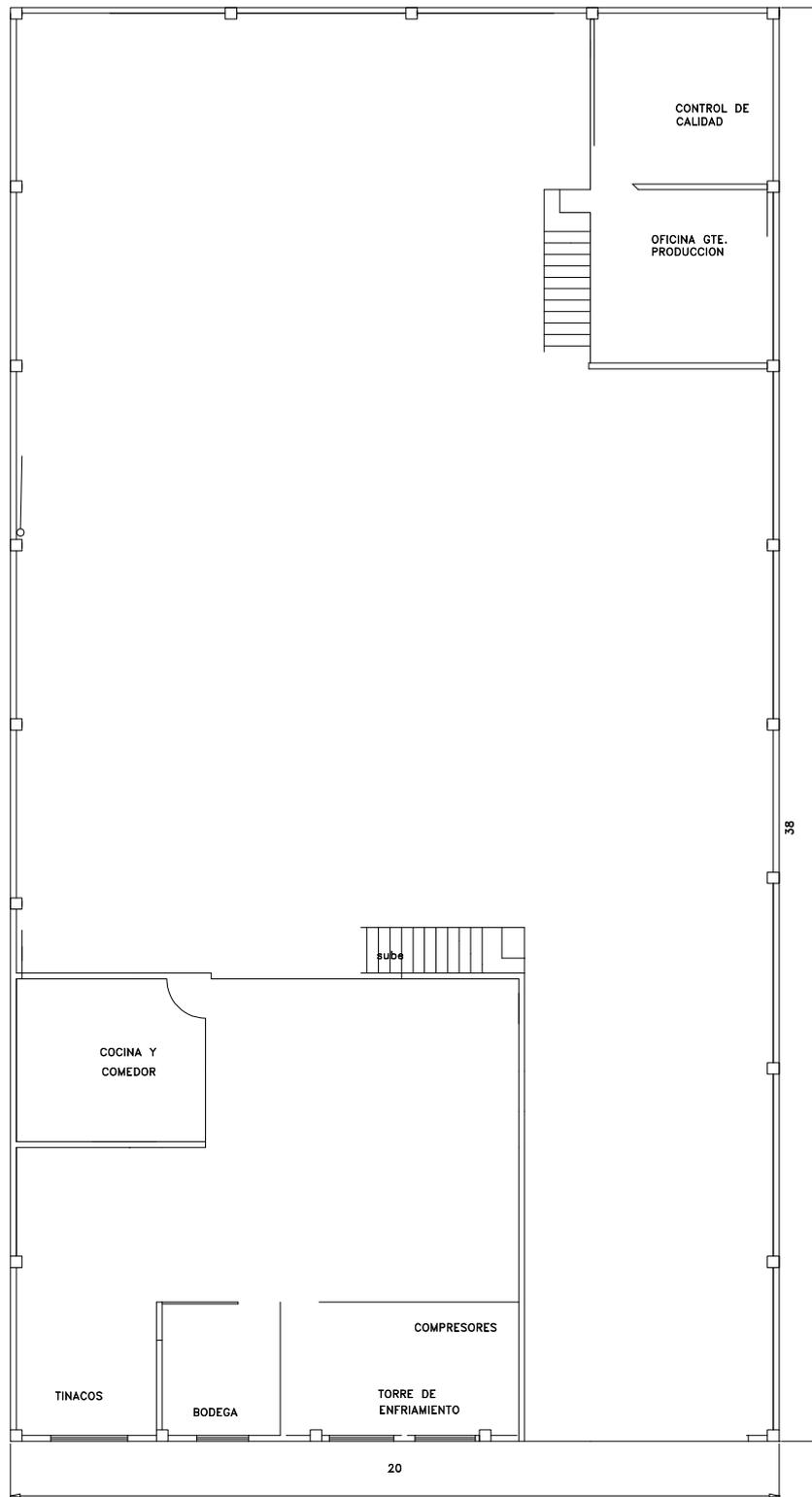


Figura 4.2

Segundo Nivel



4.6 Producción

4.6.1 Narrativa del proceso

El cliente establece contacto con la empresa; el Gerente Comercial lo atiende, registra los requisitos, especificaciones y necesidades del cliente, el Gerente Comercial solicita al Gerente de Planta realice la cotización del pedido no debiendo demorar esta más de 8 horas.

El Gerente de Planta considera para la cotización lo siguiente:

1. Molde:
 - a. El cliente lo proporciona
 - b. Requiere ser maquinado en la empresa
 - c. La empresa cuenta con un molde que se adapta a las características del cliente
2. Materia prima:
 - a. El cliente la proporciona
 - b. La empresa contacta al proveedor
3. Cálculo de material de acuerdo a dimensiones del producto
4. Procesos adicionales (ensambles, troquelados, etc.)
5. Tiempo de producción considerando programación de otros pedidos

El Gerente de Planta presenta cotización detallada del pedido al Gerente Comercial que informa al cliente para su aprobación y anticipo del pago.

Gerencia Comercial autoriza a Producción realice producto de prueba para mostrar al cliente, si el cliente no está conforme con el diseño Producción hace los ajustes correspondientes; si las modificaciones impactan a la cotización inicial, se le informa al cliente a través de la Gerencia Comercial. Una vez satisfecho el cliente con el modelo de prueba, se programa la producción.

El Gerente de Planta pide a Almacén el material, en caso de no haber en existencia Almacén solicita a Compras la adquisición del material; Compras requiere la autorización de la Gerencia Comercial para que proceda la compra. El material es entregado al departamento de Producción para su inspección, en caso de ser rechazado el material, El Gerente de Planta entrega un informe al Jefe de Compras exponiendo las causas del rechazo del material, El Jefe de Compras solicita al proveedor el cambio o devolución de la materia prima.

En el área de producción, el polímero apto para maquila es triturado en el molino, posteriormente se introduce al horno para eliminar la humedad del mismo, pasa a pigmentación y se introduce en la tolva de la máquina de inyección o soplado que previamente ha sido preparada colocando el molde seleccionado usando un sistema de poleas que hace la función de grúa para facilitar la maniobra, para esta actividad se requiere de tres trabajadores, ajustar parámetros de inyección y poner en marcha.

Cuando la resistencia alcanza la temperatura específica para fundir el polímero el operador procede a la aplicación de spray desmoldante, oprime el botón que acciona el extrusor, recoge el producto, lo inspecciona en busca de malformaciones, si el producto es rechazado se aparta para reciclarlo; el operador elimina el residuo producido por el canal de inyección y rebabas; hace una segunda inspección, las piezas rechazadas se apartan para su reciclaje y el producto aceptado que no requiere de otro proceso (ensamble, troquelado, etc.) es empacado y enviado al almacén. Las piezas que requieren de otro proceso son enviadas al almacén de partes donde un ayudante general da término al proceso e inspecciona el resultado de esta última actividad apartando para reciclaje las piezas rechazadas y empacando el producto terminado que envía a almacén.

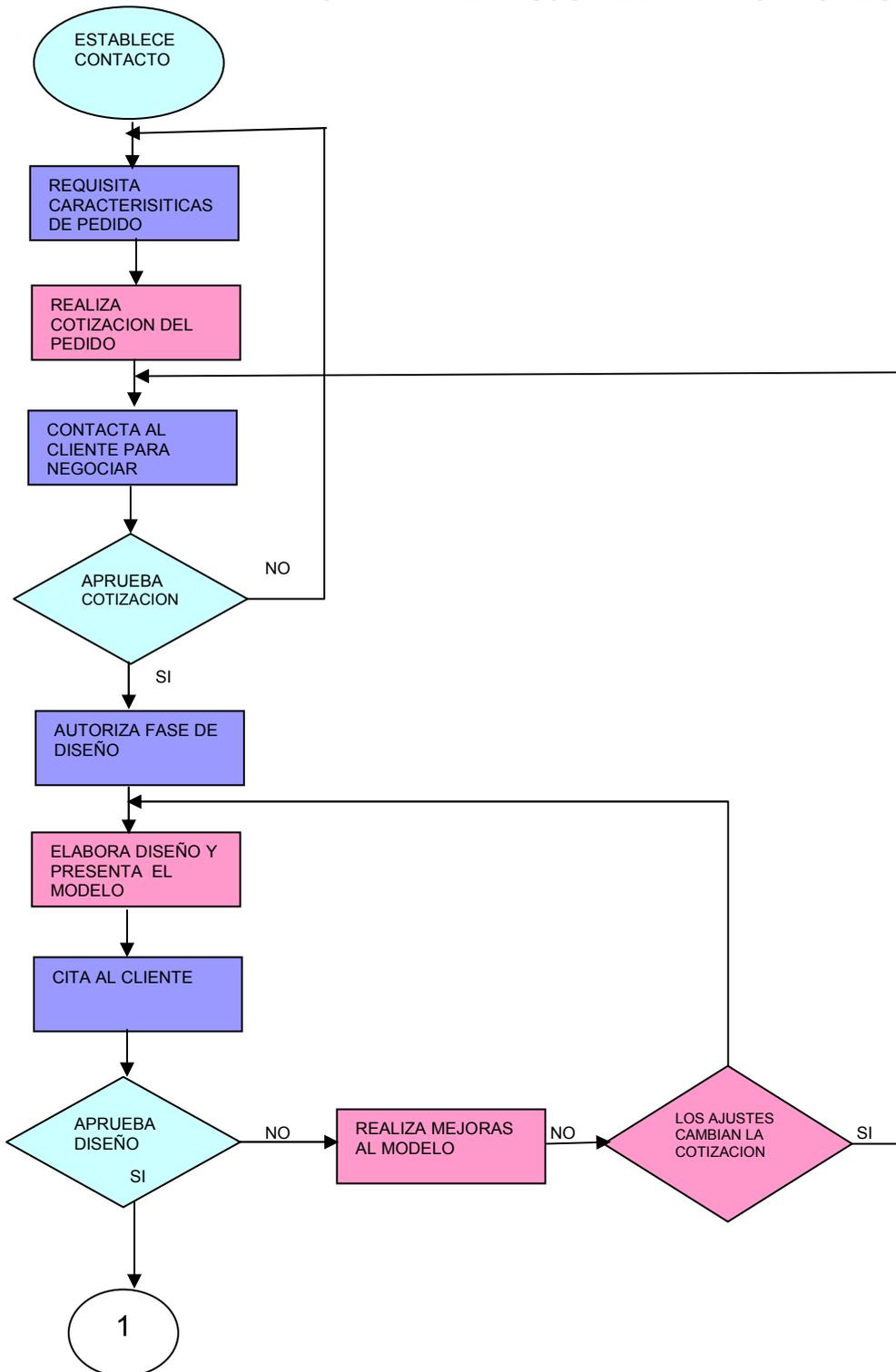
El Jefe de almacén informa al Gerente Comercial que el pedido se ha cumplido. El Gerente Comercial determina las condiciones de entrega de producto al cliente, autorizando que el producto salga del almacén.

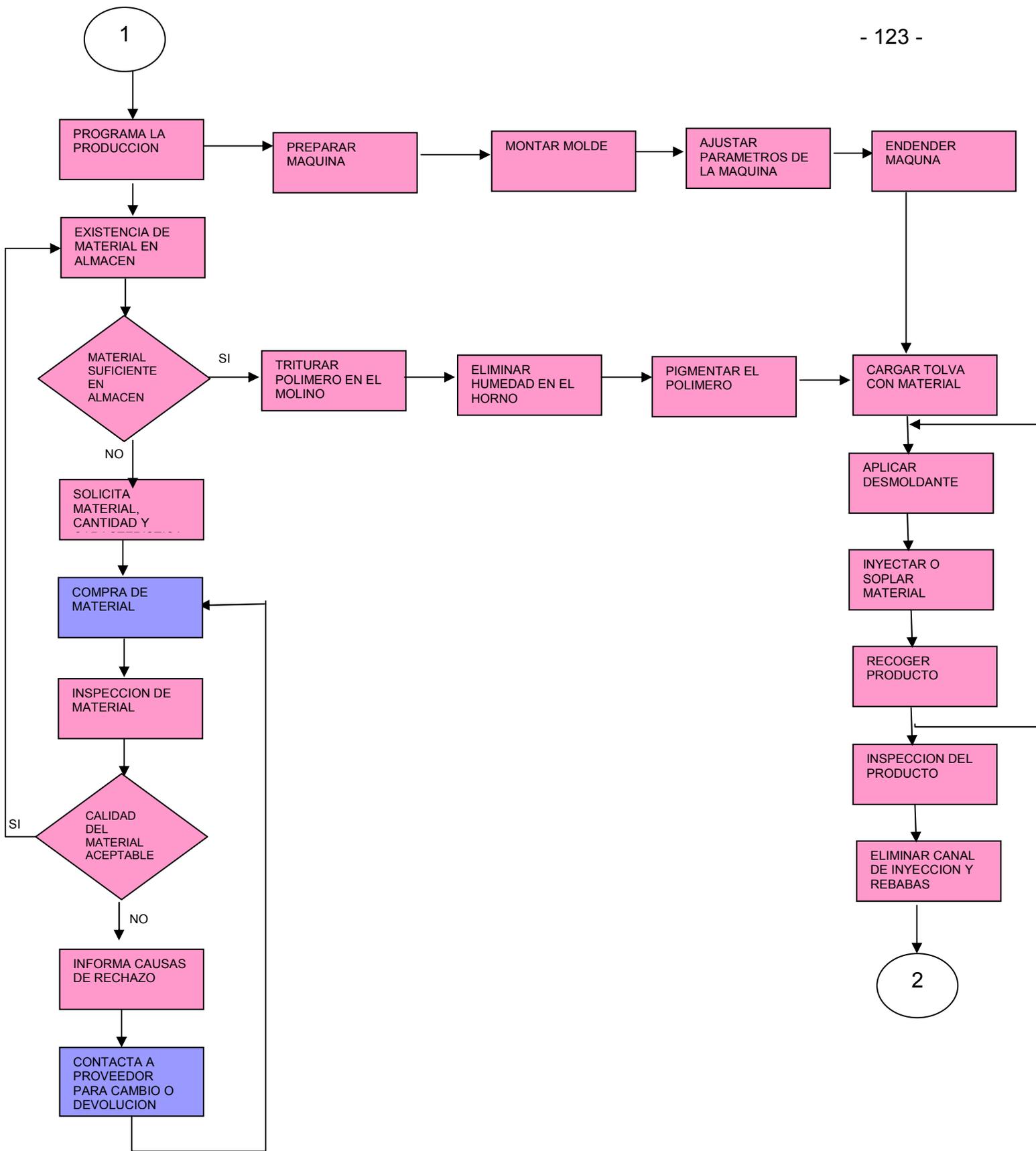
El Gerente de Planta ordena el embarque del producto terminado. El chofer acompañado de un ayudante general entrega el pedido al cliente.

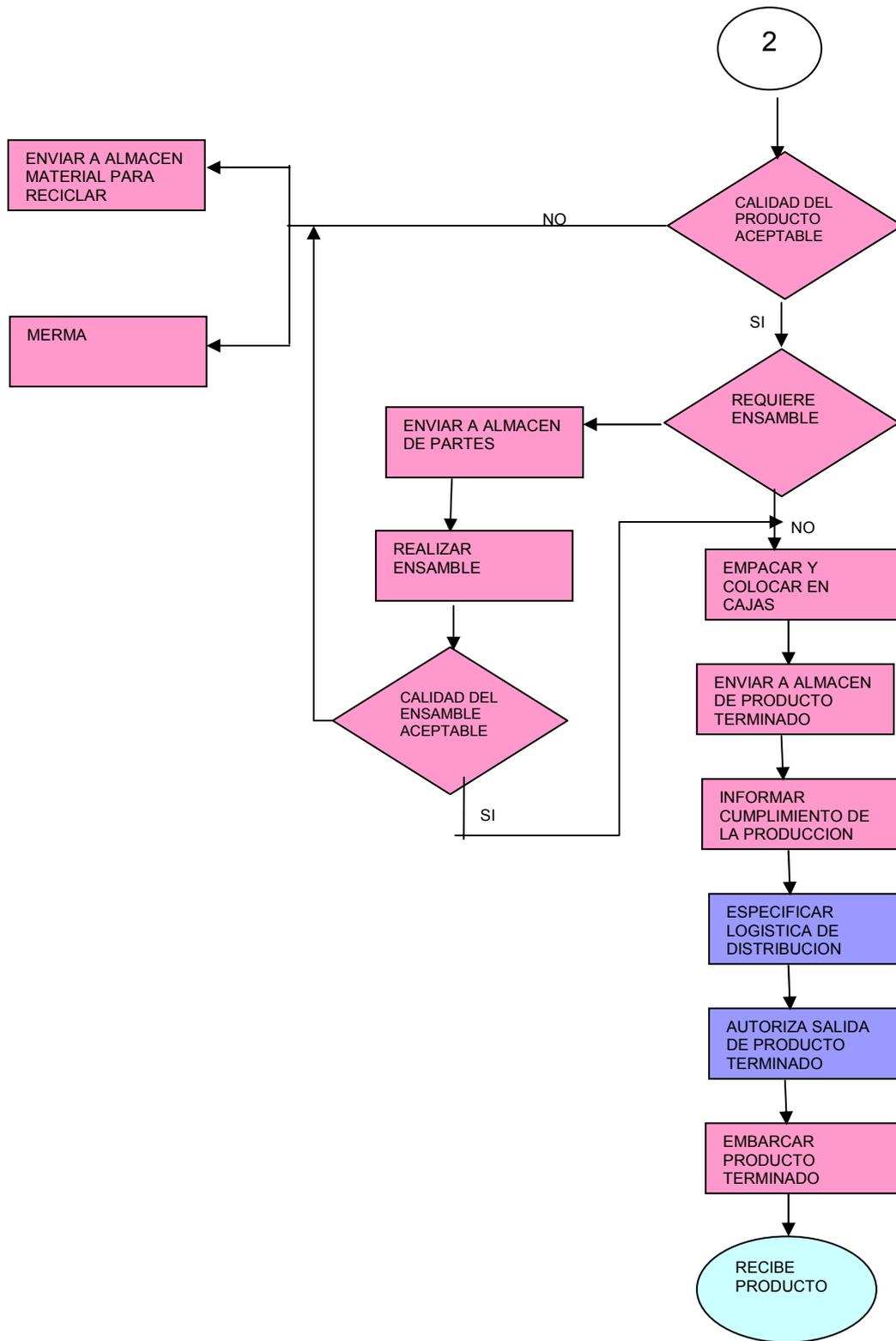
Desde que el cliente está conforme con el producto de prueba hasta la entrega del producto final, el tiempo de respuesta es de alrededor de 20 días hábiles.

El Diagrama de proceso representa gráficamente las actividades relevantes que ocurren durante el proceso, ofreciendo una visión rápida de la secuencia de las operaciones, así que se presenta a continuación:

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MACROPROCESO







NOTA:

ÁREA PRODUCTIVA

ÁREA COMERCIAL

REFERENTE AL CLIENTE

Diagrama 4.3 Proceso de la Operación

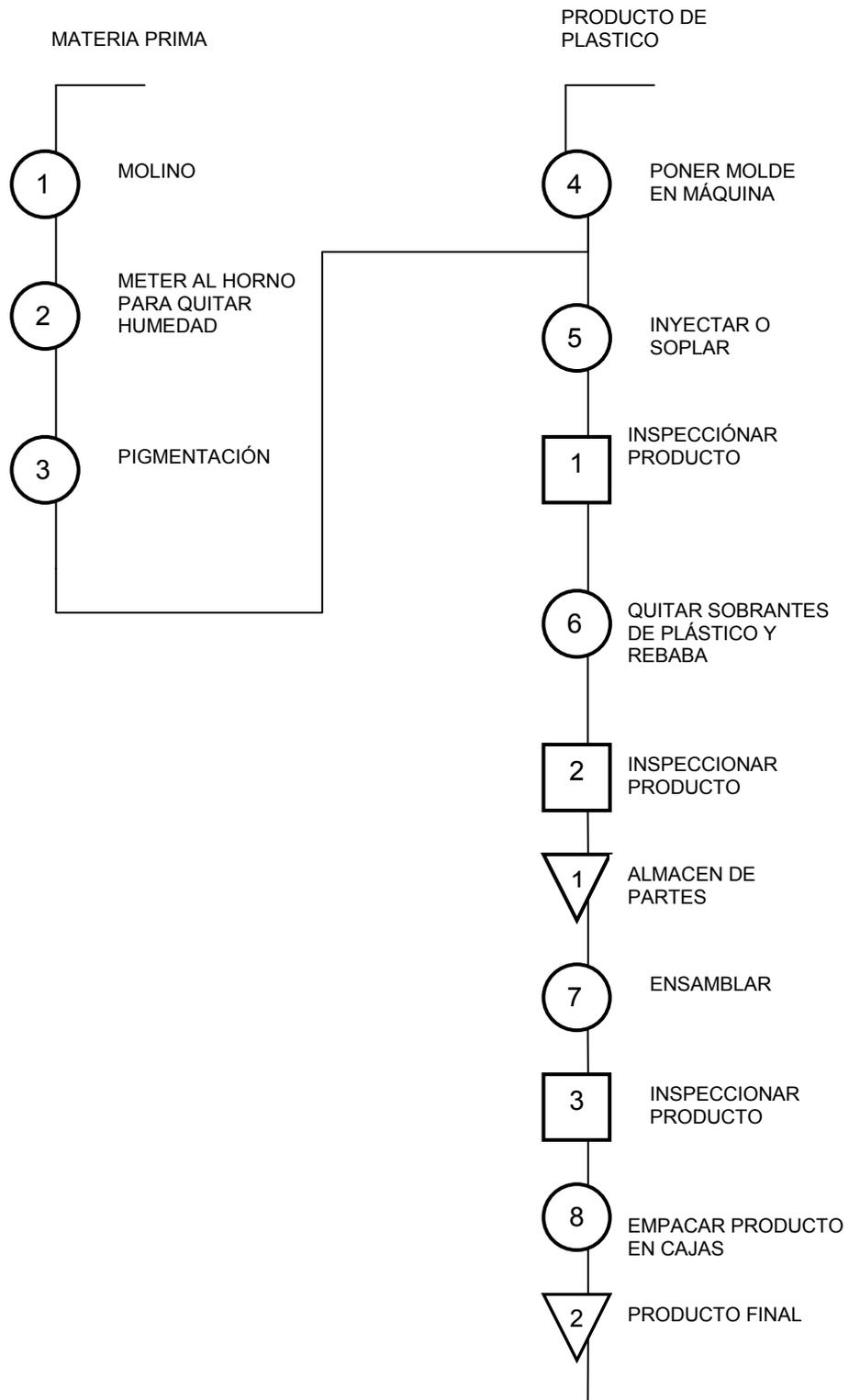
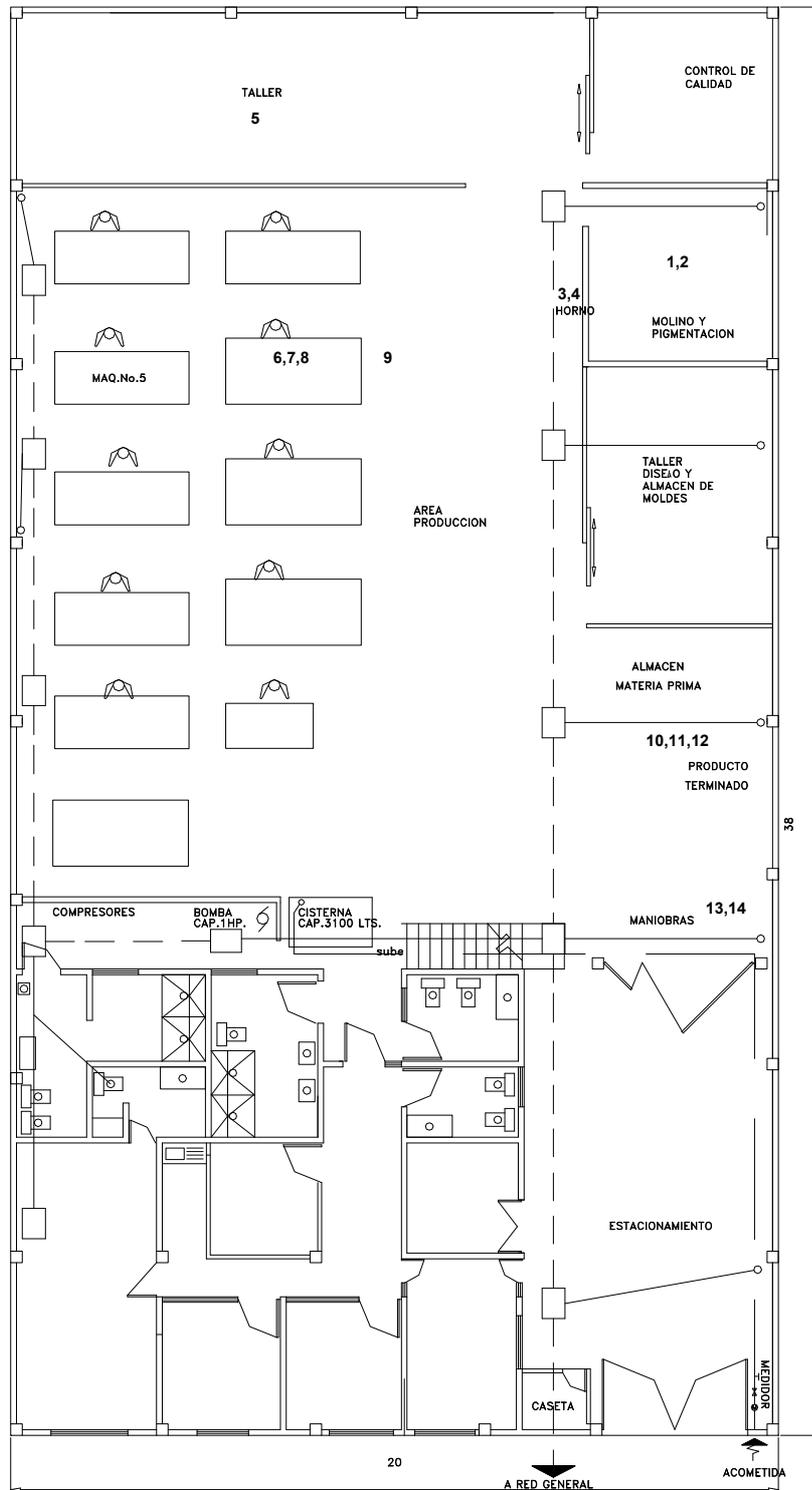


Diagrama 4.4 Recorrido



1. SELECCIÓN DE POLÍMERO Y PIGMENTOS
2. MOLER POLÍMERO
3. SECAR EN HORNO
4. PIGMENTAR
5. SELECCIÓN Y PREPARACION DEL MOLDE
6. COLOCAR MOLDE EN MAQUINA
7. AJUSTAR PARAMETROS DE MAQUINA
8. INYECTAR O SOPLAR
9. INSPECCION ALEATORIA DE PRODUCTOS
10. ENSAMBLE EN ALMACEN DE PARTES
11. EMPACADO DE PRODUCTO
12. ALMACENAMIENTO
13. PREPARAR CAJAS PARA DESPLAZARLAS AL CLIENTE
14. SALIDA DEL PRODUCTO EN CAMIONES.

