

308917
2
24/10



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CONTROL TOTAL DE MANTENIMIENTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL.

P R E S E N T A
EDMUNDO MARTIN ARECHIGA RAMIREZ

MEXICO, D.F.

1987.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



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 está 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.

INDICE

	<u>Pag.</u>
Introducción	1
Capítulo 1 Sistema de Control Total de Mantenimiento	3
Capítulo 2 Mantenimiento Preventivo	7
2.1 Definiciones	7
2.2 Objetivo	7
2.3 Costo de un Programa de Mantenimiento . Preventivo	9
2.4 Responsabilidad del Mantenimiento Preventivo	13
2.5 Técnica de Mantenimiento Preventivo	17
2.6 Diseño del Ciclo de Mantenimiento Preventivo	19
2.6.1 Actividades Preliminares	19
2.6.2 Actividades de Mantenimiento Preventivo	40
2.6.2.1 Diagnóstico de Actividades	47
2.6.2.2 Determinación de Frecuencia	51
2.6.2.3 Medición del Trabajo	61
2.6.3 Programación de Mantenimiento Preventivo	75
2.6.4 Programación por Computadora	86
2.7 Medición y Apreciación del Mantenimiento Preventivo	99
2.8 Diagrama del Ciclo	104

		<u>Pag.</u>	
Capítulo	3	Mantenimiento Correctivo	107
	3.1	Definición	107
	3.2	Objetivo	107
Capítulo	4	Mantenimiento Planeado	113
	4.1	Definición	113
	4.2	Objetivo	113
Capítulo	5	Control de Inventarios	116
	5.1	Indices de Falla y Control de Inventarios	116
	5.2	Probabilidad de Falla	117
	5.3	Requerimientos de Partes y Refacciones	118
	5.4	Niveles Optimos de Inventario	120
	5.5	Otros Aspectos	124
	5.6	Estandarización de Partes y Materiales	128
	5.7	Control de Refacciones por Computadora	130
	5.8	Almacén de Refacciones	132
Capítulo	6	Sistema de Medición	137
	6.1	Objetivos	137
	6.2	Método	137

		<u>Pag.</u>
Capítulo 7	Implementación	147
7.1	Equipo de Proceso en la Industria Farmacéutica	147
7.2	Mantenimiento Preventivo	154
7.3	Mantenimiento Correctivo	158
7.4	Mantenimiento Planeado	158
7.5	Inventarios de Refacciones y Partes	159
7.6	Sistemas de Medición	159
7.7	Otros	161
7.8	Formatos y Gráficas	162
Conclusiones		181
Bibliografía		183

INTRODUCCION

Durante los últimos años los costos de mantenimiento han estado creciendo constantemente en todo tipo de industria, los problemas de mantenimiento se han vuelto más complejos por la creciente mecanización y automatización de plantas manufactureras. Todo ésto resultante de una inversión acelerada, sin precedente, de fondos capitales en facilidades de manufactura cada vez más grandes, automatizadas y complicadas.

El mantenimiento industrial se ha visto incrementado debido a la tendencia de todas las industrias de aprovechar al máximo las facilidades de manufactura que cada planta ofrece. El incremento en porcentaje de utilización de equipos, aumentando turnos y días laborables, provocan la aparición de problemas de mantenimiento por disponibilidad de equipo, semejantes a los de industrias de proceso continuo. Es así que en base a las condiciones actuales de operación de las plantas manufactureras los equipos de manufactura se trabajan más, los procesos de manufactura se desarrollan con menos pero más grandes y complicados equipos, los requisitos de control de calidad son más exigentes, el tiempo disponible para dar servicio a equipos se ha reducido, no se permiten grandes tiempos de paro de equipos, no se dispone de recursos económicos para asignar excesivos trabajos de mantenimiento a tiempo extra o solventar un alto inventario de refacciones y partes o mantener equipos de repuesto, por lo que se detecta la necesidad de una mejor administración de los trabajos y actividades de mantenimiento.

La administración de mantenimiento necesita contar con medios claros y

precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos, registrar tiempos, materiales y costos, planear y programar actividades y evaluar los resultados obtenidos para mejorar continuamente su función.