4.7 Bienes Físicos de la Empresa

Tabla 4.3

INVENTARIO DE INSTALACIONES Y MUEBLERIA DEPARTAMENTO DE OFICINAS ADMINISTRATIVAS Y AREA PRODUCTIVA			
No DE MAQ	DESCRIPCION	MODELO	COSTO
1	PAQUETE DE INSTACION ELECTRICA Y CONTRATO		\$25.000,00
2	PAQUETE COMPUTADORAS Y RED		\$9.000,00
3	PAQUETE EQUIPO DE OFICINAS		\$5.000,00
4	PAQUETE EQUIPO TELEFONICO		\$2.000,00
5	CAMIONETA 3.5 TONELADAS VANETTE	1993	\$8.000,00
6	CAMIONETA 1 TONELADA RAM	1997	\$7.000,00
7	VW SEDAN BLANCO	1990	\$2.500,00
USD			\$58.500,00

Tabla 4.4

INVENTARIO DE MAQUINARIA DEPARTAMENTO DE TALLER MECANICO -1					
No DE MAQUINA	DESCRIPCION	MODELO	AÑO	ESPECIFICACION	COSTO
1	ELECTROEROSIONADORA JAPAX	JAPAX - DP20	1981		\$16.000,00
2	TORNO ROMI	1 - 20	1980	2m DE BANCADA	\$5.000,00
3	TORNO SHUN SHIN		1985	1.2 m DE BANCADA	\$1.500,00
4	TORNO SANCHEZ BLANEZ	TMB - 230	1980	0.8m DE BANCADA	\$1.000,00
5	TALADRO TECH PLUS	8MT - 30J	1994		\$1.500,00
6	TALADRO ABABOGA MASKINER	GM - 3508	1981		\$2.000,00
7	TALADRO MODIGS	4693	1980		\$2.500,00
8	FRESADORA BEMATO	3 - VM	1997		\$5.500,00
9	FRESADORA BEMATO	3 - VM	1997		\$5.500,00
10	FRESADORA BRIDGEPORT	14659	1978		\$5.500,00
11	RECTIFICADORA GRANDE		1997	1m DE BANCADA	\$13.000,00
12	RECTIFICADORA DOALL	DH - 612	1981	35 cm DE BANCADA	\$1.500,00
13	MAQ. DE LLUMIA DE ARENA (SANBLAS)		1989		\$1.500,00
14	MAQ. DE LLUMIA DE ARENA (SANBLAS)		1985		\$1.500,00
15	PRENSA			20 TONELADAS	\$800,00
16	AFILADORA DE BROCAS				\$1.500,00
17	ESMERIL				\$500,00
18	HORNO DE TEMPLE K H HUPPERT	78 - ST			\$900,00
USD					\$67.200,00

Fuente: información proporcionada por Plasticafa, S.A. de C.V. 2005

Tabla 4.5

**INVENTARIO DE MAQUINARIA
DEPARTAMENTO DE INYECCION Y SOPLADO**

No DE MAQ	DESCRIPCION	MODELO	AÑO	ESPECIFICACION	VALOR DE MERCADO
1	MAQ. DE INYECCION KAWAGUCHI	JEK S - 180	1972	180 TON	\$14.000,00
2	MAQ. DE INYECCION TATMING	ME - 125	1990	125 TON	\$16.000,00
3	MAQ. DE INYECCION TATMING	ME - 175	1990	175 TON	\$18.000,00
4	MAQ. DE INYECCION NEGRI BOSSI	V - 17 - 110 F.A.	1974	110 TON	\$13.000,00
5	MAQ. DE INYECCION REED PRENTICE	250 GT	1985	250 TON	\$22.000,00
6	MAQUINA DE INYECCION HPM	75 - TP - 6.5	1992	75 TON	\$10.000,00
7	MAQ. DE INYECCION MECANICA DE ORIENTE	1 - HP - 140/250	1980	125 TON	\$15.000,00
8	MAQ. DE INYECCION TATMING	ME - 20	1990	20 TON	\$7.000,00
9	MAQ. DE INYECCION ENGEL	ES - 240/75ST	1984	80 TON	\$10.000,00
10	MAQ. DE SOPLADO 1 ESTACION CAP. 1 LITRO	FBZ-1000	1979	N/A	\$17.000,00
11	MAQ. DE SOPLADO 2 ESTACIONES CAP. 2 LITROS	FBH-2000	1982	N/A	\$25.000,00
12	COMPRESOR SULLAIR	M-10-25		25 HP	\$5.000,00
13	COMPRESOR GRIMMER SCHMIDT	M14058	1992	40 HP	\$7.000,00
14	COMPRESOR EVANS			5 HP	\$1.500,00
15	COMPRESOR EVANS			5 HP	\$1.500,00
16	TERMOREGULADOR AEC	TDWOIM0954Q		1 HP	\$1.200,00
17	TERMOREGULADOR STERLCO	942TLO		3 HP	\$1.800,00
18	ENFRIADOR DE AGUA			15 HP 7.5 TON	\$3.500,00
19	ENFRIADOR DE AGUA			15 HP 7.5 TON	\$3.500,00
20	TORRE DE ENFRIAMIENTO GRANDE				\$2.000,00
21	TORRE DE ENFRIAMIENTO CHICA				\$1.500,00
22	BOMBA CENTRIFUGA	5-500 MEUS	2000	5 HP	\$550,00
23	HORNO CAISA	E.A.4.2.T		0.35 HP	\$5.000,00
24	PIGMENTADORA PAGANI	PIG. 114	1993	2 HP	\$2.500,00
25	MOLINO			7 HP	\$1.500,00
26	MOLINO			7 HP	\$1.500,00
27	MOLINO CUMBERLAND				\$2.500,00
28	MOLINO DE BAJAS REVOLUCIONES			2 HP	\$1.500,00
29	TOLVA SECADORA TEW	THD-25E			\$1.500,00
30	TOLVA SECADORA TEW	THD-25E			\$1.500,00
31	TOLVA SECADORA LABORATORIE TEKNIK	102/50			\$1.500,00
32	ALIMENTADOR TEW	7709011			\$1.500,00
33	ALIMENTADOR LABORATORIE TEKNIK	PGT-6-RS			\$1.500,00
34	SUAVIZADOR DE AGUA		2001		\$4.000,00
USD					\$222.050,00

Fuente: información proporcionada por Plasticafa, S.A. de C.V. 2005

Con base al inventario de máquinas y en concordancia con la empresa se externa la necesidad de estudiar en el siguiente capítulo las siguientes máquinas por considerarse críticas dentro de la operación.

- 1) Máquina de inyección Reed Prentice
- 2) Torre de enfriamiento
- 3) Bomba
- 4) Compresor

4.8 Problemas encontrados en las tareas de Mantenimiento

Tabla 4.6
Problemas y Mantenimiento

No.	Enunciado	Definición	Problemas	Recomendación
1	Limite de desgaste	Holguras y especificaciones máximas y mínimas permisibles	No determinados, no establecidos, no disponibles	Con los fabricantes requerir holguras y especificaciones
2	Vida útil del equipo	Tiempo máximo de trabajo para el que está diseñado un equipo	No disponibles	Con los fabricantes requerir información
3	Equipo o máquina crítica	Es la que al fallar para toda la producción	Se reconoce cuales son, pero faltan programas de mantenimiento	Reconocer su estructura, condiciones de operación y verificar
4	Control de materiales y refacciones	Cantidades máximas y mínimas en almacén	No se tiene control, algunas refacciones se maquinan dentro de la empresa	Evaluar con compañías especializadas
5	Control de mano de obra	Normas o políticas que permiten aprovechar la efectividad del personal asignado al mantenimiento	Falta delimitar responsabilidades, capacitar personal y conformar departamento de mantenimiento	Programar tareas de mantenimiento. Capacitar al personal. Reconocer la importancia del mantenimiento

6	Materiales	Materia prima necesaria para la producción	Rezago de material reciclado en almacén	Analizar y decidir con compras
7	Equipos usados u obsoletos	Desgastados, antiguos y discontinuados	Abundantes, sin registros de control ni manuales	Evaluar su conservación o el reemplazo
8	Manuales de instrumentación operación y mantenimiento	Son instrucciones que proporciona los fabricantes de maquinaria instrumentos y equipos	No se tienen, están incompletos, se dificulta su interpretación por estar en inglés	Conseguirlos con los fabricantes, traducirlos y darlos a conocer a los involucrados
9	Adaptaciones y modificaciones	Son alteraciones al diseño original	Generalmente se hacen sin control y de manera empírica	Contactar con los fabricantes y recurrir a la experiencia
10	Comunicaciones	Es el hecho de transmitir lo que se necesita	Nula o deficiente	Formar grupos de trabajo
11	Seguridad	Garantía y compromiso para evitar daños físicos o materiales	No se han reportado accidentes a pesar de la seguridad mínima encontrada	programar simulacros, supervisar medidas de seguridad
12	Organización	Normas, políticas y disciplina, para la eficacia y eficiencia en el trabajo	Recae principalmente sobre el gerente de planta y no llega a los niveles bajos	Programar juntas informativas donde destaquen los logros y puntos de mejora de la empresa
13	Estadística	Recopilación y agrupamiento de datos numéricos para la interpretación de resultados	Deficiente o inexistente	Designar responsables para registro y análisis de datos que sirvan para eficientar el trabajo
14	Talleres y personal técnico	Locales con equipo, herramientas, maquinaria y personal especializado	Uso inadecuado y ocioso	Asignarle tareas específicas al personal
15	Planeación y programación	Planes y anteproyectos con	deficiente e inoperante	Planear y ejecutar programas

		fechas de iniciación y terminación de obra		asignando responsable del cumplimiento
16	Importancia de la operación mantenimiento	Grado de interés por el trabajo de mantenimiento	Nulas insuficientes	Aplicar el mantenimiento autónomo y reportar desviaciones
17	Relación de mantenimiento con producción	Contacto efectivo, deseable y necesario para alcanzar resultados	Deficiente	Separar tareas y deslindar responsabilidades
18	Coordinación	Es la relación de actividades interdepartamentales	Nulas o deficientes	Establecer sistemas de coordinación eficaz entre el área productiva y administrativa
19	Moral	Fuerza espiritual que impulsa más allá de las posibilidades humanas	Nulas deficientes	Reforzar con reconocimiento y estimación el personal
20	Tiempo muerto del personal de tránsito	Es el tiempo no productivo utilizado en el trayecto del personal al lugar de trabajo	frecuentes, y prolongados excepto en operarios	Balanceo de tareas
21	Estandarización de máquinas y equipos	Especificaciones que permiten la intercambiabilidad de refacciones	Aprovechar las máquinas similares	Diseñar programas de mantenimiento, replicarlas a las máquinas similares y difundir por escrito al personal
22	Operación anormal	Uso inadecuado de las máquinas y equipos	Muy frecuente y acelera el desgaste	Revisar y ajustar los sistemas de trabajo para evitar errores

4.9 Bases para la implantación del Mantenimiento

En el capítulo II se abordó la necesidad de enfocar las tareas de Mantenimiento, hacia objetivos específicos en especial cuando existen situaciones de emergencia o de mayor relevancia, así es como recurrimos a la aplicación del cuestionario para fijar bases de partida. No omitimos que el Mantenimiento debe ser visualizado a todos los recursos de la empresa; pero cuando no existen programas previos de Mantenimiento se parte de la aplicación de medidas correctivas hasta dejar la empresa en un ambiente saludable que mantener, posteriormente mediante programas de mantenimiento las condiciones de disponibilidad y fiabilidad de los recursos serán favorables a la empresa.

1. ¿A qué bif hay que dar mantenimiento?

Por ser fundamental para la operación, se han considerado cuatro máquinas críticas:

- Máquina de inyección Reed Prentice. Es la máquina de inyección de mayor fuerza de cierre y por eso es la que acepta mayor tamaño de los moldes.
- Torre de enfriamiento. Es la máquina encargada de proporcionar agua fría al sistema de enfriamiento de la inyectora.
- Bomba. Transporta el fluido a través de los conductos.
- Compresor. Proporciona el aire para los conductos neumáticos.

2. ¿Cuánto se debe invertir en mantenimiento?

La dirección general no considera dentro del presupuesto anual. La empresa no cuenta con la información estadística de cuanto se ha invertido en mantenimiento por cada bif.

Considerando el valor de mercado de los bifs en estudio, el mantenimiento no debe rebasar éste.

- Máquina de inyección Reed Prentice USD \$22000
- Torre de enfriamiento USD \$2000
- Bomba USD \$550
- Compresor USD \$7000

3. ¿Cómo se efectuará?

Se formará un equipo conformado por el gerente de planta, jefe de mantenimiento, jefe de taller mecánico, 1 supervisor de maquinaria y 1 ayudante general para planear, programar y realizar las tareas de mantenimiento.

Con base en las guías que se proporcionaran en el capítulo siguiente se inspeccionará el equipo para que en una primera etapa se realicen todas aquellas actividades correctivas para la implantación de un sistema de mantenimiento.

El supervisor de máquina será el encargado de monitorear el estado de las máquinas apoyándose de instrumentos de medición.

Todos los operarios serán responsables del mantenimiento autónomo de la máquina.

4. ¿Cuál es la planeación de la empresa?

Cuando sea necesario realizar alguna tarea de mantenimiento que requiera el paro de la máquina, se programará de manera tal que no afecte la producción con el fin de satisfacer los tiempos establecidos con el cliente.

5. ¿Qué tipo de mantenimiento conviene aplicar?

El departamento de mantenimiento debe tender hacia un mínimo de mantenimiento correctivo y un máximo de mantenimiento preventivo. Sin embargo existen situaciones en la que es conveniente utilizar otro tipo de mantenimiento como se muestra a continuación:

No.	Nombre	Descripción	Ejemplos
1	Emergencia	Trabajos urgentes y costosos que se llevan acabo en equipo de producción crítica	Cambiar rodamientos ruidosos, con señales de grietas y desconchamiento.
2	Correctivo	Ajustes de fallas	Cambio de banda rota
3	Preventivo	Conjunto de trabajos	Calentamiento de motor

		encaminados a evitar paros probables en máquinas y equipos	
4	Predictivo	Es detectar fallas por revelación antes de que sucedan, sin perjuicio en la producción, usando instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas	Vibración excesiva en el sistema de transmisión
5	Por etapas	Aplica el Mantenimiento al equipo subdividiéndolo en máquinas, secciones, mecanismos y partes	Reparar mecanismos neumáticos, hidráulicos
6	Periódico	Dar mantenimiento en forma integral después de cada etapa determinada de trabajo	Al equipo, darle mantenimiento cada 6 meses
7	Reparaciones mayores	Trabajos de mantenimiento que consumen grandes cantidades de mano de obra, materiales, tiempo y dinero	Rehabilitación general de maquinaria
8	Sintomático	Trabajos basados e los síntomas registrados durante la operación	Ruidos extraños
9	Continuo	Proporcionar en forma permanente el servicio para garantizar el trabajo de una máquina o equipo	Revisar nivel del depósito de lubricación
10	Mixto	Aplicación combinada de correctivo y preventivo	Cosméticos a bandas y ajustar su tensión

Como se mencionó en el capítulo 1, el nombre dado al tipo de mantenimiento es lo de menos, lo importante es anticiparse a las fallas.

6. ¿Cuánto mantenimiento?

En esta primer etapa, recomendamos aplicar un mantenimiento básico hasta donde el fabricante lo considera conveniente ya que el personal no está

capacitado para realizar reparaciones mayores por lo que se recomienda apoyarse en empresas especializadas y mandar a cursos de capacitación al personal.

7. ¿Cómo está estructurado el mantenimiento?

En su mayoría las reparaciones serán hechas en el lugar físico de la máquina, en los casos que se requiera maquinar alguna pieza se cuenta con un taller dentro de la empresa.

La responsabilidad principal debe caer sobre el jefe de mantenimiento que será el responsable de programar actividades de prevención, llevar estadísticos de fallas y de conocer los manuales de las máquinas.

8. ¿Dónde se realizará?

Se busca que los trabajos de mantenimiento sean realizados con personal interno ya que se trata de mejorar las condiciones actuales de los bifs. Posteriormente en los casos de que se requieran los servicios de una empresa externa se le exigirá una garantía por el servicio proporcionado.

En nuevas adquisiciones de maquinaria se pedirá al fabricante el apoyo para su instalación, manuales y garantías.

9. ¿Está acorde la actividad a desarrollarse con el sistema?

Sí, algunos elementos propuestos anteriormente para conformar el departamento de mantenimiento estaban básicamente ociosos. Se propone el conocimiento de los manuales y tareas de rutina que traerán mejoras significativas, todo esto dirigido a la consecución de los objetivos de la empresa.

10. ¿Se revisa el procedimiento y la información?

Si el mantenimiento es acorde al sistema, se procede a la ejecución; en caso contrario se replantea identificando las posibles soluciones alternativas.

4.10 Implantación del Sistema de Mantenimiento Autónomo en la Planta de Producción

Como parte del Mantenimiento Productivo Total, se propone la implantación del Mantenimiento Autónomo de manera que se involucre a todo el personal, así se responsabiliza a cada empleado por las herramientas, máquinas e instalaciones que la empresa proporciona para el buen desarrollo de las tareas.

Los operarios cuidarán las máquinas como si fuesen de su propiedad, serán capaces de aplicar un mantenimiento de primer nivel al reconocer y atender primeras fallas o reportarlas para su pronta atención. También se busca que mantengan en óptimas condiciones su entorno y que mediante la capacitación, el operario conozca el funcionamiento y comportamiento del equipo.

Una base para el Mantenimiento Autónomo, consiste en la implementación de las 9' S, filosofía japonesa considerada dentro de la mejora continua Kaizen Gambea. El empleo de ésta filosofía está dirigida a toda la empresa.

Las 9`s como medio para implantar el Mantenimiento Autónomo.

Actividad	Descripción
CLASIFICAR	Catalogar, separar y retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor
ORGANIZAR	ordenar los elementos racionalmente de modo que resulten de fácil uso y acceso, deberán estar, etiquetados para que se encuentren, retiren y devuelvan a su posición fácilmente
LIMPIAR	eliminar desperdicios del sitio de trabajo y equipos para prevenir la suciedad y el desorden
BIENESTAR PERSONAL	mantener una salud física y un estado emocional equilibrado
DISCIPLINA	Respetar políticas, leyes, normas, reglamentos y procedimientos. Implica respeto por sí mismo y por los demás para mejorar la calidad de vida laboral
CONSTANCIA	mantener el estado de limpieza y organización, continuar con la tarea hasta el término de la misma
COMPROMISO	adhesión firme a los propósitos que se han hecho, para el logro de los fines
ESTANDARIZACION	sincronizar los esfuerzos del equipo, para normar y reglamentar las actividades de trabajo que permitan mantener un ambiente adecuado
COORDINACION	reunir los esfuerzos de cada uno de los elementos

	para el logro de un mismo objetivo determinado
--	--

La implantación del Mantenimiento Autónomo, puede iniciar con un programa autónomo de limpieza, que mostrará mejoras inmediatas, es constante y fácilmente perceptible el abandono de la actividad.

La implantación del Mantenimiento Autónomo se desarrolla a través de los siguientes pasos:

1) Presentar el Proyecto de Mantenimiento Autónomo

Comprometer a la alta gerencia y a todo el personal; para tener un impacto mayor se recomienda recabar firmas de los empleados y exponerlo en un lugar visible junto a los objetivos de la empresa, así como tomar fotografías de lugares sucios y desordenados para hacer un comparativo con los resultados.

Señalar que este programa es de suma importancia para el mejoramiento continuo y el logro de altos estándares de calidad, que se reflejan en los siguientes aspectos:

- Mejor comunicación entre departamentos
- Ambientes seguros y confortables
- Reducir los costos de mantenimiento
- Mejorar la productividad de la planta
- Reducir la tasa de defectos

2) Conocimiento del Programa

Dar a conocer las etapas de implantación y los requisitos que se deben cumplir para el éxito del proceso, haciendo énfasis en que se trata de un programa de implantación inmediata, que se hará más complejo en el mediano plazo y se

mantendrá mientras esté en operación la empresa no siendo un programa pasajero.

Una vez lo anterior, el primer paso consiste en impulsar a los operarios a que se involucren en el conocimiento y mantenimiento básico de las maquinas, reconociéndole que como operador es quién conoce más la máquina y sus padeceres.

3) Nombrar un coordinador

El coordinador del Mantenimiento Autónomo es la cabeza del proyecto al interior de la compañía, su principal responsabilidad radica en tener una visión actualizada de la planta, desarrollando un diagnóstico, documentando y actualizado.