El Sistema de Control Total de Mantenimiento pretende así, en base al control y registro de actividades o trabajos de mantenimiento realizadas en equipos previamente definidos, planear, programar y controlar todos los esfuerzos de mantenimiento para maximizar la disponibilidad de equipo, incrementando los niveles de productividad y beneficios de la industria.

1. SISTEMA DE CONTROL TOTAL DE MANTENIMIENTO

Siendo el principal objetivo de la función de mantenimiento el de maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción, parte importante es lograr ésto de la mejor manera posible.

La optimización de los recursos de mantenimiento para el logro del objetivo es función de Ingeniería de Planta o Ingeniería de Mantenimiento que, basada en una planeación adecuada de las actividades de mantenimiento encaminadas al logro del objetivo así como en un control de la ejecución de estas actividades y registro de toda actividad relacionada con equipos, permitirá optimizar los recursos de manera continua y cumplir eficientemente el objetivo de la función de mantenimiento.

El Sistema de Control Total de Mantenimiento pretende así planear las actividades de mantenimiento para maximizar la disponibilidad del equipo y principalmente como base de una retroalimentación y mejora continua del propio sistema que controle toda actividad relativa a mantenimiento, diseño e instalación de una serie de equipos previamente definidos.

Este control permitirá redefinir procedimientos, planes, programas y acciones de mantenimiento así como, en base a los registros, obtener información histórica y estadística para determinar y medir el cumplimiento de la función de mantenimiento.

El Sistema de Control Total de Mantenimiento coordina y planea actividades operativas del área de mantenimiento. La implementación del sistema

creará la necesidad de actividades administrativas, contables y organizativas cuyos lineamientos y definiciones no son parte integral del Sistema de Control Total de Mantenimiento.

El Sistema de Control Total de Mantenimiento deberá ser implementado a equipos afines o comunes para lograr así una base comparativa de resultados cuyo logro optimizará la función de mantenimiento permitiendo a largo plazo la optimización de las áreas o departamentos cuya interacción con el área de mantenimiento es esencial para el logro de sus metas.

El sistema pretende así, en base a planes y programas, establecer controles para determinar si se está cumpliendo o no con los planes y si se está avanzando hacia la realización de los objetivos, teniéndose que hacer los ajustes necesarios en el desempeño antes de que las imprecisiones perjudiquen producción y mantenimiento y otras metas y de que llegue a ser imposible evaluar la calidad de la operación de mantenimiento.

El sistema incluye, para lograr sus objetivos, actividades de mantenimiento preventivo, mantenimiento planeado y mantenimiento correctivo, así como actividades de apoyo necesarias para la correcta ejecución de estas actividades como es el control de inventario de refacciones y partes.

Siendo la principal actividad a la que se debe orientar el mantenimiento, la de mantenimiento preventivo, el sistema orienta la mayoría de sus esfuerzos a éste cuya correcta y óptima ejecución al igual que su desarrollo continuo de mejora, proporciona el mejor porcentaje de la

eficiencia y eficacia del departamento de mantenimiento en el cumplimiento y logro de sus metas y objetivos.

El Sistema de Control Total de Mantenimiento representará la totalidad de las actividades operativas del área de mantenimiento, la organización, administración y costeo derivadas de estas operaciones o actividades de mantenimiento serán evaluadas como parte del sistema en base al sistema de medición que permitirá cuantificar y evaluar el logro de los objetivos previamente definidos. La integración de actividades organizativas y administrativas con el Sistema de Control Total deberá realizarse en base a las necesidades que el Sistema de Control Total presente y no al contrario, ya que el sistema proporciona la estructura para incluir toda actividad del área de mantenimiento y realizarla de la mejor manera posible, al mínimo costo para la empresa y con el menor requerimiento de horas hombre.

La implementación de un Sistema de Control Total de Mantenimiento deberá adecuarse a las características y situación de cada empresa y a las condiciones de equipo y a la situación del área de mantenimiento.

Los requerimientos para implementar el sistema son definidos por el sistema mismo, que presenta opciones de satisfacer cada requerimiento a manera de guía para seleccionar la más adecuada y oportuna de acuerdo a las condiciones del equipo y registros y antecedentes de actividades de mantenimiento localizadas en el área de mantenimiento misma.