El anterior diagnostico implica tener un plan de gestión y administración de los bienes físicos de la empresa, que incluye:

- Inventario de Equipos
- Listas de Chequeo Preventivo. Tareas y Frecuencias.
- Órdenes de Trabajo por Equipo .Planear y Programar.
- Mantener historia de equipos al día. Costos de mantenimiento vs. Valor equipo

Otra función básica del Coordinador de TPM, será la de implementar el programa de entrenamiento y desarrollo de habilidades de los operarios. Estos se certificaran en varios niveles de habilidades a medida que avanza el entrenamiento y asumen las tareas de mantenimiento.

El coordinador debe designar una persona para supervisar las actividades establecidas dentro del programa de mantenimiento autónomo.

Los Pasos Básicos para el Desarrollo del Proyecto Limpieza y Lubricación son:

- Conducir limpieza inicial como una inspección
- Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles
- Establecer estándares de lubricación y limpieza
- La inspección general con lista de chequeo, se le toma una fotografía a la maquinaria o equipo para que luego se observen los resultados del antes y el después.
- Inspección del desarrollado de habilidades de los operarios
- Mejorar la administración del lugar de trabajo.
- Participar en el mejoramiento de los equipos y de la calidad total.

Una vez aprobado el programa de limpieza, ajuste, lubricación y engrase de maquinaria se debe ubicar en una parte visible cerca de la maquina para que le sirva como elemento de guía al operario.

4) Evaluar resultados

Concertar reuniones para describir las mejoras logradas desde la implantación del Mantenimiento Autónomo y recibir propuestas de todos los empleados.

4.11 Recursos Técnicos de apoyo para los Trabajos de Mantenimiento

Estos recursos se recomiendan a la empresa para que el trabajo de Mantenimiento se realice teniendo un mayor conocimiento de los recursos:

- Recomendaciones de los fabricantes de maquinaria y equipo referente a la instalación, operación y Mantenimiento.
- Recomendaciones de equipos similares
- Aportaciones de la experiencia propia en máquinas y equipos
- Recurrir a los análisis de ingeniería, de instituciones y contratistas especializados

- Mantenimiento por diagnóstico realizado por medios instrumentales
- Recurrir a mano de obra especializada
- Recurrir a pruebas de funcionamiento de las máquinas y quipos poniéndolos a trabajar en vacío y después con carga.

4.12 Acciones Estratégicas para mejorar el Mantenimiento de la Empresa

“Son los conocimientos y no la mano de obra barata, así como la información y no las materias primas los que en conjunto generan ventajas competitivas en las empresa”

Para el éxito de todo proyecto de sistema existen una serie de requisitos que es importante cumplir, entre ellos se destaca: el apoyo de la dirección sin el cual es desaconsejable el iniciar un proyecto de esta índole, contar con una adecuada organización, lograr una participación del personal que asegure su sensibilización con los objetivos del proyecto y por cierto que todo esto sea llevado adelante con la adecuada planificación.

Con el efecto de controlar los efectos destructivos que se presentan durante el trabajo de mantenimiento, las acciones que se recomiendan son:

- ❖ **Acciones preventivas:** Estas están dirigidas a disminuir al mínimo posible las averías que se presentan en máquinas, equipos e instalaciones
 - I. Generar históricos con información susceptible de ser analizada en los siguientes aspectos:
 - Referente a bienes físicos: fallas, mantenimientos, adaptaciones, producción, etc.
 - Desglose de costos para facilitar el análisis unitario

- Satisfacción del cliente y conformidad con las especificaciones del producto
- Características y tendencias de los procesos y productos
- Análisis de proveedores y formas de contratación
- II. Ejecutar programas de capacitación a trabajadores
- III. Implantar como política de la empresa la filosofía de las 9's
- IV. Invertir en un software de Mantenimiento
- V. Elaborar y Aplicar el Manual de Mantenimiento de la Empresa
- VI. Apoyarse de los recursos técnicos del subtema anterior
- VII. Adquirir equipo de instrumentación para monitoreo de equipos
- VIII. Crear un comité de mejora integrado por empleados de diversas áreas y niveles.
- IX. Organizar juntas por departamentos
- X. Implementar auditorías para evaluar resultados de todos los procesos
- XI. Crear un sistema de evaluación de desempeño de los recursos de la empresa
- XII. Estimular el desarrollo personal, competencias y aptitudes de los trabajadores.

❖ **Acciones correctivas:** Para corregir fallas cuando se conocen las causas y se tienen los recursos necesarios.

- I. Conformar el departamento de Mantenimiento
- II. Establecer programas de trabajo
- III. Promover el Mantenimiento Autónomo
- IV. Consultar manuales de maquinaria
- V. Limpiar, Ajustar, Lubricar y Engrasar todas las máquinas documentando el análisis funcional.
- VI. Usar el sistema de órdenes de trabajo para asignación de tareas
- VII. Elaborar perfiles de puestos deslindando tareas y responsabilidades (reestructurar el organigrama)
- VIII. Pintar tuberías y áreas con colores del código de seguridad.
- IX. Promover la comunicación entre el área administrativa y producción.
- X. No adquirir maquinaria de dudoso diseño o desempeño.

En el siguiente capítulo se abordará el mantenimiento a la maquinaria crítica

CAPÍTULO V

MANTENIMIENTO A MAQUINARIA CRÍTICA

Los manuales de máquinas pueden proporcionar una base estándar para el adiestramiento y enseñanza del nuevo personal o para el readiestramiento del personal existente. Se recomienda hacer de su conocimiento a los trabajadores ya que puede ser una pronta referencia a ser consultada como guía siempre que sea necesario.

Los métodos y procedimientos de llevar a término el mantenimiento en muchas empresas, se basan en prácticas que sin discusión se han aceptado como buenas durante mucho tiempo y la mayor parte de las cuales no han sido establecidas por escrito.

En el caso de esta empresa el mantenimiento depende excesivamente de una persona (gerente de planta) que se considera como indispensable por ser la que conoce los equipos y diagnostica sus fallas.

Uno de los objetivos de la empresa es lograr la certificación de la norma ISO9000 por lo cual el contar con los manuales es relevante.

Las fuentes de información útiles para recabar datos relevantes a las máquinas son los manuales existentes, manuales de máquinas similares como se hizo en este caso así como los conocimientos y experiencia propia del personal.

5.1 COMPRESORES

Un compresor es una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Comparados con turbo soplantes y ventiladores centrífugos o de circulación axial, en cuanto a la presión de salida, los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una gran variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el

compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistola, inflamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. Otro es el compresor de refrigeración, empleado para comprimir el gas del vaporizador. Otras aplicaciones abarcan procesos químicos, conducción de gases, turbinas de gas y construcción.

5.1.2 ESTRUCTURA DE LOS COMPRESORES

Los elementos principales de esta estructura son: motor, cuerpo, tapas, enfriador y árboles. El cuerpo y las tapas del compresor se enfrían por el agua. Los elementos constructivos tienen ciertas particularidades. Para disminuir las pérdidas de energía de la fricción mecánica de los extremos de las placas contra el cuerpo en este se colocan dos anillos de descarga que giran libremente en el cuerpo. A la superficie exterior de estos se envía lubricación. Al girar el motor los extremos de las placas se apoyan en el anillo de descarga y se deslizan parcialmente por la superficie interior de estos; los anillos de descarga giran simultáneamente en el cuerpo.

Al fin de disminuir las fuerzas de fricción en las ranuras las placas se colocan no radicalmente sino desviándolas hacia adelante en dirección de la rotación. El ángulo de desviación constituye 7 a 10 grados. En este caso la dirección de la fuerza que actúa sobre las placas por lado del cuerpo y los anillos de descarga se aproxima a la dirección de desplazamiento de la placa en la ranura y la fuerza de fricción disminuye.

Para disminuir las fugas de gas a través de los huelgos axiales, en el buje del motor se colocan anillos de empacaduras apretados con resortes contra las superficies de las tapas.

Por el lado de salida del árbol a través de la tapa, se ha colocado una junta de prensaestopas con dispositivos tensor de resortes.

5.1.2.1 Compresores Rotatorios

Se denominan compresores rotatorios a aquellos grupos que producen aire comprimido por un sistema rotatorio y continuo, es decir, que empujan el aire desde la aspiración hacia la salida, comprimiéndolo.

5.1.2.2 Compresores de tornillo

Esencialmente se componen de un par de motores que tienen lóbulos helicoidales de engrane constante.

La compresión por motores paralelos puede producirse también en el sentido axial con el uso de lóbulos en espira a la manera de un tornillo sin fin. Acoplando dos motores de este tipo, uno convexo y otro cóncavo, y haciéndolos girar en sentidos opuestos se logra desplazar el gas, paralelamente a los dos ejes, entre los lóbulos y la carcasa.

Las revoluciones sucesivas de los lóbulos reducen progresivamente el volumen de gas atrapado y por consiguiente su presión, el gas así comprimido es forzado axialmente por la rotación de los lóbulos helicoidales hasta 1ª descarga.

Principios de funcionamiento de un compresor de tornillo rotatorio

El compresor de tornillo es un compresor de desplazamiento con pistones en un formato de tornillo; este es el tipo de compresor predominante en uso en la actualidad. Las piezas principales del elemento de compresión de tornillo comprenden rotores machos y hembras que se mueven unos hacia otros mientras se reduce el volumen entre ellos y el alojamiento. La relación de presión de un tornillo depende de la longitud y perfil de dicho tornillo y de la forma del puerto de descarga.

El tornillo no está equipado con ninguna válvula y no existen fuerzas mecánicas para crear ningún desequilibrio. Por tanto, puede trabajar a altas velocidades de eje y combinar un gran caudal con unas dimensiones exteriores reducidas.

Capacidades de compresión:

La gama de tornillo rotatorio de compresión de aire, opera entre 4 y a 250 kW (5 a 535 CV), produciendo presiones de trabajo de 5 a 13 bar (72 a 18 psi).

5.1.3 MANTENIMIENTO De Los Compresores

Operación diaria

Antes de arrancar el compresor es necesario revisar el nivel de fluido en el cárter. Si el nivel esta bajo, simplemente agregue la cantidad necesaria, si la adición de fluido es muy frecuente se ha desarrollado un problema el cual esta causando una pérdida excesiva del líquido.

Después de realizar esta rutina, observe los indicadores para asegurarse de que aparecen las lecturas correctas en el monitor para cada fase de la operación. Después de que el compresor se haya calentado, es recomendable un chequeo general de todo el compresor y de los indicadores para estar seguros de que el compresor esta funcionando correctamente.

Mantenimiento después de las primeras 50 horas de operación

Después de las primeras 50 horas de operación es necesario un pequeño mantenimiento para liberar al sistema de materiales extraños. Desarrolle las siguientes operaciones para prevenir problemas innecesarios:

1. Limpie la línea de retorno del colador
2. Limpie la línea de retorno del orificio

Mantenimiento cada 1000 horas

Después de cada 1000 horas es necesario realizar lo siguiente:

1. Limpiar la línea de retorno del colador
2. Reemplazar el filtro del fluido

Mantenimiento del Filtro del Fluido

Reemplace el filtro del fluido y la junta bajo cualquiera de las siguientes condiciones, cualquiera que ocurra primero:

1. Cuando lo señale el indicador de mantenimiento
2. Cada 1000 horas
3. Cada 6 meses
4. Cada cambio de fluido

Procedimiento para el reemplazo de partes y ajuste del Filtro

1. Use un zincho para remover el filtro viejo y la junta
2. Limpie la junta que esta situada en la superficie
3. Aplique una película de fluido en la junta nueva
4. Apriete el filtro nuevo hasta que la nueva junta este situada en la ranura correspondiente
5. Continúe apretando de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de vuelta más
6. Encienda el compresor y verifique que no haya fugas

Mantenimiento del Filtro del Aire

El mantenimiento del filtro de aire debe llevarse a cabo bajo cualquiera de las siguientes condiciones, cualquiera que ocurra primero:

1. Cuando lo señale el indicador de mantenimiento
2. Cada 6 meses

Procedimiento para el reemplazo del Filtro de Aire

1. Limpie el exterior de la carcaza del filtro de aire
2. Quite la tapa del filtro
3. Quite el filtro y limpie el interior de la carcaza con un trapo húmedo
4. Limpie o reemplace el filtro
5. Coloque la tapa
6. Reinicie el indicador de mantenimiento del filtro

Reemplazo del Separador

El separador debe ser cambiado cuando lo señale el indicador, o cada año, lo que ocurra primero.

Siga el siguiente procedimiento para realizar el reemplazo del separador:

1. Libere la presión del cárter y de todas las líneas de compresión.
2. Desconecte todas las tuberías de la cubierta del cárter para poder removerlo.
3. Quite los tornillos de la tapa
4. Levante la tapa del cárter.
5. Quite el separador.
6. Raspe los fragmentos de material viejo de la junta de la tapa y la pestaña del cárter. Tenga cuidado de no dejar caer fragmentos dentro del cárter.
7. Instale las nuevas juntas. Una de ellas en el cárter y la otra en la parte superior del separador.
8. Reinserte el separador en el cárter, teniendo cuidado de no abollarlo.
9. Limpie la tapa y las arandelas. Torque a 55 ft-lbs. (75 Nm)
10. Reconecte todas las tuberías asegurándose que la línea de retorno se extienda $\frac{1}{4}$ "sobre el fondo del separador.
11. Limpie la línea de retorno del colador antes de reiniciar el compresor.

Mantenimiento de la Válvula de Admisión

El mantenimiento de la válvula de admisión puede requerir el cambio del resorte del pistón, arandela, sello y resorte de la válvula. Siga el siguiente procedimiento para una instalación correcta.

1. Quite todas las tuberías conectadas al ensamble de la válvula de admisión.
2. Quite los tornillos y arandelas del cuerpo de la válvula que están adjuntos a la unidad de compresión y remueva el compresor.
3. Quite los sellos dentro del cuerpo de la válvula.
4. Levante y retire el ensamble del cuerpo de la válvula check y el resorte del cuerpo de la válvula.
5. Retire la tapa del pistón, el resorte y el pistón.
6. Limpie el cuerpo de la válvula tanto como sea necesario, asegúrese de que todos los conductos de aire estén limpios.
7. Ensamble de nuevo la válvula de admisión usando las partes nuevas.
8. Instale el anillo al pistón y éste al cuerpo de la válvula.
9. Instale el nuevo resorte del pistón y coloque la tapa.
10. Coloque el nuevo resorte de la válvula en el pistón e instale el ensamble de la válvula.

Mantenimiento de la Válvula Térmica

Siga el siguiente procedimiento para la instalación de partes nuevas:

1. Retire todas las tuberías de la carcaza de la válvula
2. Quite los tornillos y separe la carcaza en dos partes una superior y otra inferior.
3. Retire el elemento a cambiar.
4. Retire y reemplace los sellos en la carcaza superior.
5. Reemplace el elemento.
6. Vuelva a ensamblar la carcaza.

Mantenimiento de la Válvula de mínima presión

El mantenimiento de la válvula es mínimo, la única parte que requiere reemplazo es la arandela del pistón, para reemplazarla siga el siguiente procedimiento:

1. Desatornille la válvula de la tapa.
2. Retire la tapa hexagonal del cuerpo principal.
3. Retire las arandelas y resortes del cuerpo principal.
4. Golpee ligeramente el ensamble del pistón para retirarlo del fondo del cuerpo principal.
5. Retire los sellos y elimínelos.
6. Limpie el ensamble del pistón y la válvula completamente.
7. Reemplace los sellos y los recubrimientos del pistón.
8. Coloque el ensamble del pistón en el cuerpo principal, coloque resortes y arandelas.
9. Reemplace la tapa retenedora.
10. Conecte todas las tuberías.

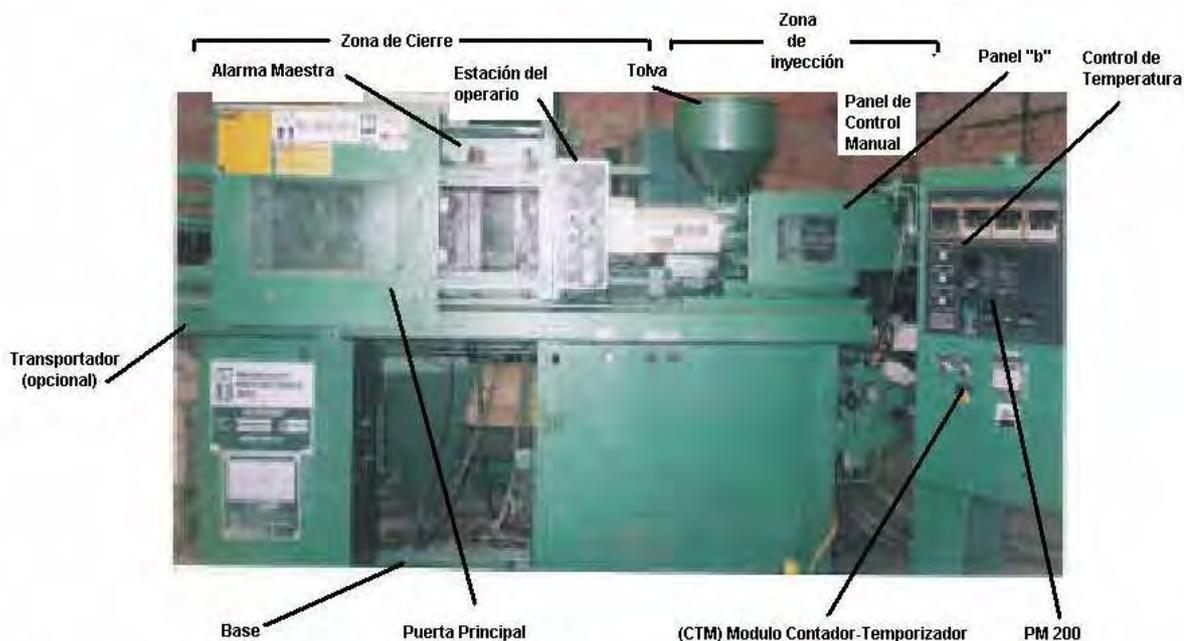
5.1 DIAGNÓSTICO DE UN COMPRESOR

SINTOMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
El compresor no alcanza totalmente la presión de descarga	La demanda de aire es demasiado grande. El filtro del aire esta sucio. El regulador de presión esta defectuoso.	Revisar si hay fugas en las líneas o si las válvulas están abiertas. Revisar el indicador del filtro y cambiarlo si es necesario. Revisar el diafragma y reemplazarlo si es necesario.
Exceso en el consumo de fluido.	Las líneas de retorno o el orificio están atascados. El separador esta dañado o no funciona correctamente. Fugas en el sistema de lubricación. Nivel de fluido demasiado alto.	Limpiar el colador o el orificio. Cambiar el separador. Revisar, las tuberías, conexiones y componentes. Drenar hasta el nivel adecuado.

SINTOMA	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
La válvula liberadora de presión abre repetidamente.	El switch esta defectuoso o fuera de ajuste. La válvula está defectuosa	Ajustar el switch o reemplazarlo. Reemplazar la válvula.
El compresor no enciende	El compresor esta desconectado. Fusible fundido. El motor esta arrancando con sobrecarga. Bajo voltaje en la línea.	Conectar el compresor Reemplazar el fusible. Volver a arrancar el motor. Revisar el voltaje.
El compresor se apaga con demanda de aire presente.	Pérdida del control de voltaje Bajo voltaje. Excesiva presión de operación. El switch de temperatura esta abierto.	Reinicielo: si el problema persiste, cheque que la presión de la línea no exceda el máximo. Consulte a la compañía de electricidad. Defecto en el switch de la línea de presión. El separador requiere mantenimiento. Válvula solenoide defectuosa.

5.2 MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO REED PRENTICE MODELO TG 250¹

5.2 REED PRENTICE MODELO TG 250



5.2.1 Observaciones Generales

Se le hace hincapié a la empresa de que todos los operarios montadores y hombres de mantenimiento deben conocer la máquina lo mismo que sus riesgos para que así la mantengan bajo control dentro de los estándares de seguridad. De las principales indicaciones respecto a ello son:

- No permitir que otras personas se acerquen a la máquina mientras el encargado de la misma la esta operando
- Todos los interruptores de seguridad deben trabajar
- Mantener todas las guardas en su sitio

¹ Manual de Operación Reed Prentice Máquinas Inyectoras de Plástico Modelo TG Internacional Division Packge Machinery Company Massachusetts

- Fijarse que todos los controles trabajen adecuadamente
- Observar todas las guardas y nunca tratar de forzarlas
- No hacer cambios en el circuito eléctrico
- Observar con detenimiento y recordar los movimientos de expulsión.

De las indicaciones que se hacen al usar la máquina se establece lo siguiente:

- La máquina procesa materiales plásticos calientes
- Las condiciones impropias de manejo del material pueden producir gases o humos a sus vez son causa de enfermedades o quemaduras, además pueden dañar partes de la máquina
- Ciertas resinas, rellenos o aditivos procesados inadecuadamente también pueden dañar la máquina
- Tener cuidado y entender todas las recomendaciones que le haga el suministrador de las materias primas.

5.2.2 Procedimiento de Prueba

Antes de arrancar la inyectora se deben hacer ciertas revisiones por parte de un Ingeniero de Servicio de la Reed Prentice. El procedimiento de prueba cubre 28 puntos esenciales e incluye funcionamiento en ciclo seco e instrucciones al cliente y al personal de mantenimiento sobre el funcionamiento general.

Se recomienda que la máquina este instalada en un sitio fijo sobre bases antivibratorias y que haya sido nivelada.

Se deben tener listas conexiones eléctricas de agua y aire. En el tanque debe haber el aceite recomendado y la máquina debe estar lo más limpia posible.

5.2.3 Prueba de Seguridad

El siguiente procedimiento se encuentra escrito sobre el panel del operario.

Se debe hacer esta prueba por lo menos una vez por turno o cada vez que se cambie de molde.

Revisar por lo menos una vez a la semana que las bombas se paren cuando se retira el pasador que permite mover horizontalmente la unidad de inyección. Asimismo, revisar una vez por semana que el tornillo no inyecte cuando la guarda de purga está fuera de sitio, y también:

1. Antes de arrancar cerciorarse que la temperatura de la zona de inyección sea suficiente y la guarda de purga esté abajo.
2. En “manual” devolver la unidad de inyección y cerrar la válvula no. 21 “válvula de ajuste de boquilla”
3. Oprimir el botón “tornillo-inyector” que se encuentra en le panel de control manual, así el tornillo permanece en su posición máxima adelante.
4. Levantar la guarda de purga y asegurarla en esta posición
5. Oprimir nuevamente el botón “tornillo-inyectar”. En esta posición
6. Bajar la guarda de purga y cerrar la válvula no. 46 antes de continuar
7. Si alguna de las pruebas anteriores indican que uno o más dispositivos de seguridad no trabajan correctamente, no se debe trabajar con la máquina hasta que el dispositivo defectuoso haya sido reparado.

5.2.4 Panel de Control Manual

Se localiza a la derecha de los controles del operario justo al lado de la estación de control del OM2000 y dentro de ella se encuentran los siguientes elementos:

- *Teclado de voltaje*: trabaja solo en “ciclo manual” las funciones marcadas en la columna de la izquierda indican movimientos en esa dirección y las de la columna derecha indican movimientos en esa dirección. La única excepción es “Lubricación Manual”.

- *Interruptores Selectores*: El interruptor selector de presiones debe estar en “run” para trabajar la máquina en cualquier ciclo
- *Ciclo “Automático”*: Se utiliza para operación continua y se requieren las mismas condiciones que para ciclo “semiautomático”. Si se llega a abrir la puerta durante cualquier parte del ciclo todos los movimientos se suspenderán y cuando se cierra la puerta el ciclo continúa.
- *Aumento de altura de molde*: Hace girar las tuercas de las barras para incrementar el espacio entre platos; solamente trabaja en “manual”.
- *Disminución de altura de molde*: Hace girar las tuercas de las barras para incrementar el espacio entre platos; solamente trabaja en “manual”.
- *Botón de regulación de tonelaje*: Activa la operación No. 36 del módulo contador temporizador disminuyendo la altura de molde en forma lenta, hasta que la operación No. 36 cuenta hasta el número de referencia previamente fijado.
- *Selector de baja presión*: Para seleccionar cuando se desee baja velocidad de cierre y apertura; se usa para facilitar montaje del molde.
- *Expulsor OFF, Adelante, Múltiple*: Cuando está en posición OFF el expulsor no se mueve, en posición Adelante, el expulsor se mueve hacia delante y permanece ahí hasta que se cierre la puerta. En Múltiple el palto expulsor se moverá hacia delante y hacia atrás el número de veces que le ordene la operación no. 33
- *Tornillo / Boquilla*: Cuando está en la posición OFF toda la unidad de inyección se desactiva permitiendo hacer ciclos en la zona de cierre usando solamente el temporizador de curado. Cuando se localiza en ON / IN, la unidad de inyección se acerca al molde y permite que el tornillo inyecte y recupere material en todos los ciclos.

- *Selector OOF / ON, para contrapresión:* Cuando está en posición ON hace que el tornillo se devuelva hidráulicamente hasta una posición determinada y así quitándole presión del plástico sobre la boquilla. La contrapresión sucede después de alimentación del material.
- *Selector de Par del Tornillo:* Cuando se coloca en posición “Alto” producirá el máximo de par sobre el tornillo a bajas revoluciones.
- *Velocidad del Tornillo:* El selector de velocidad del tornillo permite escoger la combinación ideal entre par y revoluciones del tornillo para obtener los mejores resultados en las piezas producidas.
- *Potenciómetro de Inyección Estándar:* Regula la presión dentro de la etapa estándar.
- *Potenciómetro de Inyección Rápida:* Para ajustar la presión de inyección rápida
- *Potenciómetro de Presión de Mantenimiento:* Regula la presión de mantenimiento durante la 1ª etapa de curado y se puede graduar.
- *Reóstato de boquilla:* La máquina como equipo de norma, lleva un reóstato para controlar la cantidad de amperios que se le suministran a las resistencias de la boquilla.

5.2.5 Revisión de la Batería

1. Después de una parada prolongada (1 a 2 días) oprimir el botón de prueba “T” antes de poner energía a la máquina.
2. Cuando se oprime el botón de prueba “T” se enciende una luz en el tablero indicando la existencia de los 5v.

3. Si el bombillo de prueba no se enciende revisar el Manual del PM2000 con el fin de hacerle mantenimiento a las baterías.

En caso de pérdida de la memoria sólo se necesita volver a entrar los datos al tablero.

5.2.6 Posicionador del Potenciómetro de Cierre

Todas las máquinas llevan un potenciómetro instalado en el plato móvil para dar un impulso eléctrico al posicionador, indicando en que punto está localizado el plato móvil. El posicionador dispone de 6 botones que se usan para graduar el sitio de interrupción de las diferentes funciones que se desean controlar en el sistema de cierre.

Debajo de los 6 botones lleva 6 luces correspondientes y un interruptor selector que se usa para determinar cada una de las funciones.

El botón de la izquierda determina la posición máxima de apertura, cuando se llega a éste punto el plato móvil parará durante la carrera de apertura.

El segundo botón es el de “expulsión” y se usa para indicar en que punto de la carrera se desea que ocurra la expulsión

El tercer botón es para “apertura lenta”, se usa para determinar el punto hasta donde debe abrir la máquina lentamente a baja presión para reducir choques en el sistema hidráulico y proteger el molde y la pieza moldeada.

El cuarto botón corresponde a “apertura inicial del molde”, se usa para determinar la carrera de apertura justo al iniciar el movimiento del plato móvil. Durante la fase inicial de la carrera de apertura, los cilindros hidráulicos que efectúan el cierre y actúan sobre la cruceta, están energizados para desarrollar la gran fuerza necesaria para mover las rodilleras y separar las dos partes del molde.

El quinto botón se denomina “cierre lento” y se usa para disminuir la velocidad al molde antes de cerrar y evitar golpes en las caras del mismo.

El sexto botón es para determinar el punto de “cierre a baja presión”, a medida que el plato móvil cierra y alcanza ésta posición se modula la presión sobre los cilindros transversales reduciendo la fuerza de cierre.

5.2.7 Interruptores de Fin de Carrera

Sobre la zona de cierre están localizados dos limitadores de carrera que deben ajustarse cada vez que se cambie molde. El primero es el interruptor marcado LS-7, que se usa para energizar los cilindros de la cruceta. Se usa para protección del molde y debe disparar justo cuando las caras del molde se tocan; el segundo interruptor LS-12 “expulsor adelante” se ajusta para determinar la carrera de expulsión.

En la zona de inyección hay otros dos interruptores de Fin de Carrera que deben graduarse, el primero LS-8 que determina la posición posterior del tornillo o sea la cantidad de plástico que se desea inyectar. El segundo LS-25, que se usa para determinar la descompresión o sea la retracción hidráulica del tornillo para quitarle presión del material sobre la boquilla.

5.2.8 Reguladores de Temperatura

La máquina estándar, está provista de tres zonas de calefacción controladas por sus respectivos reguladores de temperatura, estas zonas son: frontal, central y posterior. Cada regulador tiene un medidor de desviación de 40 grados centígrados. Hay dos luces en cada regulador, la primera indica que hay paso hacia las resistencias, está luz permanecerá prendida mientras la temperatura del sensor esté por debajo de la banda proporcional. Cuando es intermitente la temperatura está dentro de la banda y cuando se apaga la temperatura estará por encima. La segunda luz es la del monitor del RTD, que es una lámpara de estado

sólido que se usa para indicar una falla en el sensor ya sea que este abierto el circuito o en corto.

La temperatura deseada se gradúa desde un potenciómetro colocado sobre el mismo regulador con posibilidades de graduación hasta 500 grados centígrados.

Reóstato de Boquilla, la máquina estándar lleva un reóstato de boquilla para controlar el amperaje suministrado a las resistencias de la boquilla. Este es un sistema continuo sin interrupción termostática.

Control de Temperatura en la Zona de la Tolva, esta zona va equipada con un termómetro indicador de temperatura y una válvula de control de flujo de agua para mantener la temperatura adecuada en la zona de la Tolva. Esta temperatura variará de acuerdo con los diferentes materiales y las condiciones del moldeo en cada caso.

5.2.9 Controles varios

- Válvula de ajuste de Boquilla: Localizada detrás del panel auxiliar se encuentra una válvula de ajuste que se usa para controlar la velocidad a la cual se desplaza la boquilla en los movimientos de aproximación y retiro de la unidad de inyección, también se usa como válvula de cierre para purgar el material.
- Manómetro y Aislador de Presión: Al lado de la válvula de ajuste de boquilla están localizados el Manómetro y el Aislador. Este manómetro se puede usar para leer directamente las presiones de las bombas durante cualquier etapa del ciclo de la máquina.
- Ajuste de Contrapresión: La contrapresión se ajusta al lado de la unidad de inyección, desde una válvula montada sobre el múltiple que se localiza al lado del motor hidráulico.

Nota: Se recomienda siempre mantener cerrada la válvula del manómetro cuando no se requiera estar leyendo presiones. Si la válvula está abierta toda la presión de inyección de cada ciclo irá al manómetro disminuyendo su sensibilidad de precisión.

- Velocidad del Tornillo: Montado sobre el mismo múltiple donde se encuentra el ajuste de contrapresión va la válvula reguladora del flujo para velocidad del tornillo. Esta válvula es codificada por medio de colores y se usa para aumentar o disminuir las revoluciones del tornillo.
- Velocidad de Inyección: Montado sobre el mismo múltiple va el control de velocidad de inyección. También está codificada por medio de colores y aumenta la velocidad de inyección cuando el botón amarillo se mueve en contra de las manecillas del reloj. Se recomienda mantener esta válvula en la posición completamente abierta siempre que sea posible para ahorrar energía reduciendo la cantidad de calor que se debe disparar en el intercambiador.
- Control de Velocidad de Expulsión: En la parte de atrás de la máquina debajo de la zona de cierre va la válvula de control de velocidad de expulsión. Se puede ajustar sin necesidad de retirar las guardas de la máquina y la velocidad se puede cambiar mientras la máquina está trabajando.
- Control de Velocidad de Cierre: Este control se encuentra en la parte de atrás de la máquina debajo de la zona de cierre. Esta válvula controla la seguridad de cierre durante a fase de movimiento rápidos tanto al abrir como al cerrar. Está válvula no se utiliza durante la operación a baja presión o baja velocidad.
- Baja Presión: Esta válvula esta localizada cerca de las dos anteriores y controla la velocidad de cierre de baja velocidad durante la operación a baja presión.

- Embrague Antideslizante: Este dispositivo va montado sobre las tuercas de las barras en la parte e arriba al lado del operario, lleva una abrazadera usada para producir presión sobre la tuerca de la barra para prevenir cambios en la altura de molde. En la mayoría de las aplicaciones este dispositivo se debe graduar solamente una vez en la vida de la máquina, sin embargo, si se presenta deslizamiento severo puede hacerse necesario apretar el tornillo de la abrazadera inclusive hasta el punto que haya que aflojarlo cada vez que se desee cambiar la altura del molde.
- Luz de Alarma Maestra: Localizada encima del panel de control del operario se encuentra la luz de alarma maestra que prenderá intermitentemente cada vez que ocurra algún mal funcionamiento en la máquina. Si la alarma se enciende hay que mirar en el panel de control PM2000 para determinar que tipo de falla se presenta.

5.2.10 Procedimiento de Purga y Cambio de Color

La facilidad con que el tornillo se puede limpiar induce al operario a prestarle poca atención y muchas veces deja las resistencias prendidas y el cilindro lleno de material. Esta costumbre causa serios problemas al tornillo y al cilindro, debido a que se forman ácidos por la degradación del plástico ocasionadas por las altas temperaturas, o por el mismo calor que se aplica sobre el material por un lapso de tiempo demasiado largo. Si la máquina permanece parada por mucho tiempo se debe sacar todo el material del cilindro y las resistencias calefactoras se deben apagar.

Los pocos minutos que se dediquen para poner en marcha el tornillo ahorrarán muchas horas de esfuerzo y mantenimiento ocasionados por la erosión del tornillo y el cilindro además producirá piezas contaminadas a causa de los residuos de plástico quemado.

Reglas generales

La purga es un procedimiento sencillo, pero para evitar problemas serios, se deben seguir las siguientes reglas:

- Se debe purgar siempre a la temperatura del material de más alto punto de fusión. Si se quiere cambiar de nylon a poliestireno se debe usar la temperatura de nylon para regular la máquina.
- No se debe purgar un material con otro que al combinarse, puedan formar una mezcla químicamente inestable.
- No deben bajarse las temperaturas cuando se cambia de un material de alto punto de fusión a uno de bajo punto de fusión, las temperaturas se cambiarán sólo cuando se haya purgado totalmente el primer material. Si no se procede de acuerdo a esta norma el material se molifica contaminándose las partes moldeadas por trozos de plástico sólido que se incrustan en el material de bajo punto de fusión.
- Purgar con un material inadecuado causa descomposición del mismo en el cilindro produciéndose obstrucciones causadas por el carbón, el recubrimiento del tornillo y del cilindro, que originan contaminación de las piezas con puntos negros de carbón durante un largo período. También puede producir daños mayores en el tornillo y el cilindro, debido a los ácidos que se producen al quemarse materiales de purga inadecuado.

Procedimiento de Purga

1. Cerrar la compuerta de alimentación de la tolva cuando la unidad de inyección se encuentra en suposición de “listo para inyectar” y control de contrapresión manteniendo el tornillo hacia delante.
2. Ajustar las temperaturas del cilindro de acuerdo con el material de más alto punto de fusión.
3. Avanzar el tornillo para que descargue la mayor cantidad de material posible.
4. Alimentar el material de purga hasta que salga limpio.
5. Si se requiere una purga intermedia, repetir los pasos 3 y 4
6. Sígase el mismo procedimiento cuando se quiera cambiar de color.

5.3 BOMBA

Las bombas de émbolo pertenecen al grupo de bombas volumétricas oscilantes. Normalmente una bomba oscilante lleva dos émbolos dobles alineados. Cada émbolo se subdivide en dos partes: en el cilindro de motor accionado, por lo general, hidráulicamente y en los cilindros de bombeo.

El material de bombeo es llevado del depósito de reserva al cilindro de bombeo correspondiente, el cual se encuentra en la fase de relleno. Entonces, en la fase de bombeo se expulsa el medio de bombeado. Aquí, un cambiador de tubería sirve de punto de unión entre el conducto bajo presión y el cilindro de bombeo. El cambiador de tubería es orientado hidráulicamente hacia el cilindro, el cual empieza con su fase de bombeo. Las bombas de émbolo pertenecen al grupo de las bombas obturadoras de corriente, las cuales pueden bombear lodos abrasivos y altamente viscosos.



5.3 BOMBA DE ÉMBOLO

Las bombas de émbolo rotativo generan presión por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcasa cerrada.

El caudal es uniforme y no hay válvulas. Este tipo de bombas es eminentemente adecuado para pequeños caudales.

La bomba rotodinámica es capaz de satisfacer la mayoría de las necesidades de la ingeniería y su uso está muy extendido.

Su campo de utilización abarca desde abastecimientos públicos de agua, drenajes y regadíos, hasta transporte de hormigón o pulpas.

5.3.1 MANTENIMIENTO DE LA BOMBA

La mayoría de los problemas con las bombas de tipo barril y émbolo son por daños en estas piezas. Los síntomas varían, pero incluyen baja temperatura de escape y baja presión de compresión, bomba desequilibrada, fallos y que el motor no desarrolla toda su potencia.

Si el motor falla se debe encontrar primero el cilindro que falla, por la temperatura del escape (lectura baja). Desconectar el tubo en la conexión de la tobera o abrir el tornillo de purga para cortar cada cilindro por orden. Al encontrar el cilindro defectuoso (no hay fallo), quitar el inyector y poner uno que este en buenas

condiciones. Arrancar el motor; si sigue el defecto, entonces es que el problema esta en la bomba.

Limpiar la grasa, mugre, aceite etc., de la cubierta de la bomba con combustible o con querosén, secarla y sacar el elemento del cilindro que falla, posteriormente se debe taponar cada tubo abierto.

Se debe mojar bien las manos con combustible, esto evitará que el sudor de las manos inicie corrosión en las superficies microacabadas. Trabajar en un banco con cubierta de linóleo, poner las piezas en un recipiente con combustible o acetona, conforme se sequen. Si se va a probar más de un elemento o una bomba se debe separar las piezas y guardarlas en recipientes diferentes, llenar dos con combustible. PRECAUCIÓN: limpiar la mugre dura con un cepillo de cerdas duras NO USAR cepillos de alambre.

Una vez limpias, revisar las piezas de la bomba con una lupa muy grande para ver si hay:

- Raspaduras longitudinales diminutas en émbolo o barril si las raspaduras son bastante profundas para sentir las con los dedos, reemplazar el barril y el émbolo.
- 2 puntos mates en superficies brillantes. Para eliminarlos, brotar con suavidad con tela crocus, bien mojada con combustible o con una pasta de esmeril finísima (esmeril de relojero), poner en un filtro.
- Picaduras diminutas, herrumbre en especial en los extremos del émbolo. Se deben asentar para poderse quitar.
- Aspereza en la hélice de combustible. Si esta mellada se debe reemplazar.

Estos problemas son por combustible sucio; revisar todos los filtros. Los puntos por corrosión de agua en el combustible (se debe centrifugar o dejar que

sedimente) o también por manejar las piezas con manos sudorosas en un trabajo anterior.

Las picaduras etc., puede ser combustible alto contenido de azufre y mezclado con agua.

El ácido resultante corroe el metal en los bordes de la hélice

Cambia combustible con menor contenido de azufre. Solicitar un análisis a su proveedor. Algunos tipos de émbolos y barril, ya limpios y pulidos se pueden probar para ver si forman vacío en el extremo abierto del barril (si no es del tipo cerrado). Poner el émbolo en el barril y empujarlo lo más posible y suéltelo el aire comprimido debe expulsar el émbolo si no lo hace hay que reemplazar el elemento de la bomba.

Si los orificios de barril no permiten esta prueba, hay que cubrir los orificios superiores con el dedo y colocar el émbolo e invertir el conjunto. Al quitar el dedo, el émbolo debe empezar a resbalar. Cubrir el agujero de nuevo y el émbolo se debe de detener. Si se sigue deslizando esta muy gastado. Aplicar aceite y repetir la prueba si un aceite delgado sella el émbolo o una superficie para que no salga, las piezas estarán gastadas y se pueden usar.

La excoriación en un lado del émbolo (en bombas con el sujetador de la válvula de entrega integral con el barril), significa que se apretó con exceso el sujetador y se deformó el barril. Hay que reemplazar las piezas.

La decoloración, raspadura, picaduras diminutas se corrigen con asentamientos. Utilice pasta muy fina (boesch número bm10007 o carborundum número h-400). Para asentar con placa asentadora, comprobar que este plana. Una placa con años de uso esta cóncava. Para nivelarla, se debe asentar con otra placa nueva o bien se tiene que rectificar con torno. La fricción entre las placas una vez al mes las mantiene lisas.

La sincronización (adelantada o atrasada) puede producir detonaciones en el motor. Que significan pérdidas de potencia aunque si hay desgaste en el mecanismo de la bomba en especial las levas. Observar si hay juego muerto entre la bomba y el cigüeñal del motor por desgaste del tren de engranes. Las levas poco desgastadas se pueden limpiar con tela crocus o piedra fina. Comprobar si hay desgaste de las levas contra los dibujos de la bomba. Después compararse la carrera de la bomba para compensar la pérdida por desgaste de las levas.

La rotura del resorte del émbolo ocasiona fallos en ese cilindro. Si el resorte está débil también hay fallos del motor, entonces se tiene que cambiar los resortes rotos o débiles. Hay que retocar con esmalte las melladuras en las espirales del resorte para que no avance la corrosión. No se debe remojar los resortes en disolventes; ya que se ablanda el esmalte y se rompe con mayor facilidad.

Si no hay probador de bombas para calibrarla, entonces se debe hacer lo siguiente: sujetar la bomba en un tornillo de banco y conectar algún impulsor en el acoplamiento de la bomba. Conectar el tubo de succión de la bomba con un tanque por gravedad (un bote con conexión flexible fuerte). Invertir el bote y perforar agujeros para respiración y llenado. Proteger los agujeros con tela metálica y colgarlos encima de la bomba.

Purgar todo el aire de la bomba conectar los inyectores, poner la cremallera en la posición de entrega y girar el cigüeñal de la bomba cuando menos a 100rpm. Cuando todos los inyectores asperjan combustible se tiene que detener. Poner las probetas graduadas debajo del mismo tamaño en cada inyector.

Los fallos del motor pueden ser fugas de combustible o filtraciones de aire. Apretar las uniones de los tubos de combustible, tornillos de purga de las toberas o sujetador de la válvula de entrega. Esas fugas se encuentran con facilidad en un motor limpio. Entonces hay que limpiar el motor con trapos todos los días si se aprietan las uniones y no se eliminan las fugas, se tiene que hacer una reparación temporal con un repaso de las roscas con una lima y aplicar compuesto sellador.

Los fallos también pueden ser por válvulas de entregas sucias, pegadas o gastadas. Las válvulas de entrega se deben deslizar en sus asientos por su propio peso de no ser así entonces se deben limpiar con cebo de carnero.

Con todos los elementos en su lugar y sin que haya escurrimientos en la tobera, accionar la bomba a 100rpm durante dos minutos. Si la descarga en cada probeta no varía más del 5% entre una y otra la bomba tiene calibración aceptable. Hay que probarla de dos a tres veces y repetir después de la bomba. Probar la cremallera en varias posiciones incluso en la de CORTE DE COMBUSTIBLE. La prueba también se puede hacer después de cebar el sistema de inyectores durante el arranque. La prueba se puede hacer en motores con bomba individual cerca de cada cilindro.

5.4 LOCALIZACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA

Falla	Causa	Corrección
La bomba no suministra agua.	La bomba no está cebada. La velocidad de rotación es muy baja.	Verifíquese si el motor está conectado directamente con la línea de energía eléctrica y si recibe su voltaje pleno. Si se trata de una turbina de vapor, revísese el regulador y determine si la unidad recibe la presión íntegra del vapor.
	La altura de la descarga es excesiva.	Revísense las condiciones de la operación. Véase que las pérdidas por fricción así como las alturas de succión y descarga estén dentro de las especificaciones previstas.

Falla	Causa	Corrección
La bomba no suministra agua.	La altura de la succión es excesiva.	Compruébese con aparatos de medición (vacuómetro). La succión normal no debe tener una altura mayor de 4.57 m (15 pies).
	El impelente y/o la tubería están obstruidos.	Inspecciónese la tubería, el colador de la succión y el impelente.
La bomba no da su rendimiento pleno normal.	Pueden existir infiltraciones de aire en la línea de succión o en la caja de estopas.	Hay que taponar la tubería de descarga y someter a presión la bomba y la línea de succión. Si se coloca un manómetro en dicha línea, la caída de presión indicará la presencia de fugas. Una infiltración del 1% de aire ocasionará un descenso del 10% en el rendimiento del gasto.
	La altura real de la descarga puede ser mayor que la calculada.	Revísense las condiciones de operación. Compruébese si a fricción en la tubería, y si las alturas de succión y descarga están de acuerdo con las especificaciones de la unidad.
	La altura de la succión puede ser excesiva.	Compruébese por medio de un vacuómetro. La altura normal de succión no debe ser mayor de 4.57m (15 pies).
	El impelente o la línea de succión pueden tener oclusiones parciales.	Inspecciónese la tubería de succión, el colador de la misma y el impelente.

Falla	Causa	Corrección
La bomba no da su rendimiento pleno normal.	La succión no da la suficiente altura si se bombean líquidos calientes.	Los líquidos calientes, en casi todos los casos, deben fluir por gravedad hacia la succión de la bomba y requieren la suficiente altura de emergencia sobre la línea del eje de succión. Recúrrase al fabricante de la unidad solicitando la información completa sobre el caso, sobre la tubería de succión, tamaño de ésta y tipo del líquido que se maneja, indicando también la sumergencia de la que se pueda disponer.
	El impelente puede haber sido estropeado.	Hay que reparar o reemplazar el impelente.
	La válvula de pie puede ser demasiado pequeña.	Inspecciónese. El área libre neta en la válvula de pie de la succión tiene que ser, por lo menos, igual al área de la succión, pero es preferible que sea mayor. La superficie neta libre del colador debe ser por lo menos, de tres a cuatro veces la superficie de la tubería de succión.
	Las juntas de la carcasa de la bomba pueden estar defectuosas.	Procédase a reemplazar todas las juntas defectuosas.
	La válvula de pie o la boquilla de la succión no tienen suficiente sumergencia.	Sumérjase el extremo inferior de la tubería de succión por lo menos 92 cm (3 pies) debajo del espesor del líquido.