La implementación del sistema deberá ser inmediata y oportuna en base a los registros, situaciones y condiciones que se presenten en ese

momento. El sistema se adaptará continuamente en base a la información que el sistema registra y el análisis correcto de ésta. Seleccionada una opción en la guía del sistema ésta podrá ser reemplazada por otra al obtenerse la información y satisfacer los requerimientos que la técnica en esa opción presenten.

En un inicio el sistema se implementará en base a la selección de la opción más accesible o a la combinación de varias, posteriormente el sistema manifestará la necesidad de un cambio de opción o un complemento de ésta para, de manera continua, optimizar los recursos de mantenimiento maximizando la disponibilidad de los equipos.

En resumen, el Sistema de Control Total de Mantenimiento está integrado por actividades y trabajos relacionados con:

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Planeado
- Mantenimiento Correctivo

con apoyo de:

- Control de Inventarios de Refacciones y Partes

cuyos logros reflejados en la totalidad del Departamento de Mantenimiento serán cuantificados por:

- Sistema de Medición

2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

2.1 Definiciones:

- Es la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas.

- Actividad desarrollada en máquinas, instalaciones o edificios, con el fin de asegurar que la calidad de servicio que éstos proporcionan permanezca dentro de los límites presupuestos.

2.2 Objetivos:

El objetivo principal para poner en práctica el mantenimiento preventivo es la reducción de costos, reflejándose en distintas formas:

- a) Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas

- b) Mejor conservación y duración del equipo al no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo

- c) Menor costo por concepto de horas extras de trabajo y una utilización

más económica de los trabajadores de mantenimiento al trabajar en base a programas preestablecidos en lugar de trabajos de compostura

- d) Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina
- e) Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes aumentando así el costo de reparación
- f) Menor ocurrencia de productos rechazados, reprocesos y desperdicios como producto de una mejor condición general del equipo
- g) Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, señalándose así la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador o bien el tiempo de reemplazo del equipo
- h) Mejores condiciones de seguridad
- i) Menor necesidad de equipo de repuesto instalado
- j) Menor costo por unidad de producción
- k) Mejoramiento en la disponibilidad de los equipos
- l) Mejor control de partes de repuesto

- m) Reducción de inventarios de materiales
- n) Reducción de consumo de lubricantes
- ñ) Detección de necesidades de cambio en equipo de diseño deficiente o con operación inadecuada

Un sistema de Mantenimiento Preventivo que funcione reducirá los costos directos de mantenimiento cuando menos de un 10 a 15%, reduciendo así el impacto de costo de mantenimiento en el precio de ventas en un 6 a 7% del porcentaje representado sin mantenimiento preventivo.

2.3 Costo de un Programa de Mantenimiento Preventivo

El costo total de mantenimiento en lo referente a mantenimiento preventivo comprende:

- a) Costo de Mantenimiento Preventivo
- b) Costo de Mantenimiento de Descomposturas
- c) Costo de pérdidas de Producción

El diagrama 2.1 muestra como el costo total de mantenimiento varia en relación con la aplicación de mantenimiento preventivo.