Falla	Causa	Corrección
<p>La bomba no desarrolla presión suficiente.</p>	<p>La velocidad de rotación puede ser demasiado baja.</p>	<p>Revísese si el motor está conectado directamente y en forma correcta con la línea de energía eléctrica y si además recibe el voltaje nominal. Si se trata de una tubería de vapor, revísese el regulador y compruébese si recibe la presión plena de vapor.</p>
	<p>Puede haber infiltración de aire hacia la tubería de succión, con el agua.</p>	<p>Hay que taponar la tubería de descarga y someter a presión la bomba y la línea de succión. Si se coloca un manómetro en dicha línea, la caída de presión indicará la presencia de fugas. Una infiltración del 1% de aire ocasionará un descenso del 10% en el rendimiento del gasto.</p>
	<p>El impelente puede haber sido dañado.</p>	<p>Hay que reparar o reemplazar el impelente.</p>
	<p>Las juntas de la carcasa de la bomba pueden estar defectuosas.</p>	<p>Procédase a reemplazar todas las juntas defectuosas.</p>
<p>La bomba trabaja durante cierto tiempo y después pierde la succión.</p>	<p>Puede haber una fuga de infiltración de aire en la línea de succión.</p>	<p>Hay que taponar la tubería de descarga y someter a presión la bomba y la línea de succión. Si se coloca un manómetro en dicha línea, la caída de presión indicará la presencia de fugas. Una infiltración del 1% de aire ocasionará un descenso del 10% en el rendimiento del gasto.</p>
	<p>El sello de agua puede estar ocluido.</p>	<p>Revísese la tubería del sello de agua y determínese la posición del separador en la caja del prensaestopas.</p>

Falla	Causa	Corrección
La bomba trabaja durante cierto tiempo y después pierde la succión.	La altura de la succión excede de 4.57 m (15 pies).	Revísese si no está obstruccionada la tubería de succión y mézase la profundidad del espejo del agua para verificar si no ha descendido demasiado.
	El líquido que se maneja contiene aire o gas.	Púrguese totalmente la línea de succión hasta la fuente de suministro.
La bomba toma demasiada fuerza.	La velocidad de rotación es muy alta.	Compruébese la velocidad del motor y si el accionamiento es por medio de las bandas, verifíquese la relación de las poleas, ya sean para la banda plana o trapezoidal.
	La altura de bombeo es menor es menor que la nominal de régimen, con el consiguiente aumento del rendimiento de la bomba.	Solicítese del fabricante de la bomba el cálculo del diámetro del impelente adecuado para el caso, recortando el impelente de la bomba a la medida indicada.
	El líquido que se bombea es más pesado que el agua.	Compruébese el peso específico y la viscosidad del líquido que se bombea.
	Pueden existir defectos mecánicos, como por ejemplo, flexión de la flecha.	Verifíquese la excentricidad de la flecha. La variación tolerable depende del diseño y de la velocidad de la bomba. Para altas velocidades una variación de 0,076 mm es tolerable y para bajas velocidades, la tolerancia aproximada es de 0.152 mm en las flechas correspondientes.

Falla	Causa	Corrección
La bomba toma demasiada fuerza.	Los elementos rotatorios de la unidad están frenados.	Revísese si los prensaestopas están demasiado apretados, compruébese el ajuste del anillo de desgaste, véase si las juntas y las empaquetaduras están defectuosas.

5.5 TORRE DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento tienen como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de ésta, con el consiguiente intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frío que circula por el mismo aparato.

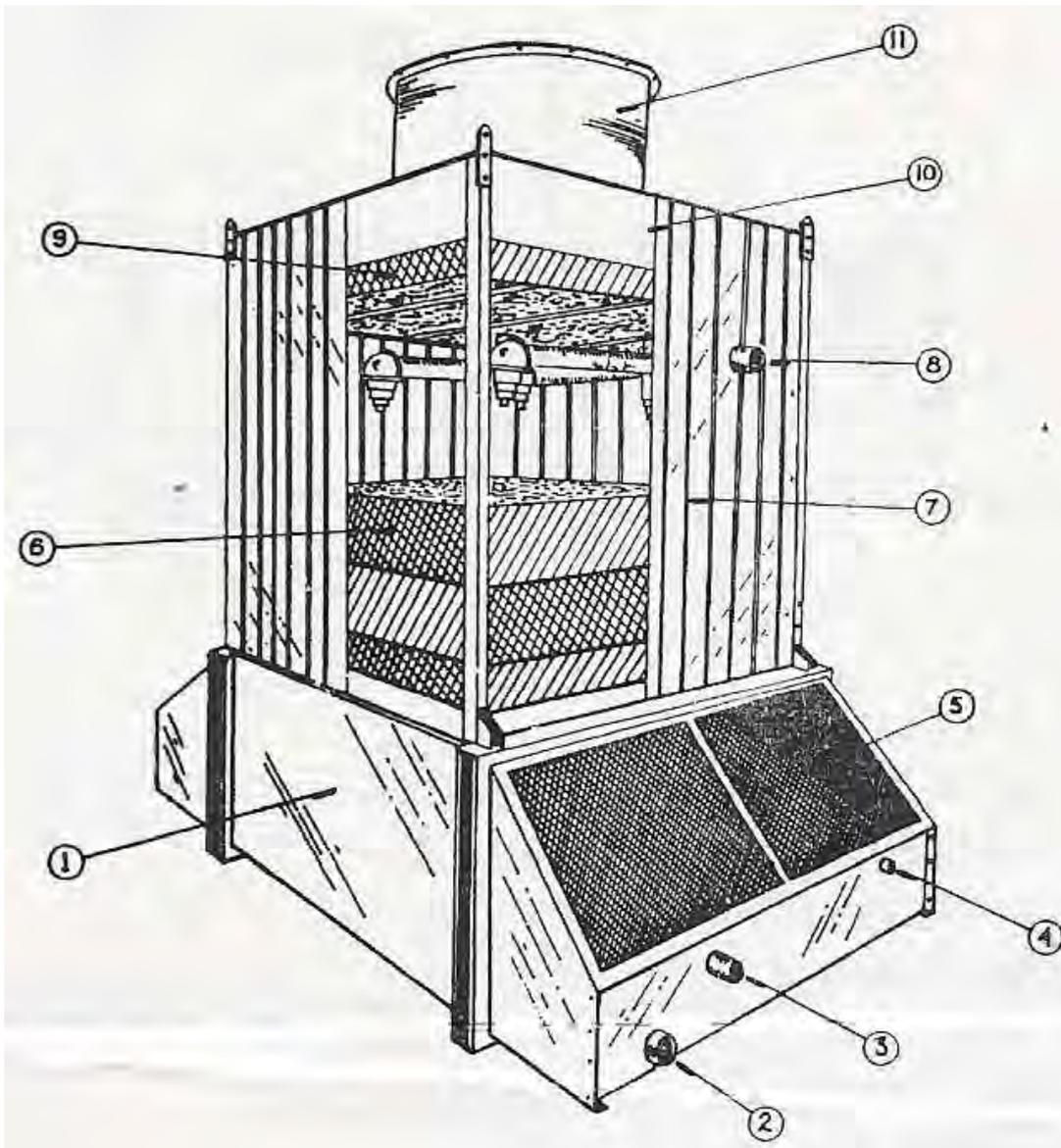
Con frecuencia el armazón y el empaque son de madera, generalmente el entablado de los costados es de pino, poliéster reforzado o cemento de asbesto.

El espacio vacío es muy grande, generalmente mayor del 90% con el fin de que la caída de presión del gas sea lo más baja posible.

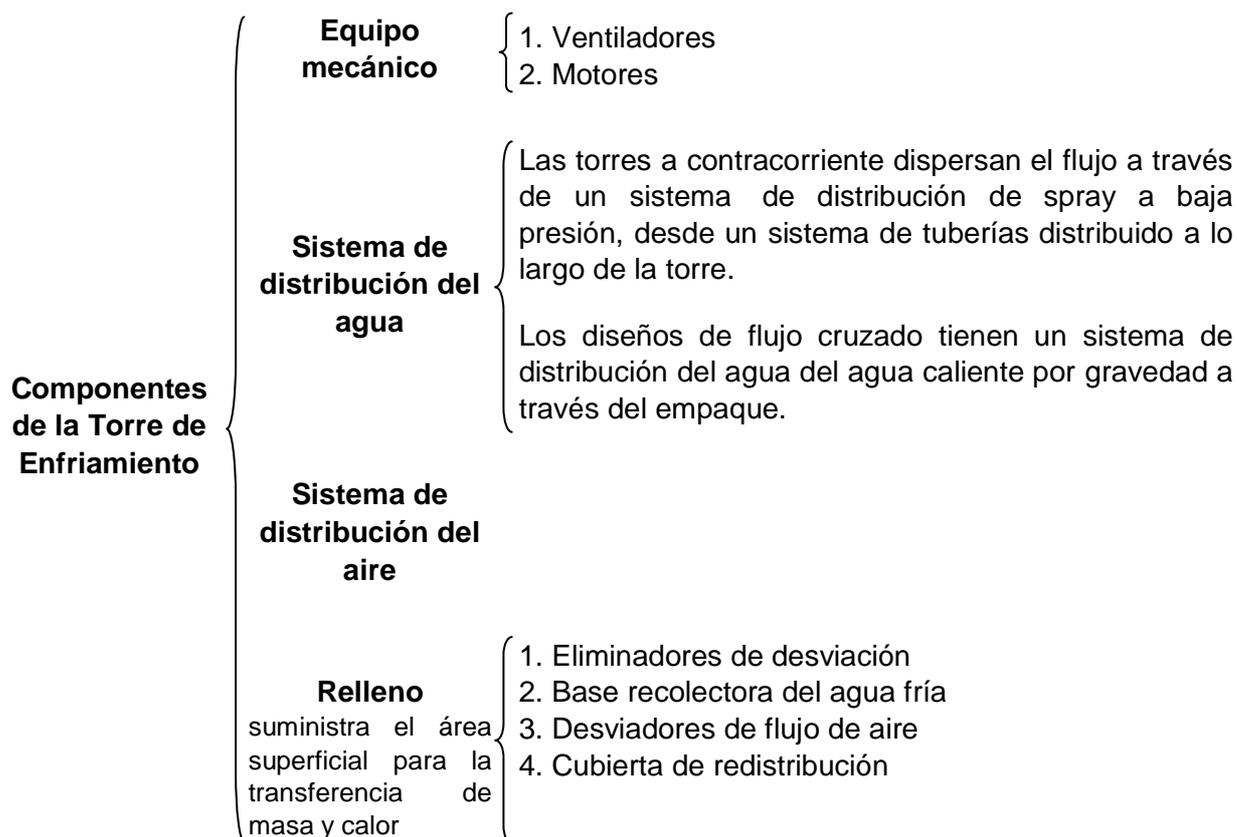


En la empresa la torre es de tiro inducido en la cual el aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la misma, lo cual permite una distribución interna uniforme del aire.

5.5 COMPONENTES DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO



1. Cisterna de agua fría
2. Salida de agua fría
3. Rebosadero
4. Reposición de agua
5. Entrada de aire
6. Relleno
7. Cuerpo
8. Entrada de agua caliente
9. Eliminador de rocío
10. Cámara plena
11. Ventilador con motor



5.4.2 INFLUENCIAS EXTERNAS SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LA TORRE

- Restricción del flujo de aire. La temperatura del agua fría producida por una torre de enfriamiento es totalmente dependiente de la cantidad de aire de entrada. Una disminución en la cantidad de aire y la temperatura se incrementará.
- Viento. Dependiendo de su velocidad y dirección, aumentan el potencial de la torre de enfriamiento a la recirculación.
- Interferencia. Sumideros de calor ubicados cerca de la torre.

Tratamiento de agua. El agua de adición requerida por una torre de enfriamiento depende de las pérdidas de evaporación, pérdidas por brizado y purgas. Las pérdidas promedio de evaporación son 0.80% de agua circulada por cada 10° F. la pérdida por brizado es el agua arrastrada en gotitas o rocío por el

aire. En las torres de tiro inducido bien proyectadas la pérdida por brizado es 0.10% la mayoría de los fabricantes garantizan una pérdida por brizado no mayor de 0.20 % la cantidad de agua de purga desperdiciada depende de la dureza del agua de circulación, del suavizador de agua destilada y de las pérdidas por brizado. La formación de algas obstruye las boquillas y evitan la distribución correcta del agua sobre los rellenos de la torre. Estas algas o lama se acumulan en el equipo servido por la torre de enfriamiento y reducen el porcentaje de transferencia del calor.

La mayoría del agua contiene materiales formadores de incrustaciones, pero los carbonatos de calcio y magnesio son los más problemáticos en las torres de enfriamiento. Las incrustaciones en el equipo reducen la transferencia del calor. Para evitar o reducir las incrustaciones, se pueden suavizar el agua de adición con cal y sosa comercial, zeolite, ácido sulfúrico o algunos fosfatos.

Motores de dos velocidades. Para adaptar el comportamiento de la torre a las reducciones temporales o estacionales en la carga de calor y en especial para el invierno, son preferibles los motores de dos velocidades para los ventiladores. Las ventajas principales es que, a media velocidad, los ventiladores solo necesitan alrededor de 15% de su potencia a toda velocidad; la adaptabilidad de los motores de dos velocidades, en especial en las torres con ventiladores múltiples ahorran corriente.

A media velocidad del ventilador, las temperaturas del agua fría y caliente en una torre de enfriamiento aumentan 6 a 8 ° F para una temperatura de bulbo húmedo y carga de calor dadas.

Durante el invierno, cuando no hace tanto frío como para detener los ventiladores pero si para hacer bastante frío y crear la formación de hielo a media velocidad del ventilador, tenga algunos o todos los ventiladores a media velocidad.

Arranque. Antes del arranque inicial de una torre de enfriamiento o después de largo tiempo de para, se debe limpiar o inspeccionar con cuidado, asimismo eliminar todos los desechos en el estanque recolector debajo de la torre.

Inspeccionar todos los ventiladores y verificar que todos los tornillos estén apretados que los ventiladores giren libres y que el espacio entre las puntas de las aspas y el cilindro sea la correcta. Revisar el eje impulsor del ventilador, los acoplamientos flexibles o juntas universales estén en buenas condiciones y que los protectores del eje estén colocados y bien sujetos el motor, el eje impulsor y el reductor de velocidad deben estar alineados. Comprobar que los reductores de velocidad estén llenos al nivel correcto de aceite limpio y del tipo especificado.

Inspeccionar la lubricación de los motores. Apretar los tornillos de la carcasa y de anclaje del motor. Inspeccionar las boquillas, tuberías y canalones del sistema de distribución. Examinar la estructura de la torre y apretar los tornillos flojos. No apretar en exceso los tornillos.

Eliminar las fugas del estanque recolector. Las fugas en los estanques pequeños se detienen cuando se empapa la madera. En los de concreto examinar las juntas de expansión y el fondo. Comprobar que el flotador para el agua funcione libre y no tenga fugas. Observar que el derrame este abierto y trabaje correctamente.

Ventiladores. Los ventiladores succionan el aire a lo largo de la torre y lo descargan en la parte alta de la atmósfera. Inspeccionar los ventiladores al arranque para ver que giren libres. Es muy importante que los ventiladores giren en el sentido correcto. Comprobar la potencia de entrada de motor. Los reductores de velocidad suelen ser ruidosos en el arranque inicial, pero se quita el ruido cuando se asientan los engranajes. El ruido en los reductores de velocidad que han trabajado algún tiempo, significa desgaste excesivo.

Circulación del agua. Ajustar la válvula del flotador del estanque para mantener el nivel del agua de 5 a 6" debajo del relleno de madera.

Mantener, cuando menos 6" de agua en los estanques. Ajustar el agua de circulación a la cantidad de diseño de la torre. El volumen de agua se puede medir con el medidor de orificio.

Operación. Mantener el sistema de distribución boquillas y estanque de la torre libre de mugre, algas e incrustaciones. No hacer funcionar los ventiladores con impulsos de velocidad variable a más de la velocidad especificada. Los estanques de concreto deben de tener doble malla de succión, es decir, un grupo de mallas frente al otro para que el agua pase en ambas.

Engrasar los ejes de impulsión que tengan estrías o juntas universales, con graseras, una vez a la semana. Comprobar el nivel de aceite del reductor de engranes cada semana. Comprobar el funcionamiento de la torre a diario.

La escala del enfriamiento se reduce con carga ligera o con exceso de agua; se aumentan con carga intensa de calor o agua insuficiente. Cuando un condensador tiene muchas incrustaciones, se retarda la circulación del agua y aumenta la carga de bombeo.

Cuando la cantidad de agua esta incorrecta:

- Comprobar la velocidad presión y si hay bolsas de aire en la bomba.
- Revisar si el condensador tiene incrustaciones, aire o restricciones.
- Examinar si las tuberías tienen aire, válvulas parcialmente cerradas mugre o restricciones.

Operación en el tiempo de frío. El clima excesivamente frío no aumenta el rendimiento de la torre, pero si ocasiona peligros. Las torres de enfriamiento que operan en tiempo de heladas son susceptibles de hielo en las rejillas y parte externa del relleno para evitar el hielo mantener la temperatura del agua cruda lo más alta que resulte práctico, considerando su efecto sobre el equipo.

Aplicar uno o más de los siguientes procedimientos:

- Para torres de tiro inducido:
 - Mantener los motores de dos velocidades a baja velocidad o apagar uno de los ventiladores.
 - Cerrar algunas de las celdas y dejar toda el agua en las otras celdas.
 - Reducir la entrada de agua en la torre y cerrar algunas celdas
 - Derivar parte del agua de la torre y cerrar algunas celdas o par los ventiladores.

Deshielo. Para eliminar el hielo formado en las rejillas y relleno:

- Invertir la rotación de los ventiladores
- Parar temporalmente algunos ventiladores pero no cortar el agua, repetir procedimiento en las otras celdas

Precauciones. Nunca mantener los ventiladores en reserva más de 5 a 10 minutos. La bomba del aceite no descargara aceite si gira en sentido inverso. Si las torres son de funcionamiento intermitente, proteger los tubos expuestos contra la congelación.

5.4.3 MANTENIMIENTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

Mantenimiento Mecánico. Establecer un programa de mantenimiento mecánico periódico. Lubricar los cojinetes de bola con la grasa indicada e intervalos recomendados por el fabricante.

El exceso o falta de grasa producen fallas, pintar los devanados de los motores cada año con barniz aislante. Cambiar el aceite de los reductores cada tres mil horas o una vez al año.

El juego excesivo entre el piñón y la cremallera indican desgaste. El juego longitudinal en el eje del piñón indica desgaste de los cojinetes.

Pintar las aspas y cubos de los ventiladores con la frecuencia necesaria para evitar la corrosión.

Apretar los tornillos flojos de las aspas y equilibrarlos si es necesario.

Mantenimiento estructural. Limpiar la basura, mugre, incrustaciones de insectos en el sistema de distribución. El piñón California no necesita pintura.

Limpiar los eliminadores de brizado porque la mugre reduce el flujo de aire alinear los espaciadores de los eliminadores. Limpiar todas las tablillas de madera.

Paro de la torre. Cuando pare la torre, en especial en invierno, vaciar toda el agua para evitar congelación y corrosión.

Hacer funcionar los ventiladores 5 minutos a la semana, para mantener lubricado el cojinete superior del eje del ventilador. Proteger las partes metálicas contra la corrosión.

Hacer el mantenimiento o reparaciones mientras esta parada la torre, si es posible. Esto permitirá hacer un trabajo más cuidadoso sin entorpecer las operaciones.

5.5 MOTORES ELÉCTRICOS

Un componente importante que es común en las máquinas críticas aquí presentadas es el motor eléctrico, siendo éste parte vital para el cumplimiento de la función de dicha máquina. Es por ello que se presentan los posibles desperfectos que pudiera tener el motor, así como sus posibles causas y recomendaciones.

5.6 POSIBLES FALLAS Y SOLUCIONES EN MOTORES ELÉCTRICOS

Desperfecto	Causa	Lo que debe hacerse
Sobrecalentamiento de las chumaceras en general.	Flecha torcida o bombeada.	Enderécese o reemplace la flecha.
	Banda demasiado tensa.	Aflójese la banda.
	La polea demasiado retirada.	Acérquese la polea a la chumacera.
	El diámetro de la polea es muy reducido.	Colóquese una polea más grande.
	Alineamiento defectuoso.	Corrójase el alineamiento de la transmisión.
Sobrecalentamiento de las chumaceras de casquillo metálico.	Las ranuras de lubricación de la chumacera están tapadas por acumulación de suciedad.	Desmóntese el colgante o pedestal junto con la chumacera, límpiense las venas de lubricación y la caja de las chumaceras, cámbiense el aceite.
	Anillos de lubricación chuecos o dañados.	Repárense o reemplácese los anillos.
	El aceite es muy grueso.	Cámbiense por un aceite más delgado según recomendaciones.
	El aceite es muy delgado.	Cámbiense por un aceite más grueso según recomendaciones.
	Cantidad insuficiente de aceite.	Llénese el depósito hasta el nivel correcto marcado por el tapón rebosadero.
	Demasiado empuje axial.	Redúzcase el empuje desarrollado por la máquina impulsada o colóquese un dispositivo externo que lo reciba.

Desperfecto	Causa	Lo que debe hacerse
Sobrecalentamiento de las chumaceras de casquillo metálico.	Los metales o manguitos de la chumacera están muy desgastados.	Reemplácese la chumacera.
Sobrecalentamiento de las chumaceras de balero.	Cantidad insuficiente de grasa.	Manténgase en la chumacera la cantidad de grasa adecuada.
	Descomposición de la grasa o contaminación del lubricante.	Retírese la grasa vieja, lávense muy bien las chumaceras con petróleo y póngase grasa nueva.
	Exceso de lubricante.	Redúzcase la cantidad de grasa. Las chumaceras no deben llenarse más allá de la mitad.
	El sobrecalentamiento proviene del motor o de otra fuente externa.	Protéjase la chumacera, reduciendo la temperatura del motor.
	La chumacera trabaja con sobrecarga.	Rectifíquese el alineamiento, la carga lateral y el empuje axial.
	Bolas rotas o pistas cascadas.	Reemplácese el cojinete después de limpiar la caja perfectamente.
Goteo de aceite en los tapones de los rebosaderos.	La rosca del tapón del rebosadero no sella.	Retírese el tapón, reenceméntense los hilos de la cuerda, reemplácese el tapón y séllese.
	El tapón del rebosadero reventado o roto.	Reemplácese el tapón.

Desperfecto	Causa	Lo que debe hacerse
Goteo de aceite en los tapones de los rebosaderos.	El tapón no sella.	Requiere una junta de corcho, o si es del tipo rosca, se apretará a modo de que cierre.
El motor está sucio.	La ventilación está obstruida, las bobinas del devanado están llenas de polvo.	Un motor limpio funcionará con temperatura menor de 10 a 30°C, que uno sucio. El polvo puede ser de cemento, aserrín de madera, polvo de piedra triturada, granos, carbón molido, etc. desármese totalmente el motor y límpiense bien todas las bobinas y demás partes.
	Las bobinas del motor están atascadas.	Límpiense, esmerílese el colector y rebájense las micas del mismo. Límpiense y trátense las bobinas con un barniz aislante.
	Las chumaceras y las máscaras tienen adherencias interiores.	Límpiense y lávense con solvente.
El motor está mojado.	Sujeto a goteo.	Frótese el motor con un trapo secándolo por medio de una corriente de aire que circule a través del mismo.

Desperfecto	Causa	Lo que debe hacerse
El motor está mojado.	Sujeto a chorros de agua.	Instálase una cubierta o campana de protección para taparlo.
	Sumergido a consecuencia de inundaciones.	El motor tiene que ser cubierto para que conserve el calor, variando frecuentemente la posición del rotor. Desármese el motor y límpiense sus partes componentes. El devanado tiene que caldearse en horno a 105°C de temperatura durante 24 hrs o hasta que tenga la suficiente resistencia a tierra. Antes que nada, hay que asegurarse de que el buje del colector ha sido debidamente drenado.

CAPÍTULO VI

SOFTWARE PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Durante el desarrollo de este trabajo se ha explicado la teoría fundamental del mantenimiento, seguida de un caso de estudio en el que recomendamos la implantación de un sistema de administración del mantenimiento electrónico.

Toda la información de los capítulos IV y V se puede organizar de mejor manera y llevar un control empleando un software de mantenimiento. La base de cualquier sistema electrónico de mantenimiento es el mantenimiento preventivo, por lo tanto, se necesitan tener implementados en la empresa los métodos y herramientas del programa de mantenimiento preventivo para facilitar la introducción del software de mantenimiento. De lo contrario, tomará más tiempo del que se planea y más esfuerzo, pues se tendría que empezar por reconocer las técnicas del mantenimiento preventivo.

Es decir, con el análisis y diagnóstico de los sistemas, procedimientos y bienes físicos existentes en la empresa, se puede entonces encarar la etapa concerniente a la selección del software de Administración del mantenimiento a utilizar.

Una vez seleccionado el software se procede a la implementación del mismo en el que se programarán las tareas de mantenimiento preventivo según los manuales y recomendaciones del fabricante del equipo, para finalizar el proceso con el monitoreo y registro de mejoras a partir de la puesta en marcha del nuevo sistema.

Conforme la planeación de las actividades haya sido calendarizada, se extenderán órdenes de trabajo, en las que se especificarán los trabajos en cada máquina o equipo, así como el método y las herramientas para hacer cada actividad.

Estas órdenes servirán para rastrear los defectos, conocer el estado del equipo, documentar las acciones sobre cada equipo y el desempeño del personal que las lleva a cabo.

Esto tendrá que ligarse a la capacitación del personal, para proporcionarle las habilidades y conocimientos necesarios para que ejecute un mantenimiento adecuado. El software de mantenimiento no da solución a un mal o inexistente programa de mantenimiento.

6.1 Beneficios de la implantación de un Software para la Administración del Mantenimiento

La implantación de un Software de Mantenimiento, no garantiza éxito si la propia concepción del mantenimiento es errónea dentro de la empresa, como se mencionó antes el software solo organiza de modo más eficiente la información, pero este está a expensas de quien ingrese al sistema los datos, cómo se interpreten y analicen. Algunos de los beneficios que podremos obtener mediante la implantación del software en coordinación con un buen programa de mantenimiento son:

- Reducción de paros
- Incremento de la vida útil
- Reducción de niveles de Inventario de refacciones
- Prevención de reparaciones costosas
- Disminución de accidentes
- Confiabilidad y uniformidad de la calidad
- Mejor organización de la mano de obra
- Documentación de la información para ISO 9000
- Historial de los bienes físicos de la empresa
- Controles estadísticos
- Soporte técnico de la empresa proveedora del software

6.2 Opciones de Software para la Administración del Mantenimiento.

Existen diversas opciones en el mercado para adquirir un software de mantenimiento, que manejan tareas comunes difiriendo en costos, ambientes de trabajo, capacidad de manejo de datos, idioma y servicios técnicos de apoyo.

Máximo, es un sistema robusto para gestión computarizada del mantenimiento que requiere de un servidor para realizar exitosamente sus tareas, su principal usuario es Volkswagen de México, una industria pesada que maneja cientos de operaciones simultáneas, ha reducido el manejo de refacciones, ahorrando millones de dólares anuales por este concepto según señala Adrián Garduño, director del sector industria de Gedas North America¹.

Técnica Aplicada Internacional, S.A. de C.V. es una empresa mexicana líder en Latinoamérica en el desarrollo de soluciones para control y administración del mantenimiento, ofrece el software MP que cuenta en la actualidad con más de 2500 usuarios. Este producto está dirigido a empresas medianas y grandes, la simplicidad y facilidad de implementación es la característica que ha llevado al MP a convertirse en el sistema de mantenimiento de mayor aceptación en América Latina. El 85% de sus clientes son empresas ubicadas en México; sus precios son accesibles, el programa MP incluye los programas Inventario de Refacciones y Control de Herramientas, su precio es de \$20,900, ofreciendo cursos que no exceden los \$3,000 por persona e incluyen la implantación del software.

Otro software de mantenimiento es Infomant, que al igual que MP cuenta con módulos de generación de órdenes de trabajo, de inventarios y de refacciones. Puede enlazarse a sistemas ERP, BPCS y R/3. Su precio no es tan accesible como el MP ya que la versión más austera cuesta aproximadamente 5,000 dólares.

6.3 Descripción del Software MP para la Administración del Mantenimiento

¹ Revista expansión, Mantenimiento en la planta una tarea de integración.

De acuerdo a las características y necesidades de la empresa, es que recomendamos la implantación del software MP para la administración del mantenimiento, este software es producto de la empresa TECNICA APLICADA INTERNACIONAL, S.A. DE C.V. y ofrece beneficios extras como la implantación del programa que abarca desde el levantamiento de los equipos que se incorporarán al sistema, elaboración de rutinas de mantenimiento, captura y puesta en marcha del sistema, cursos de capacitación y asesorías de soporte técnico sin que esto implique un costo adicional.

A continuación se describen las características del software MP, información proporcionada por TECNICA APLICADA INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.



FIGURA 6.1

1. CATÁLOGO DE EQUIPOS

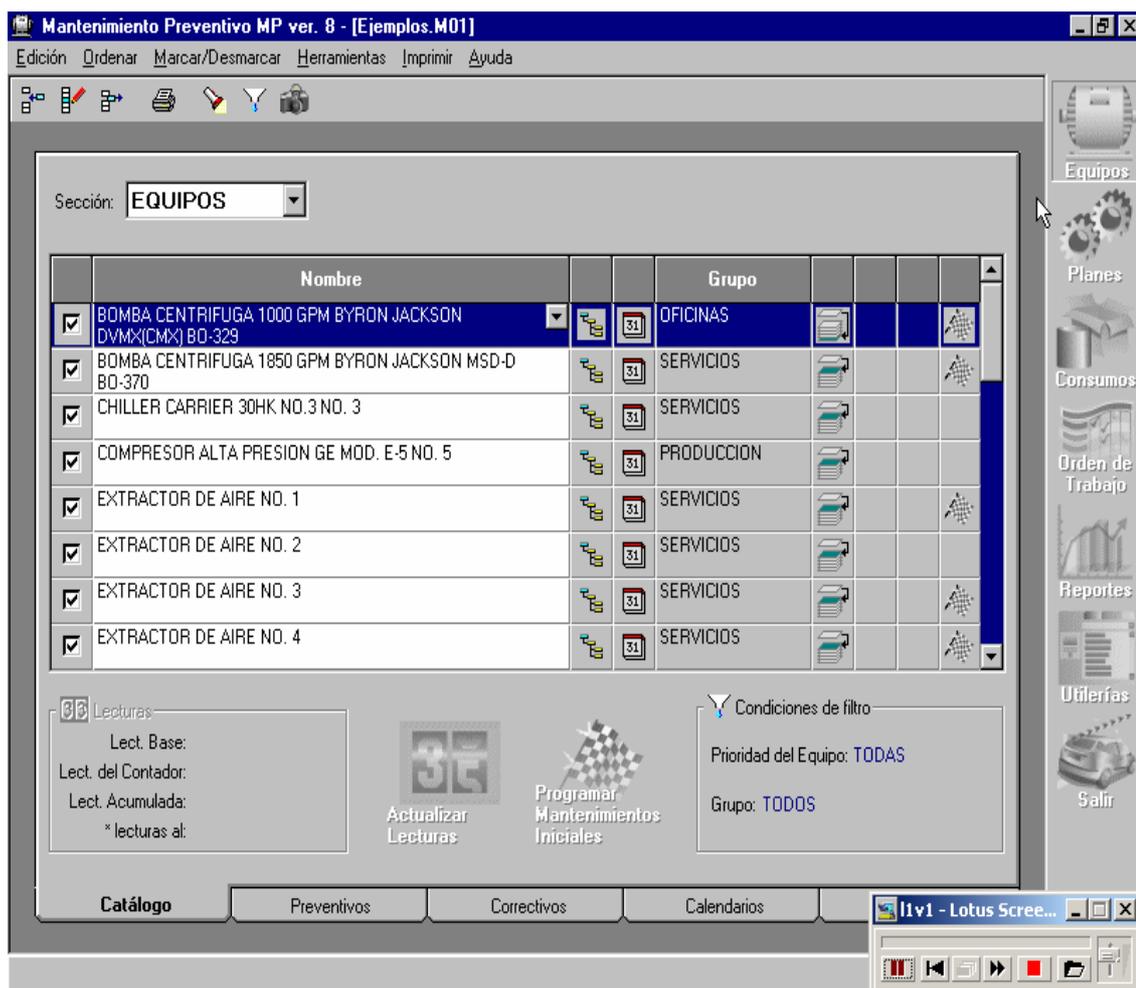


FIGURA 6.2 “ALTA DE EQUIPOS”

a. Alta de equipos.

El primer paso para la implementación consiste en formar un catálogo donde se registran los equipos, inmuebles o vehículos cuyo mantenimiento se desee controlar con el MP.

El Catálogo se divide en tres secciones: Equipos, inmuebles y vehículos.

Al registrar un equipo, inmueble o vehículo, el usuario captura los siguientes campos:

- Descripción
- Marca
- Modelo

- Identificador
- Prioridad
- Especificaciones y datos técnicos
- Grupo
- Centro de Costos

El nombre genérico de los primeros cuatro campos es variable y el usuario puede nombrarlos como más se adecue a sus necesidades en cada sección.

b. Catálogos auxiliares de grupo y centro de costos

El grupo es un campo que permite ordenar y filtrar el listado del catálogo.

El centro de Costos es un campo que `permite cargar los consumos de materiales, mano de obra y servicios a una cuenta determinada de contabilidad.

En le módulo de utilerías el usuario edita sus catálogos auxiliares de grupo y centro de costos.

Al registrar un equipo, el MP toma de estos dos catálogos auxiliares la información correspondiente a los campos grupo y centro de costos.

c. Orden del encadenamiento de los campos

La descripción del equipo se forma con el encadenamiento de los primeros cuatro campos. Como se muestra en el ejemplo siguiente:

Campos

- Descripción = Automóvil
- Marca = VW
- Modelo = Golf
- Placas = 285 FWT

El usuario puede cambiar el orden como deba formarse el encadenamiento, brindando gran flexibilidad en la presentación del listado.

d. **Buscar y ordenar alfabéticamente**

La opción de búsqueda permite localizar un equipo o grupo empleando una frase o parte de ella. El MP localizará los equipos que contengan en su descripción la frase tecleada, sin importar en que posición relativa se encuentre.

El listado se presenta invariablemente ordenado en forma alfabética.

Opcionalmente, el usuario puede ordenar por descripción o grupo.

El ordenamiento por descripción atenderá al encadenamiento de los campos que el usuario haya establecido.

e. **Filtro**

El MP permite filtrar el catálogo de equipos en función de su prioridad o grupo al cual pertenece.

Mediante la opción de filtro, el usuario podrá visualizar por ejemplo únicamente los equipos que corresponda a un cierto grupo. También podrá filtrar y visualizar exclusivamente los equipos de mayor prioridad.

f. **Nombre de la compañía, logotipo e impresión del catálogo**

En el módulo de utilerías el usuario personaliza el MP registrando el nombre de su compañía, mismo que aparecerá como encabezado en todos los reportes impresos.

El MP permite incluir el logotipo propio de la empresa que también aparecerá en el encabezado de todos los reportes. El logotipo debe ser una imagen con formato JPG y el tamaño no debe exceder 710 pixeles horizontales y 85 pixeles verticales.

A todos los reportes impresos que emite el programa, el usuario puede asignarles un número de documento, cumpliendo así con las normas ISO 9000.

Al seleccionar la opción de imprimir, el MP permite previsualizar el reporte en pantalla, o bien, mandarlo directamente a la impresora.

La impresión del catálogo obedecerá a las condiciones de orden y filtro establecidas, permitiendo a demás desmarcar equipos que no desee incluir en la lista.

g. Anexar planos, diagramas, tablas y especificaciones

El MP permite anexar planos, fotografías, diagramas, tablas, etc. Como información complementaria al equipo.

Las imágenes pueden ser cualquier archivo del tipo .BMP, .WMF, .TIF, .JPG, .DXF, .GIF, .PCD, etc.

Una cámara digital o un escáner resultan de gran utilidad para crear estas imágenes e incorporarlas en el MP como información complementaria.

Las imágenes localizadas en el disco duro deberán importarse al MP, proceso que consiste en copiarlas a un directorio que se crea automáticamente al instalar el MP.

Una vez importadas, el usuario simplemente relaciona imágenes con equipos.

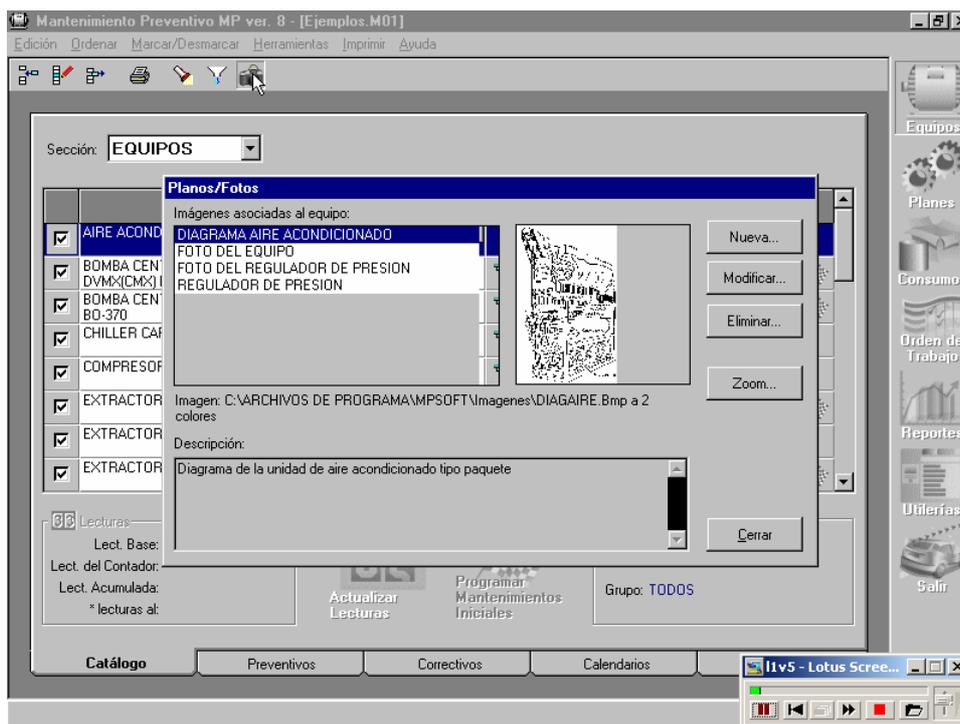


FIGURA 6.3 “ANEXO DE PLANOS”

2. PLANES DE MANTENIMIENTO

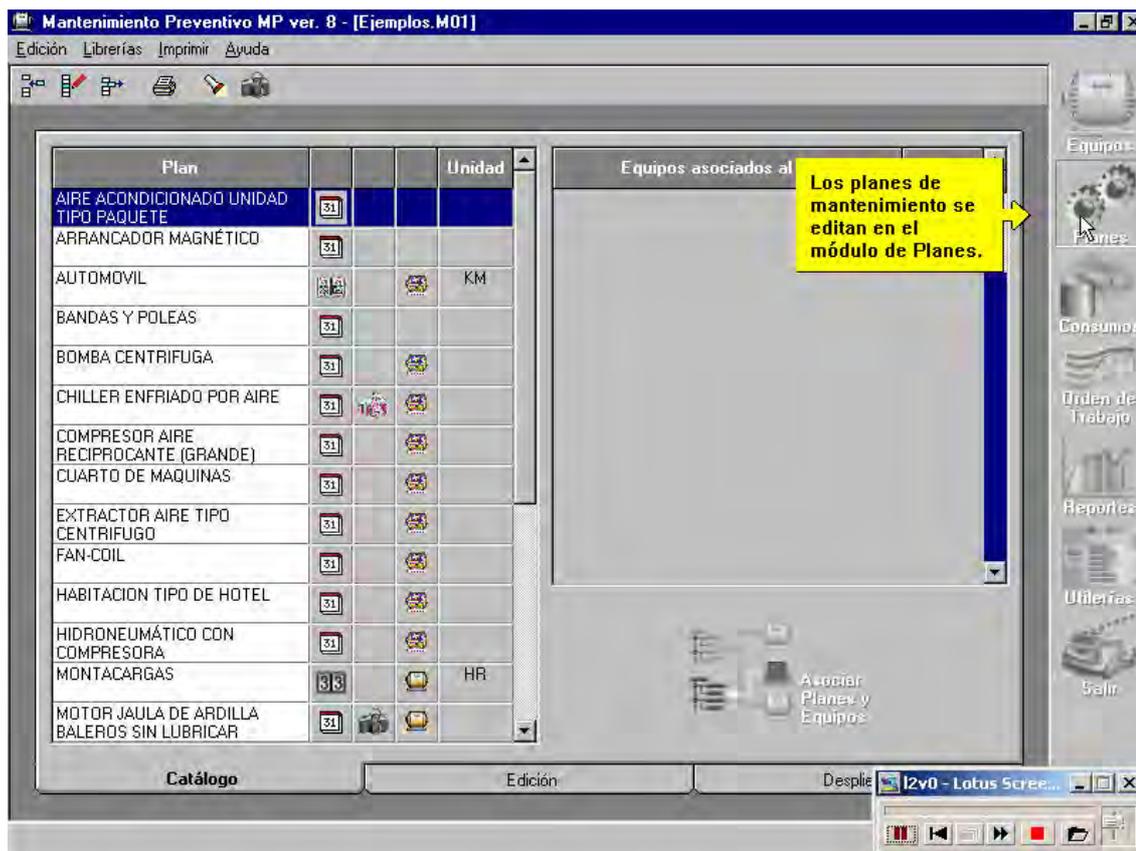


FIGURA 6.4 “PLANES DE MANTENIMIENTO”

Un plan de mantenimiento es el conjunto de actividades de mantenimiento preventivo que deben realizarse a un equipo, generalmente consiste en acciones enfocadas a prevenir fallas y se realizan en forma cíclica y repetitiva con una frecuencia determinada.

Los componentes de un plan son:

- El nombre que lo identifica.
- El régimen que determina si el control se llevará por fechas o lecturas. Cuando se controla por lecturas, el parámetro para determinar la necesidad de realizar un mantenimiento dependerá de la lectura que marque un reloj u odómetro instalado en el equipo (km, hr de uso, volumen de fabricación, etc.). Cuando un plan se controla por fechas, los mantenimientos deberán realizarse en función del tiempo transcurrido desde el último mantenimiento.
- Las partes y subpartes del equipo. Desglosar las partes del equipo por niveles. El primer nivel invariablemente corresponde al equipo completo

como tal. Un segundo nivel presenta las partes principales del equipo. Un tercer nivel se pueden definir las partes de cada parte principal, y así sucesivamente los siguientes niveles.

- Las actividades de mantenimiento que se le hacen a cada parte y subparte. En las actividades se describen las acciones a tomar para cada una de las partes.
- La frecuencia con que deben realizarse. Puede ser día, semana, mes o año, pudiéndose señalar los días que se estima el equipo esté parado para realizar su mantenimiento.
- La especialidad de quien realiza la actividad. Se refiere a la especialidad de las órdenes de trabajo por ejemplo, plomaría, albañilería, eléctrico, mecánico, etc.
- La prioridad de la actividad. Esta puede ser Alta, Media o Baja según la importancia de la actividad

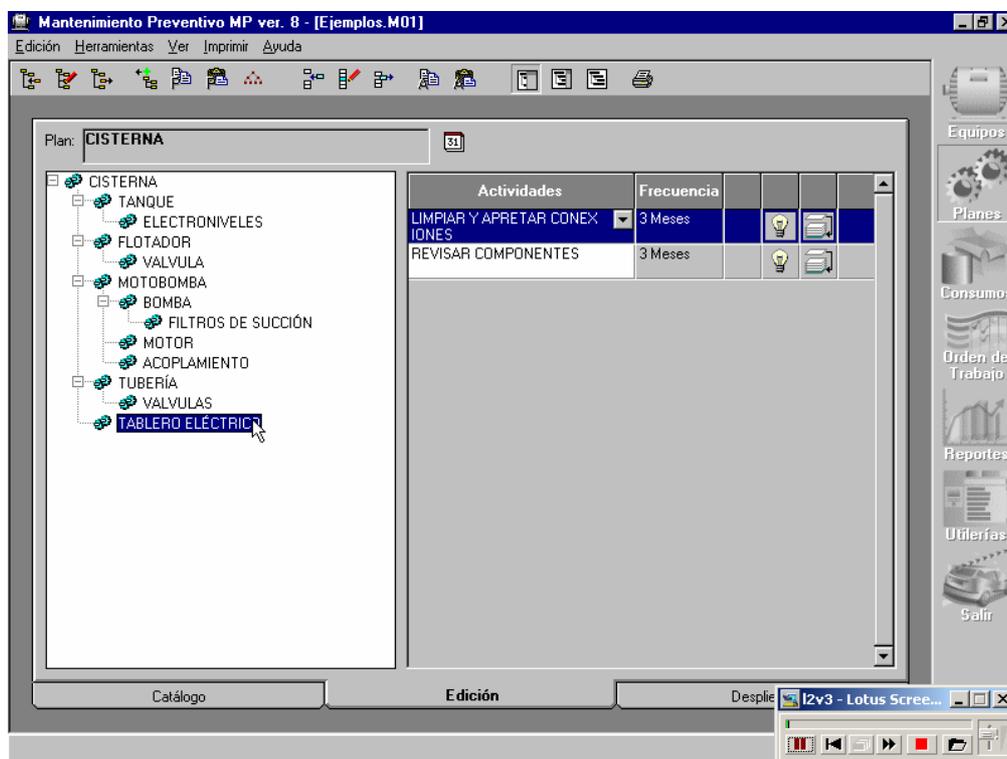


FIGURA 6.5 “DESGLOSE DE PARTES DE UN EQUIPO”

3. LIBRERÍAS

Una librería es un archivo que contiene una serie de planes de mantenimiento prefabricados de diversos equipos.

El MP incluye librerías con planes prefabricados de:

- Aires acondicionados
- Sistemas hidráulicos
- Vehículos
- Calderas
- Equipo y sistemas eléctricos
- Motores eléctricos
- Motores diesel
- Compresores
- Bombas
- Motobombas, etc.

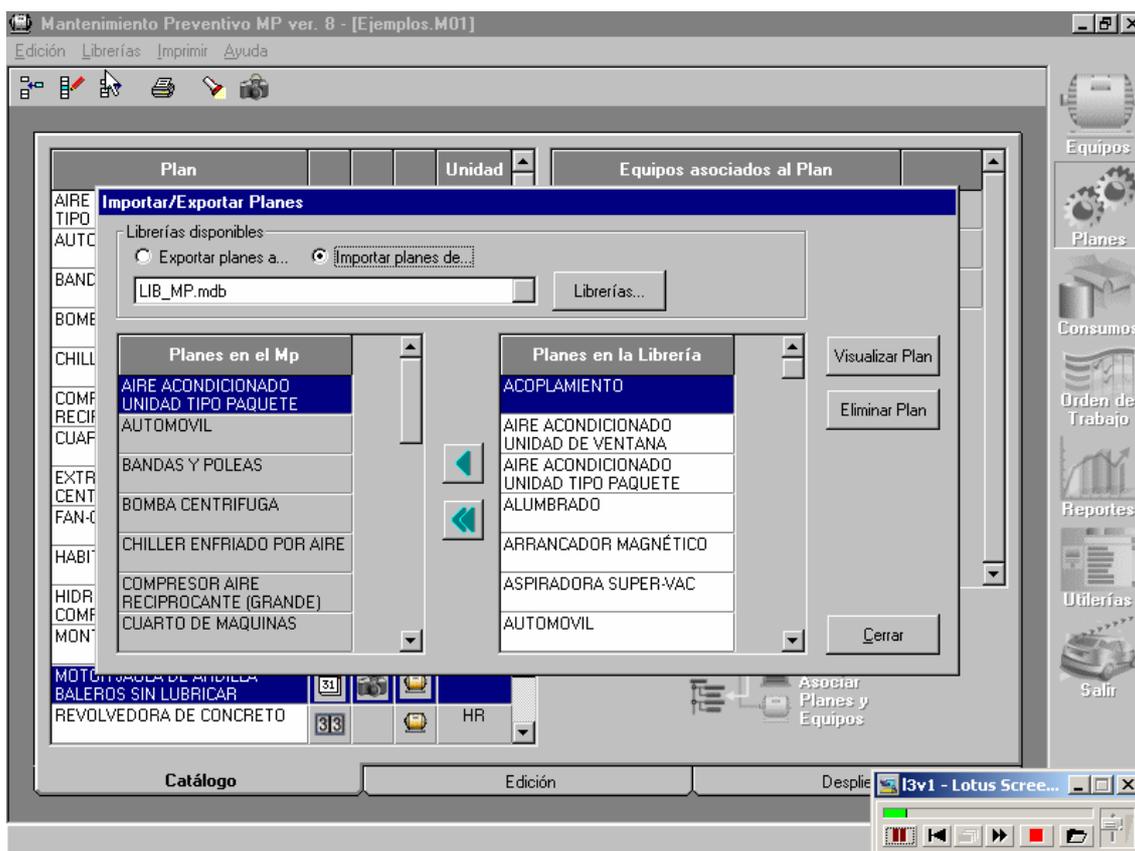


FIGURA 6.6 “LIBRERÍAS”

4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

a. Programar mantenimientos iniciales

Cada vez que se incorpora nuevos equipos al programa de mantenimiento preventivo conviene indicar las fechas de los últimos mantenimientos o la fecha de los próximos.