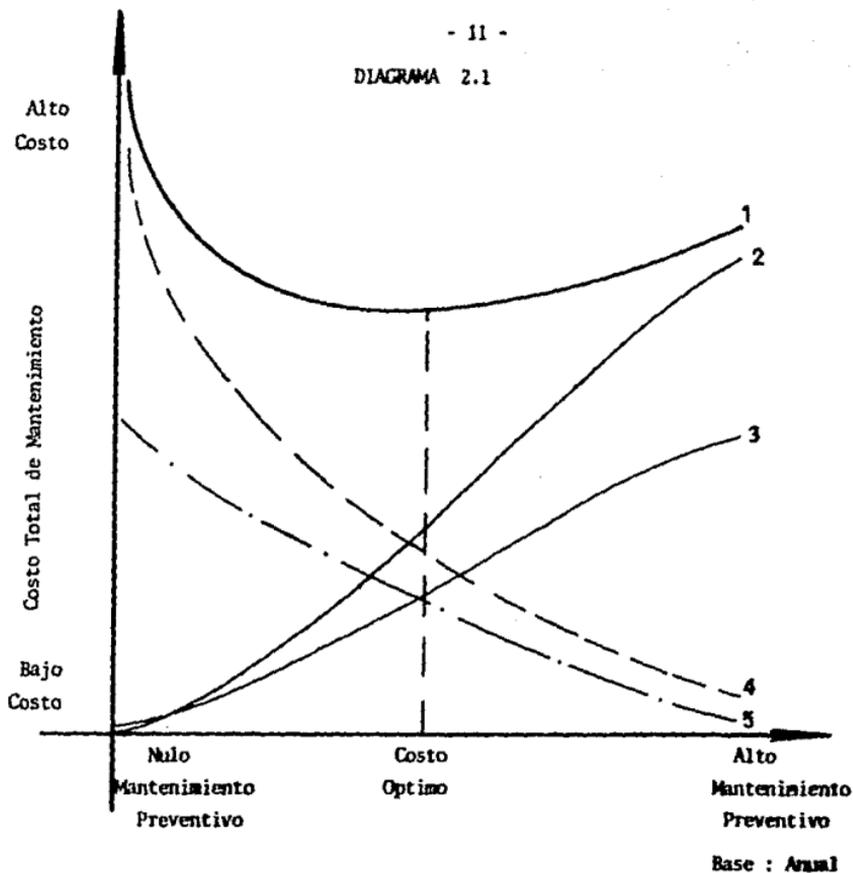
En situaciones sin mantenimiento preventivo, comprende solamente el costo de reparaciones de descomposturas y los costos de pérdida de producción durante las reparaciones de descomposturas, cuando el tiempo es excesivo.

En situaciones de un alto índice de mantenimiento preventivo, el costo total de mantenimiento nuevamente es alto, aunque no tanto como en el caso de que ningún mantenimiento preventivo haya sido efectuado. El costo total de mantenimiento en este caso es equivalente solamente al costo derivado de los trabajos de mantenimiento preventivo más el costo de las pérdidas de producción originadas por la ejecución de los trabajos de mantenimiento preventivo, ya que no ocurrieron costos por reparaciones de descomposturas.

El costo total de mantenimiento alcanza su nivel más bajo al comprender los gastos del balance más adecuado de mantenimiento preventivo, mantenimiento de descomposturas y las pérdidas de producción relacionadas.

El nivel económico de un programa de mantenimiento preventivo sólo puede establecerse en base a la experiencia práctica. Un control de datos de costos podrá indicar cuándo el costo total de mantenimiento incluye el costo total de mantenimiento preventivo igual al costo de las reparaciones de descomposturas. Entonces podrá objetivamente justificarse el mantenimiento preventivo.

DIAGRAMA 2.1



1. Costo Total de Mantenimiento
2. Costo de Mantenimiento Preventivo
3. Costo de Perdidas de Producción por Mantenimiento Preventivo
4. Costo de Mantenimiento Correctivo
5. Costo de Perdidas de Producción por Mantenimiento de Descomposturas.

Cuantificando los costos de mantenimiento preventivo, el mantenimiento de descomposturas y las pérdidas de producción, obtendremos el costo total de mantenimiento, demostrándose así qué tan económica es la aplicación del mantenimiento preventivo en una base comparativa a costos totales de mantenimiento de periodos anteriores sin mantenimiento preventivo.

Esto puede llevarse a cabo en partes individuales, en grupos de partes idénticas, en centros de costos, en áreas de mantenimiento o en unidades de operación.

El nivel económico de mantenimiento preventivo estimado para el inicio o puesta en marcha de un programa puede establecerse en base a:

- Costo total de mantenimiento estimado en base a datos históricos de años anteriores
- Fijar costo de mantenimiento preventivo a un 50% del costo total de mantenimiento del promedio de años anteriores
- Diseñar un programa de mantenimiento preventivo cuyo costo total de mantenimiento estimado iguale al valor obtenido en el punto anterior

Una vez obtenido el primer nivel económico real de mantenimiento preventivo, estimar un nuevo porcentaje al costo de mantenimiento preventivo sobre el nuevo costo total de mantenimiento y evaluar los resultados reales obtenidos para el siguiente periodo. En base a estos estimados se obtendrá el nivel económico óptimo del sistema.