Estas fechas o lecturas constituyen las fechas o lecturas de arranque.

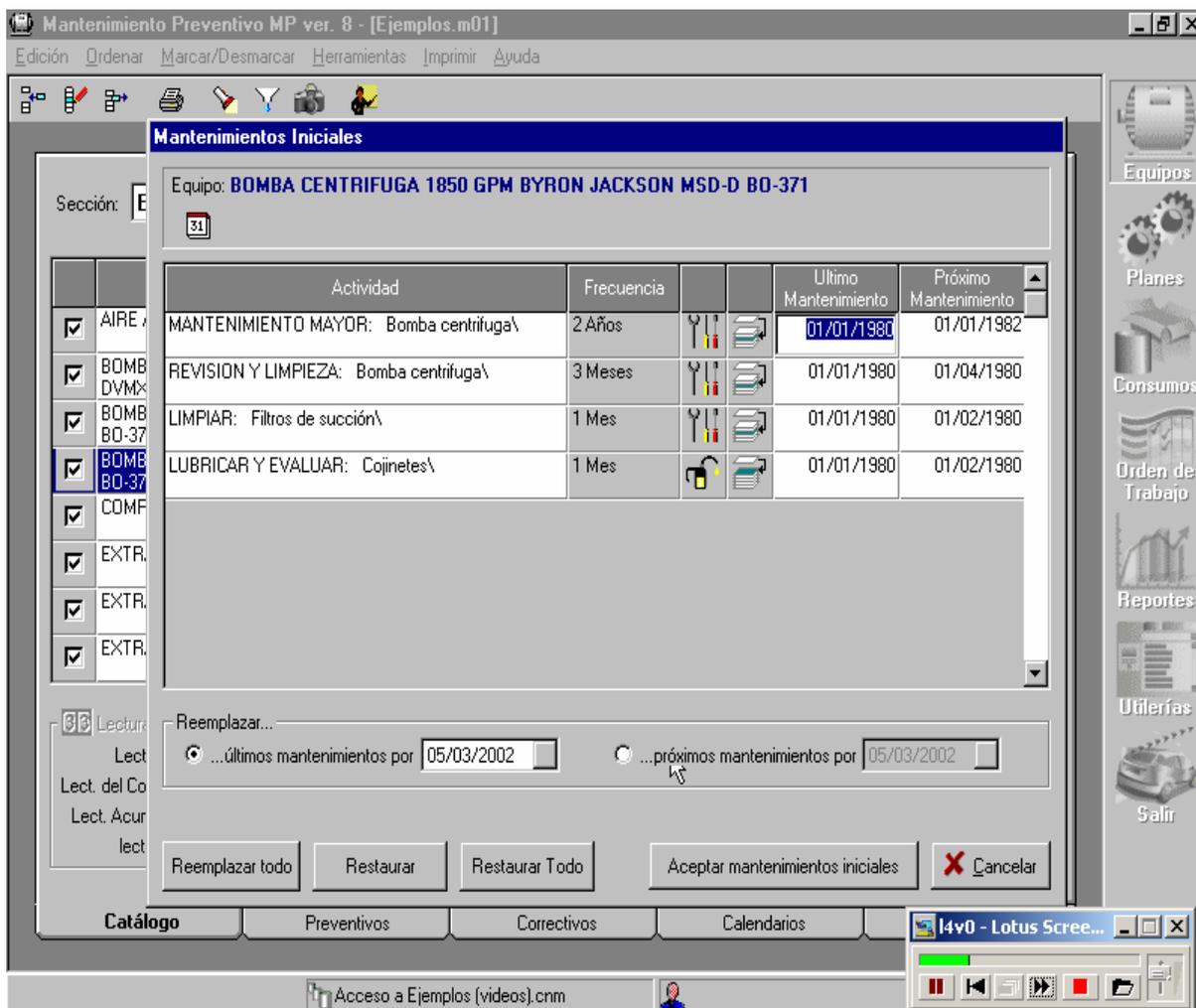


FIGURA 6.7 “PROGRMACIÓN MANTENIMIENTO PREVENTIVO”

b. Consultar próximos mantenimientos

El MP permite consultar la fecha próxima cuando debe realizarse una actividad.

Conforme se realizan los trabajos, el usuario deberá reportar al MP la fecha o lectura correspondiente al día cuando se realizaron por última

vez. De esta forma el MP calculará la fecha o lectura próxima cuando deban volver a realizarse.

c. Calendario de mantenimiento por equipo

El MP está en condiciones de elaborar el calendario de mantenimiento preventivo de los equipos, en el calendario el MP muestra las fechas cuando debe realizarse alguna actividad de mantenimiento al equipo, indicando a demás cuando se requiere paro del equipo.

Conforme se van realizando los trabajos y las fechas se van desplazando por atrasos o adelantos, los calendarios se actualizan automáticamente.

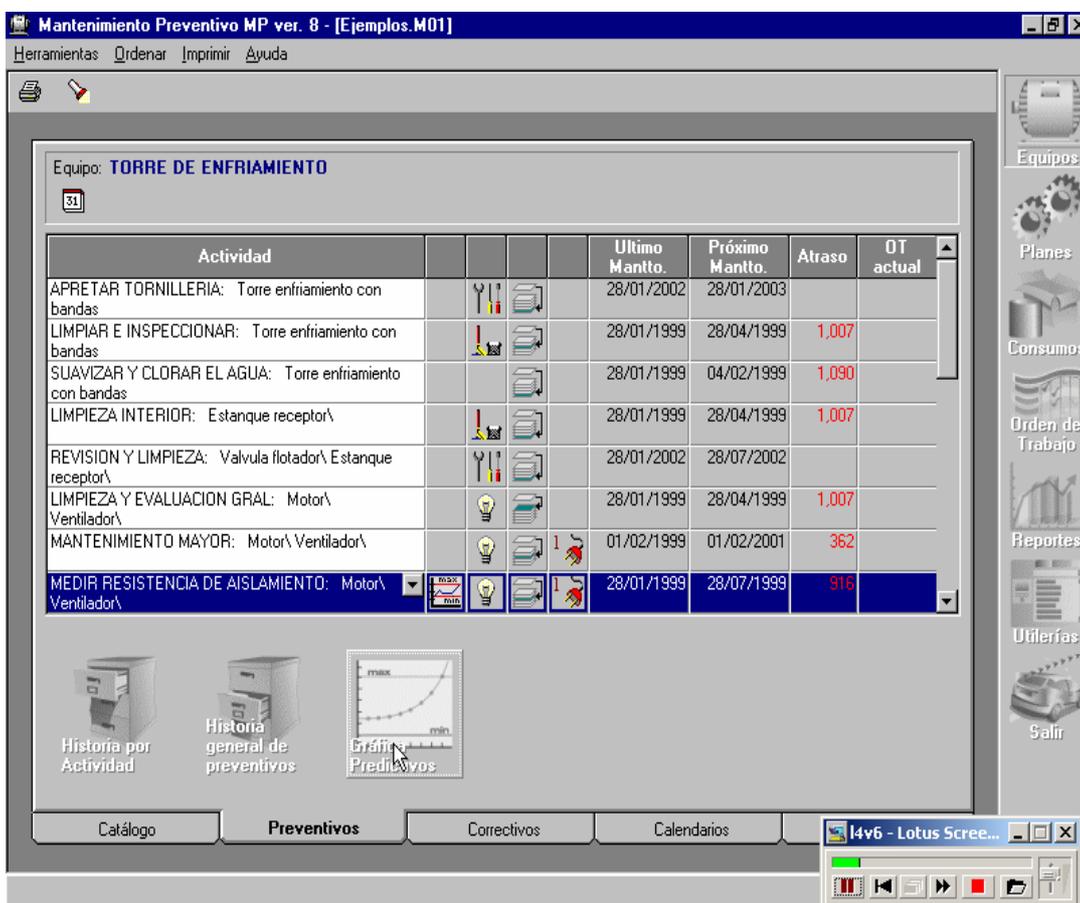


FIGURA 6.8 “MANTENIMIENTO POR EQUIPO”

d. Calendario condensado

En este reporte el MP presenta una lista de los equipos relacionada con un calendario donde se marcan las fechas cuando debe atenderse cada uno de ellos.

En forma opcional el usuario puede filtrar para que se presenten exclusivamente los equipos que tengan alguna actividad o realizarlas en el mes que se visualiza.

e. Gráficas de tendencia

Existen actividades de mantenimiento que consisten en la toma de una medición en forma rutinaria. Al graficar los valores resultado de varias mediciones, el MP permite visualizar una tendencia y en su caso predecir una fecha para tomar acciones correctivas.

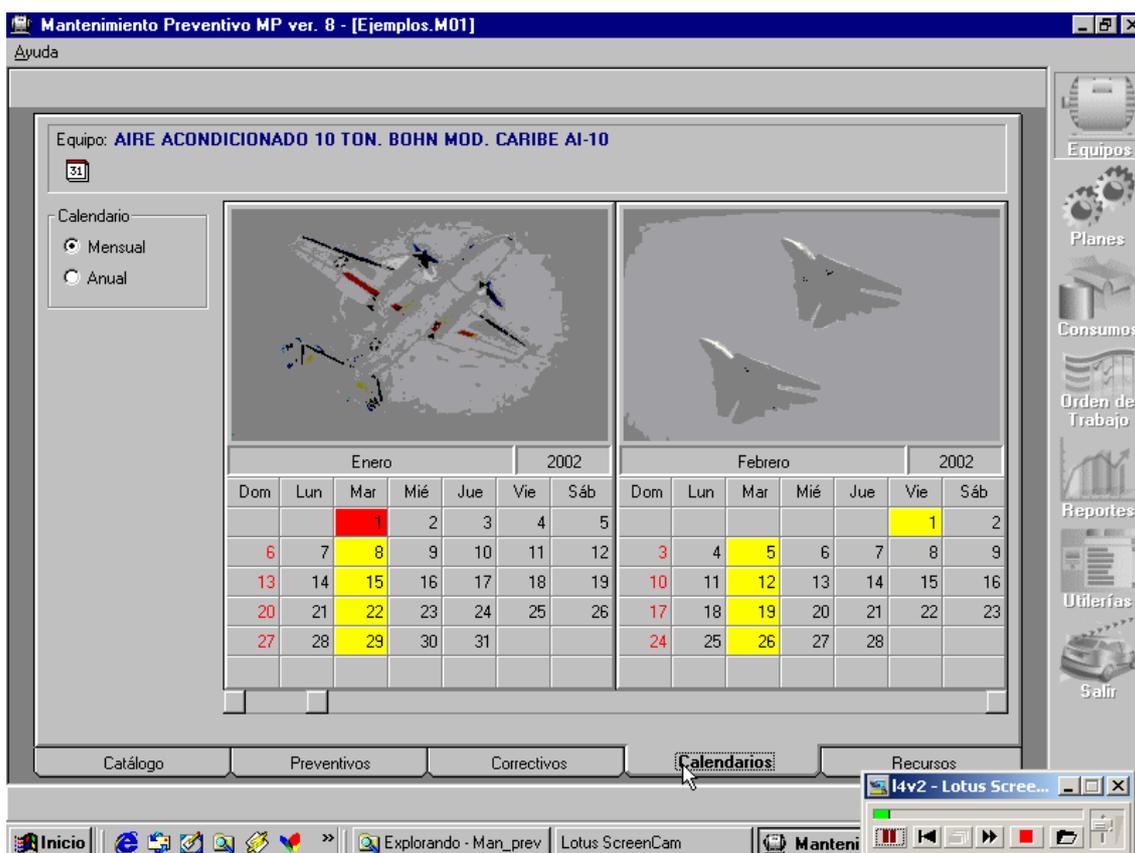


FIGURA 6.9 "CALENDARIO CONDENSADO"

5. ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

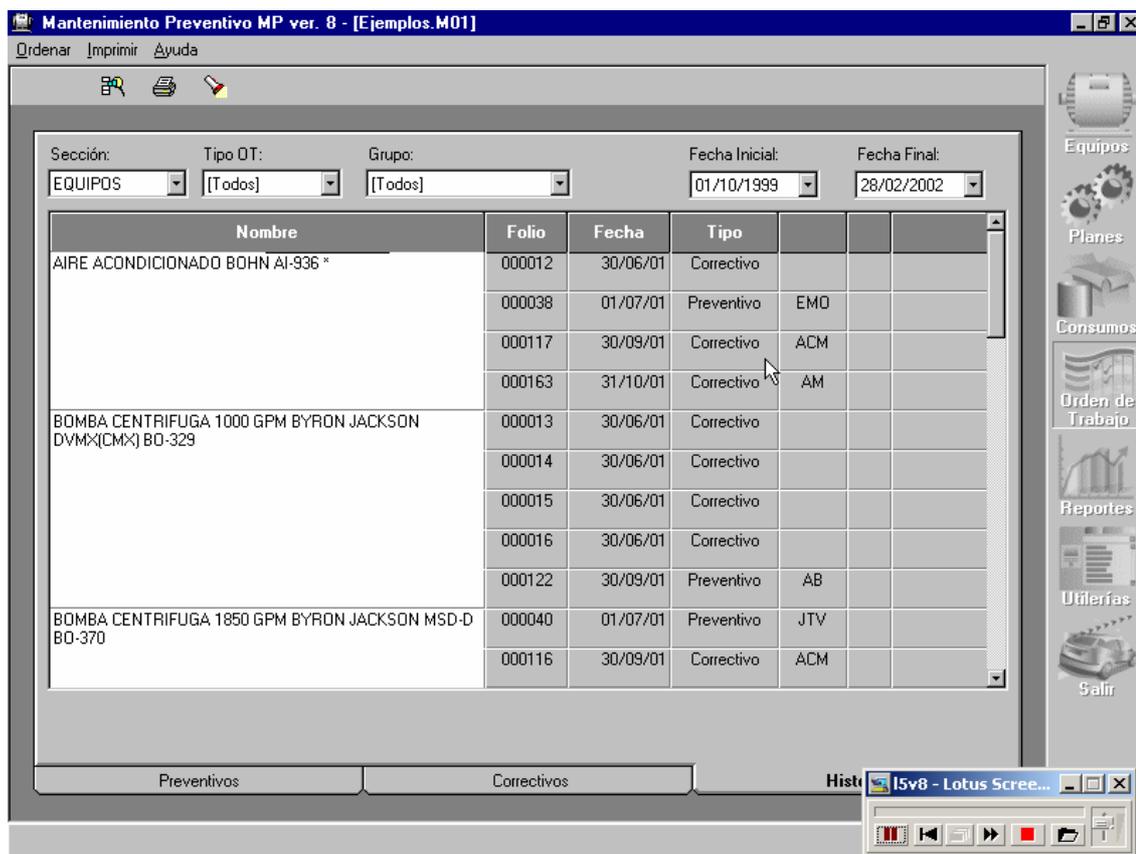


FIGURA 6.10” ÓRDENES DE TRABAJO MANTENIMIENTO PREVENTIVO”

a. Periodo de las OTs

El periodo es un parámetro que determina el usuario y permite condensar en una misma orden de trabajo las actividades por realizar en un día, una semana, una quincena o un mes.

Entre más grande sea el periodo que se elija, menor será la frecuencia y la cantidad de órdenes de trabajo que deban emitirse, simplificando la administración del mantenimiento.

b. Equipos por atender

Al entrar al módulo “orden de trabajo”, el MP presenta una lista con todos aquellos equipos que tienen una o varias actividades de mantenimiento preventivo que deban realizarse en el periodo

Para generar la orden de trabajo de alguno de los equipos de la lista, el usuario deberá seleccionar el equipo y generar su orden de trabajo.

En equipos controlados por el régimen de lecturas es necesario que el usuario haya actualizado las lecturas correspondientes al inicio del periodo.

c. Pasos para elaborar una orden de trabajo

- i. Generar y foliar la orden de trabajo. Cada vez que se genera una orden de trabajo, el MP asigna un número de folio consecutivo a la orden que permite controlar y dar seguimiento de cada orden de trabajo, evitando la posibilidad de duplicar trabajos.
- ii. Imprimir la orden de trabajo Una vez generada la orden podrá imprimirse para entregarla al técnico correspondiente encargado de realizar los trabajos. El documento impreso servirá como guía durante todo el periodo para conocer los trabajos que debe ir realizando. El M lleva control sobre cada orden de trabajo, señalando las que ya fueron impresas.
- iii. Actualizar trabajos realizados. Para poder cerrar una orden de trabajo, es necesario que el usuario indique al MP los trabajos que realizó físicamente. Todas las órdenes de trabajo que el usuario haya marcado como listas para cerrar se cerrarán automáticamente cuando finalice el periodo.

d. Separar órdenes de trabajo por especialidad

El usuario puede determinar la especialidad del personal técnico que deba realizar cada una de las actividades. El MP separa las órdenes de trabajo por especialidad.

e. Filtro y asignación de un responsable

El MP permite filtrar la lista de equipos por atender, ya sea por prioridad de los equipos, grupo y/o especialidad de quien realiza los diferentes trabajos.

Una vez generadas las órdenes de trabajo, se puede asignar a una persona responsable de cada orden de trabajo.

f. Historial de órdenes de trabajo

En el momento en que se cierra una orden de trabajo, esta pasa a formar parte del historial de órdenes de trabajo donde el usuario podrá consultar todas las órdenes de trabajo cerradas generadas en periodos anteriores.

g. Historial de preventivos

El historial contiene las fechas o lecturas correspondientes a las diferentes ocasiones en que se realizó determinada actividad de mantenimiento preventivo a un equipo.

6. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

a. Reportar una falla

Una falla se puede reportar desde el MP, o desde un programa dependiente que se instala en diferentes computadoras conectadas a la red, a manera que cualquier persona pueda reportar una falla aún sin necesidad de entrar al MP.

b. Activar / Desactivar programa aviso de fallas

Cuando alguien reporta una falla, aparece un mensaje de aviso en la pantalla de la computadora de las personas encargadas de administrar los trabajos de mantenimiento. El mensaje de aviso de fallas se presentará únicamente en las computadoras donde esté activo el programa de aviso de fallas.

Para recibir un mensaje de aviso de fallas, no es necesario que se esté ejecutando en ese momento el MP.

c. Ver reporte de fallas

Desde el programa de aviso de fallas, el usuario puede consultar el reporte de las fallas más recientes. Si la falla es urgente deberá entrar al MP para generar la orden de trabajo correspondiente.

Independientemente del reporte de fallas que presenta el programa, todas las fallas quedan registradas además en el MP.

d. Catálogo de tipos de falla

En el módulo de utilerías, el usuario puede formar su catálogo de tipos de fallas. De esta forma será posible graficar y obtener una relación de las fallas más frecuentes.

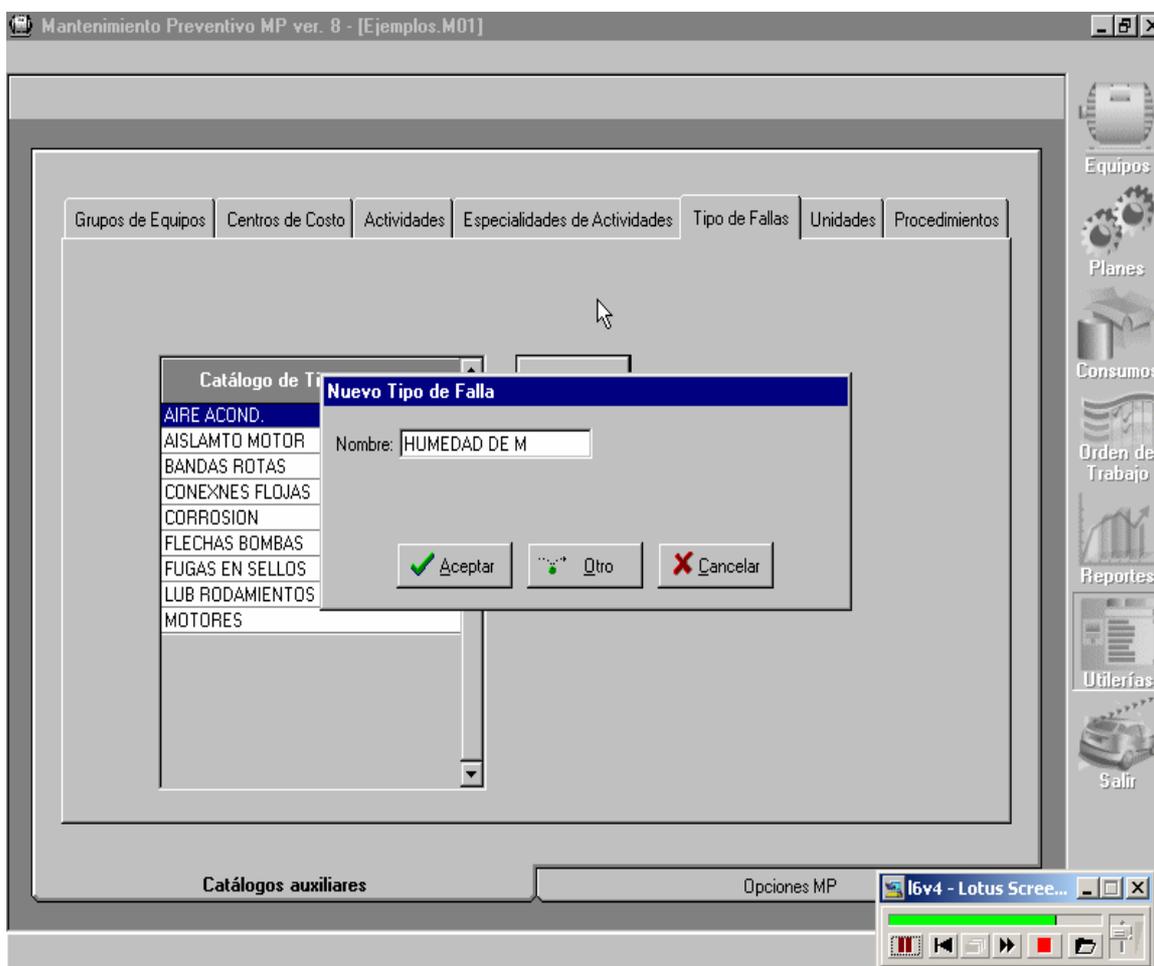


FIGURA 6.11 “REGISTRO DE FALLAS”

7. ORDENES DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

a. Equipos por atender

En el módulo orden de trabajo, el MP presenta la lista con todos aquellos equipos que tienen una o varias actividades de mantenimiento correctivo que deban atenderse.

En la lista se muestra el equipo y la descripción de la falla, indicando entre otros la fecha del reporte.

b. Los pasos para elaborar las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo así como los historiales, son iguales que los descritos para el mantenimiento preventivo.

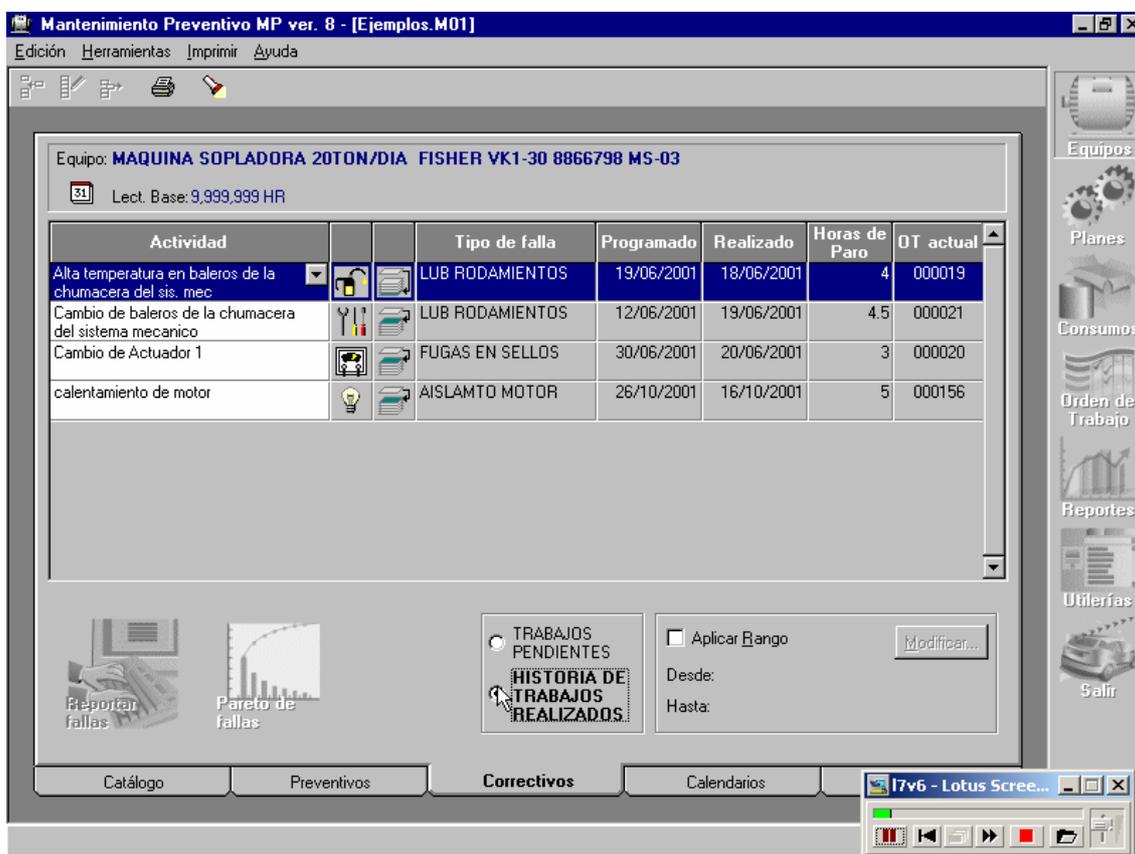


FIGURA 6.12 “EQUIPOS POR ATENDER”

8. ASIGNACION DE RECURSOS

a. ¿Qué es la asignación de recursos?

La asignación de recursos consiste en establecer para cada una de las actividades del equipo los recursos materiales, mano de obra, servicios externos y herramientas requeridas para realizarlas.

La asignación de recursos permite:

- elaborar presupuestos
- generar vales de salida del material en forma automática
- documentar los recursos requeridos para realizar una actividad
- calcular el abastecimiento en función de los mantenimientos programados para obtener las refacciones que deban abastecerse al almacén justo a tiempo, reduciendo así los niveles de existencias en el inventario.

b. Catálogo de materiales y refacciones

El MP incluye un programa de inventarios que permite controlar en forma eficiente existencias de materiales y refacciones, movimientos de entradas y salidas, kardex, valuación del inventario, calcular el abastecimiento, proveedores, compras, etc.

Desde el MP, el usuario podrá consultar existencias y costos de los diferentes materiales y refacciones, generar en forma automática los vales de salida del material y determinar las refacciones necesarias para realizar las diferentes actividades.

c. Catálogo de la mano de obra

En el MP, el usuario captura el catálogo de la mano de obra en donde establece las diferentes categorías (mecánico, electricista, lubricador, etc.) y para cada categoría registra los nombres de las personas especializadas en dichas categorías.

d. Catálogo de servicios externos

Servicios externos se refiere a aquellos trabajos de mantenimiento que se contratan por fuera. El usuario podrá asignar las actividades de mantenimiento servicios externos que deban contratarse cada vez que deba realizarse la actividad.

e. Catálogo de herramientas

En el MP, el usuario podrá formar un catálogo de herramientas con la finalidad de poder asignar herramientas a las actividades de mantenimiento y dejar documentadas las herramientas necesarias para realizar las actividades. Permite controlar existencias, movimientos de entradas y salidas, movimientos de resguardo, información cruzada sobre quien tiene una herramienta determinada, números de serie de la herramienta, historiales, etc.

f. Asignar recursos a las actividades de un equipo

Para cada una de las actividades de mantenimiento preventivo que deban realizarse a un equipo, el usuario determina las refacciones, mano de obra, servicios y herramientas necesarios para llevar a cabo la actividad.

g. Copinado recursos de un equipo a otro

Dos equipos similares pueden utilizar el mismo plan de mantenimiento pero las refacciones que utilizan pueden ser diferentes y particulares en cada caso. El MP ofrece una herramienta que permite copiar los recursos de un equipo a otro. Una vez copiados el usuario podrá adecuar manualmente los recursos particulares de cada equipo.

9. CONSUMO DE RECURSOS

a. Generar vales de almacén

Una vez generada la orden de trabajo, desde el MP se pueden generar los vales de refacciones, bastará con marcar las actividades de una orden de trabajo que se pretendan realizar y el MP generará en forma automática la lista de refacciones requeridas para revisar dichos trabajos. El MP revisa además al momento de generar el vale de salida, la existencia de las refacciones en el almacén, y en caso de no haber existencias lo reportará al usuario.

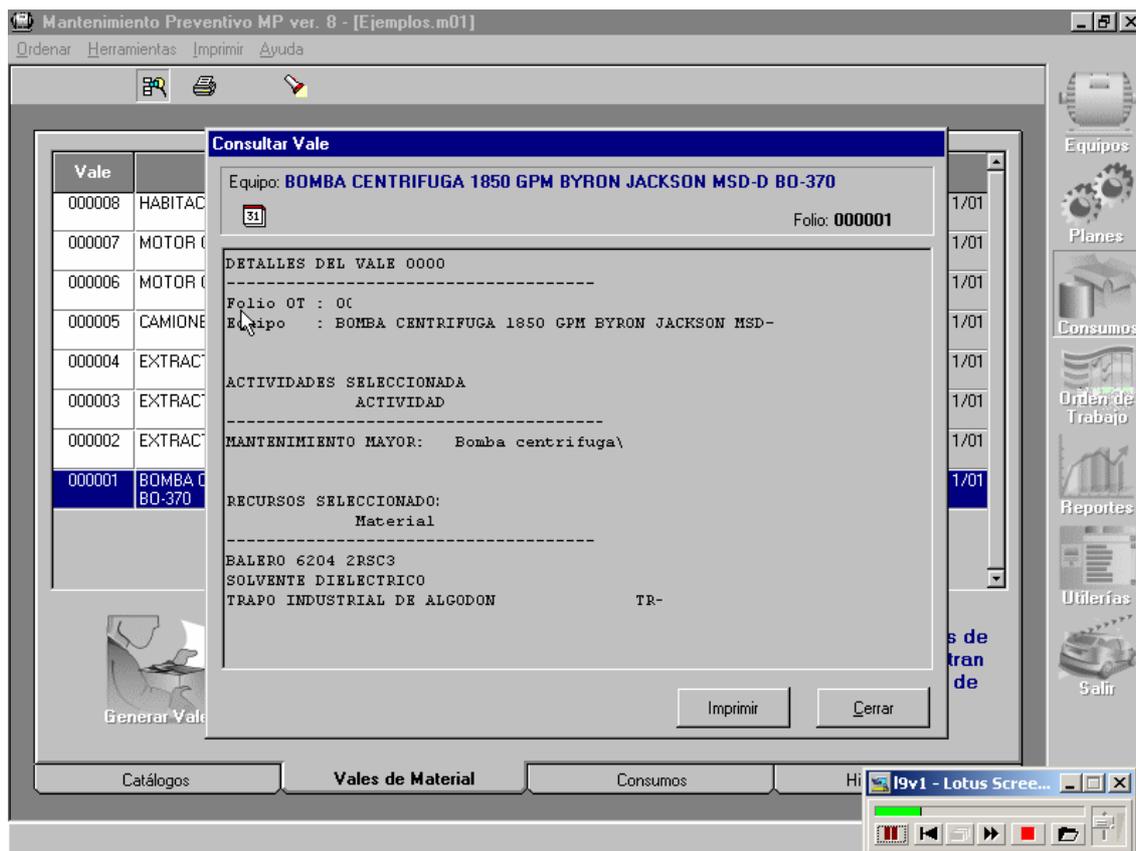


FIGURA 6.13 ASIGNACIÓN DE RECURSOS

b. Consumo de materiales y refacciones

El registro de materiales y refacciones tiene como objeto registrar las refacciones empleadas en cada uno de los equipos para consulta y análisis de costos.

La forma más sencilla y transparente de registrar los consumos de refacciones, es haciéndolo en forma automática al momento que el almacenista genera el documento de salida en el inventario de refacciones.

c. Consumo de mano de obra

El consumo de mano de obra permite dejar precedente sobre las personas que realizaron los trabajos contenidos en una orden de trabajo determinada. Además el registro del consumo de mano de obra permite formar el historial de consumos de un equipo y presentar costos de mantenimiento de los diferentes equipos.

d. Consumo de servicios externos

Al igual que las refacciones y mano de obra, el usuario puede registrar los servicios externos contratados para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento.

e. Historial de consumos

Cada vez que el usuario registra el consumo de un recurso que haya sido utilizado en una reparación o rutina de mantenimiento, este se almacena en el historial de consumos. En una gráfica de pastel el MP representa los costos de materiales, mano de obra y servicios, así como los costos por mantenimiento preventivo y correctivo.

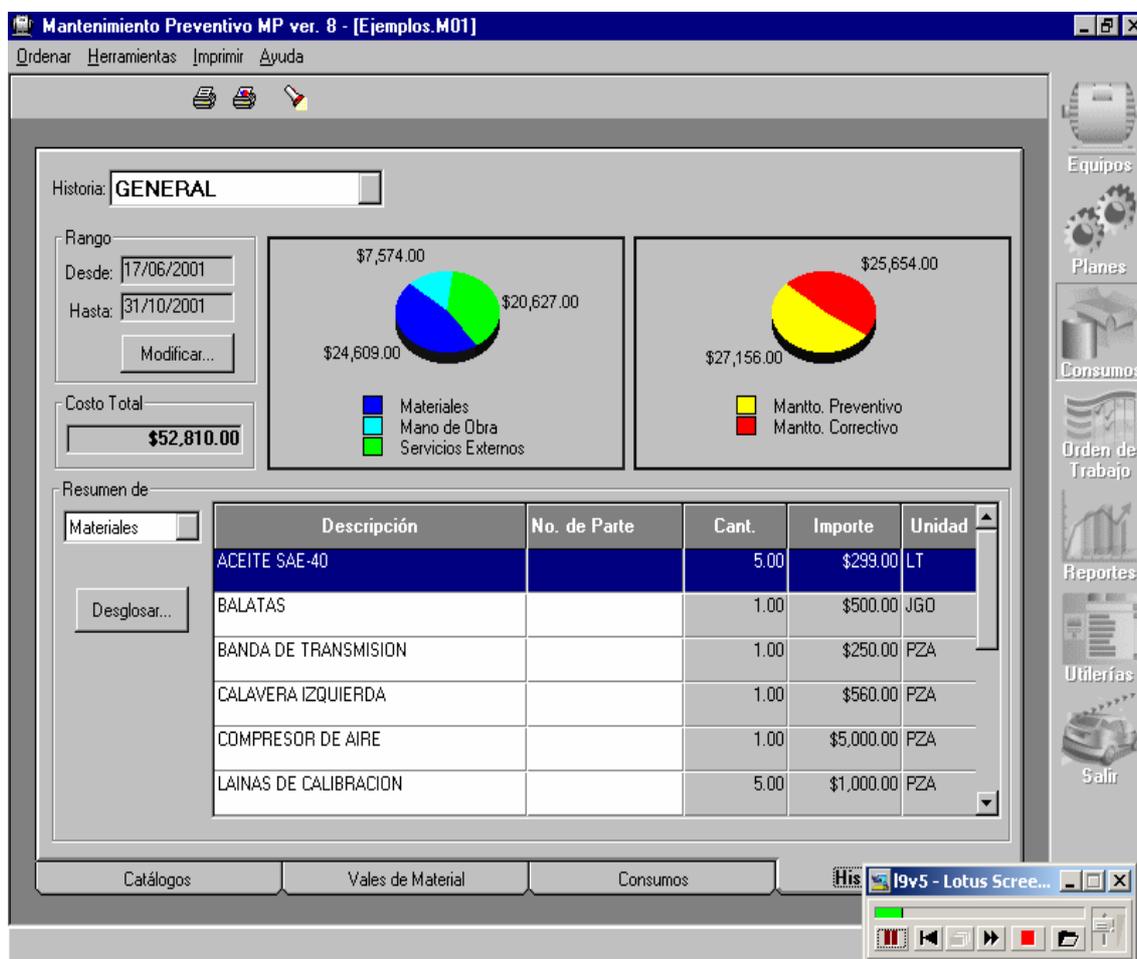


FIGURA 6.14 “HISTORIAL DE CONSUMO”

10. REPORTES Y GRÁFICAS

a. Gráficas

El MP permite graficar los siguientes conceptos:

- Cantidad de actividades preventivas realizadas
- Cantidad de actividades correctivas realizadas
- Cantidad total de actividades realizadas
- Número de paros
- Horas de paro
- Costo de materiales
- Costo de mano de obra
- Costo de servicios externos
- Costo total de mantenimiento preventivo
- Costo total de mantenimiento correctivo
- Costo total

b. Selección de equipos, grupos y centros de costo

El MP permite obtener la información de las gráficas por equipo, grupo o centro de costo.

c. Exportación de datos

Los datos que pueden ser representados en las gráficas del MP, también pueden ser exportados a diferentes formatos de archivo.

d. Flujo de recursos

El MP puede calcular un flujo de recursos indicando el presupuesto para los próximos 12 meses. En este presupuesto el MP calcula el costo y la cantidad por utilizar por cada recurso, así como los totales de materiales, mano de obra y servicios.

e. Comparativos

La gráfica de comparativos permite obtener información de diferentes conceptos ordenada por equipos, grupos o centros de costo.

f. Historia gráfica

El MP permite visualizar en forma gráfica la historia de los mantenimientos preventivos y correctivos que se hayan efectuado a un equipo en un lapso.

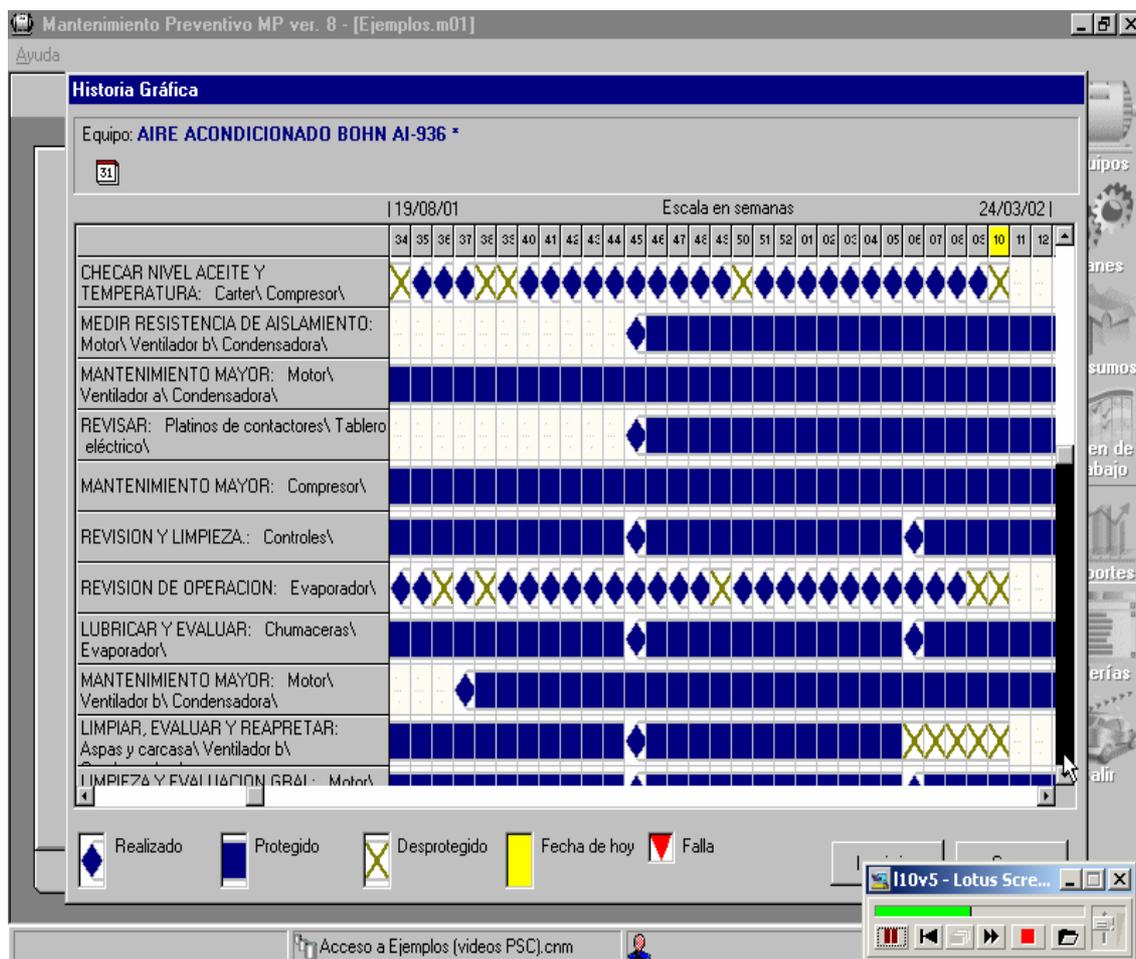


FIGURA 6.15 “HISTORIA GRÁFICA”

De la descripción anterior, el MP es una herramienta de gran utilidad, pues permite organizar, controlar y facilitar el análisis del mantenimiento y recursos generales de la empresa, además Mp presenta la gran ventaja de que no necesita de personal especializado para su uso, razones por las cuales exhortamos a la empresa a que implante cuanto antes este software.

CONCLUSIONES

1. El principal problema de la empresa en estudio fue la falta de medición, sistemas de control y de registros históricos que facilitaran el análisis de la información.
2. Los Manuales y descripción de la maquinaria crítica, fue uno de los grandes aportes a la empresa al no contar con ellos, el mantenimiento realizado en la empresa es de manera empírica.
3. Este trabajo representa la guía para implantar el Sistema de Administración del Mantenimiento acorde a las condiciones actuales de la empresa, por lo que recomendamos hacer el vaciado de la información en el software MP para facilitar su manejo y organización.
4. El mantenimiento ha dejado de ser una actividad aislada, hoy tiene importancia estratégica por su aporte a la competitividad, como resultado de un enfoque global e integrado que permite la optimización a la luz de los objetivos de la empresa
5. El mantenimiento de los bienes físicos de la empresa, representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará mejoras en la producción, ahorros energéticos y ambientes sanos de trabajo.
6. Resulta absurdo implantar programas de mantenimiento que involucren cambios culturales en los empleados, si se carece del apoyo y compromiso de la dirección de la empresa.
7. El mantenimiento aumenta la confiabilidad de las empresas al cumplir con normas de seguridad y ambientales, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los bienes, pudiendo ser prevenidos.

8. Al involucrar a todos los trabajadores de la empresa en el Mantenimiento Autónomo, se logra que sea aceptado no como una tarea extra sino como una filosofía de mejora a nivel personal, profesional y organizacional.
9. La implantación de un software para la Administración del Mantenimiento, reduce el papeleo al organizar de manera electrónica un gran conjunto de datos que pueden ser utilizados en el momento deseado. Sin embargo recalcamos que el software solo es una herramienta poderosa para quien conoce los objetivos del mantenimiento, ya que el programa necesita de mentes hábiles para ingresar datos y sobre todo interpretar los resultados arrojados.
10. Si las áreas de mantenimiento y operación, actúan oportunamente para restablecer las condiciones normales de operación de las máquinas y equipos se obtienen mejores resultados que dejando solo al departamento de mantenimiento por miedo a que este interfiera en la producción.
11. Se busca cada vez más reducir las tareas de mantenimiento correctivo al contar con el involucramiento del personal asociado a los bienes para generar más reportes con recomendaciones, precisos que reflejen la completa condición de cada una de las máquinas o equipos de la planta operativa.
12. La empresa requiere de técnicos que no realicen las tareas de forma mecánica, sino que ayuden a evaluar y seleccionar recursos y técnicas adecuadas, para diagnosticar, resolver y evitar problemas relacionados con los recursos de la empresa.
13. En cuanto a equipos se refiere, un primer paso para planear programas de prevención de fallas consiste en conocer los manuales del equipo, donde el fabricante hace las recomendaciones básicas para conservar el equipo en condiciones saludables de operación.

14. Son normales las variaciones en los procesos, parámetros de los equipos, desempeño de los operadores, etc. Sin embargo en la medida en que las variaciones se controlen y minimicen se obtendrán mejoras que se engloban en la palabra CALIDAD.

15. Después de desarrollar este trabajo, coincidimos con el Ingeniero Ávila en que le Mantenimiento es un **R**_{eal}**E**_{fectivo}**T**_{otal}**O**_{portuno} para cualquier empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- **Conceptos Básicos del Mantenimiento**, Jesús Ávila Espinosa
México 2001, Ed. SOMMAC, 15 ed.
- **Administración del Mantenimiento**, Jesús Ávila Espinosa
México 2002, Ed. SOMMAC, 14 ed.
- **Mantenimiento Rutinario**, Jesús Ávila Espinosa
México 2000, Ed. SOMMAC, 10 ed.
- **Fundamentos del Mantenimiento**, Rubén Ávila Espinosa
México 1987, Ed. Limusa
- **La Productividad en el Mantenimiento Industrial**, Dounce Villanueva
Enrique
México 1998, Ed. Continental, 2 ed.
- **Sistemas de Mantenimiento planeación y control**, Duffuaa Raouf Dixon
México 2002, Ed. LIMUSA.
- **Mantenimiento Industrial**, Baldomero Pérez Gabriel
México 2000, Ed. UNAM.
- **Manual de Mantenimiento Industrial**, Morrow L.C
1982, Ed. Continental
- **Gestión del Mantenimiento**, De Bona José Ma.
Ed. Fundación Confemetal
- **Biblioteca de mantenimiento en ingeniería**, Thompson James
Publicaciones Legsa.
- **Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción**, Cuatrecas Lluís,
Ed. Gestión 2000

- **Administración de empresas**, Ponce Reyes Agustín
Ed. Limusa
- **Manual del mantenimiento Industrial**, varios autores
Editorial Mc.Graw Hill
- **Programa de desarrollo del TPM**, Nakajima Selichi

PUBLICACIONES

- **Con Mantenimiento Productivo**
Números 18 y 20
- **Expansión**
Artículo: Mantenimiento en la planta, Una tarea de integración
David Luna Arellano

SITIOS DE INTERNET

www.manufacturaweb.com

www.mpsoftware.com.mx

www.plasticafa.com.mx