Los costos equivalentes de mantenimiento preventivo y de mantenimiento de descomposturas no indican que los trabajos en actividades de mantenimiento preventivo serán iguales en tiempo y costo por herramientas y refacciones empleadas a los trabajos en mantenimiento de descomposturas (mantenimiento correctivo).

El nivel efectivo de servicio se logra al dedicar el 78% del trabajo de mantenimiento a actividades de mantenimiento preventivo y el 22% restante a actividades de mantenimiento correctivo.

2.4 Responsabilidad del Mantenimiento Preventivo

La responsabilidad del mantenimiento preventivo no recae en una sola área, su óptimo funcionamiento es responsabilidad de varias áreas:

a) Ingeniería de Planta/Ingeniería de Mantenimiento:

- En el diseño y ejecución de proyectos de modificaciones mayores a equipos o instalaciones existentes, así como en las compras de instalación de nuevos equipos, considerando los siguientes factores:

Una ejecución del trabajo de mantenimiento fácil y conveniente

Un tiempo fuera de servicio mínimo

Costos mínimos

Depreciación mínima de las instalaciones

En el diseño, implementación y seguimiento del programa de mantenimiento preventivo, realizando las funciones de:

Revisión de las nuevas instalaciones y modificaciones propuestas de los equipos existentes en las plantas, haciendo las recomendaciones apropiadas en cada caso.

Analizar y proponer modificaciones en los diseños de las instalaciones y equipos aumentando así la facilidad de realización de las actividades de mantenimiento.

Seleccionar los equipos que serán incluidos en los programas de mantenimiento preventivo así como las actividades de mantenimiento a realizar en esos equipos.

Elaborar los programas de mantenimiento preventivo y las órdenes de trabajo que de éstos se deriven, así como su envío al departamento encargado de su programación.

Medir y evaluar la efectividad de los programas de mantenimiento preventivo.

Establecer niveles de mantenimiento tanto para partes como para equipo.

Realizar las modificaciones pertinentes al sistema en base a la retroalimentación obtenida por los parámetros de rendimiento de la aplicación correcta de los programa de mantenimiento preventivo.

b) Producción/Operaciones:

- Aprobar los programas de mantenimiento preventivo originadas por Mantenimiento.
- Cooperar con Mantenimiento en la implementación de los programas de mantenimiento preventivo al dejar disponible el equipo para mantenimiento preventivo de acuerdo a las fechas y tiempos establecidos en programa.
- Realizar las actividades de mantenimiento asignadas a personal de operación de acuerdo a las características de operación del equipo, las cuales no aparecen en el programa de mantenimiento preventivo por realizarse como parte del procedimiento normal de operación del equipo.
- Reportar anomalías presentadas en la implementación de los programas de mantenimiento preventivo y las actividades asignadas a su cargo.
- Recomendar equipos y partes críticas a incluir en el

mantenimiento preventivo.

c) Planeación/Programación y Control de la Producción:

- Programar para cada equipo las actividades de mantenimiento preventivo asignadas al periodo en curso.
- Avisar a Mantenimiento de cambios o alteraciones al programa que modifiquen las fechas establecidas para actividades de mantenimiento señalando a la vez la nueva fecha de realización del programa.
- Verificar la frecuencia de programación de actividades de mantenimiento preventivo al cambiar las condiciones actuales de utilización del equipo.
- Programar cualquier otra solicitud de tiempo para Mantenimiento de trabajos derivados de actividades de mantenimiento preventivo al tiempo señalado.

d) Personal de Mantenimiento:

- Ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo de acuerdo al programa.
- Realizar los trabajos siguiendo métodos, procedimientos y

especificaciones de trabajo establecidas para cada tarea.

- Retroalimentación al sistema de mantenimiento preventivo para mejorar y asegurar el éxito de éste.

2.5 Técnicas de Mantenimiento Preventivo

Las diversas condiciones en los equipos han determinado diferentes técnicas de mantenimiento preventivo:

a) Mantenimiento Periódico:

Basado en el incremento de la probabilidad de falla de un equipo al funcionar un número mayor de horas de trabajo en relación a un parámetro. El mantenimiento periódico determinará así el paro total del equipo, al cubrir un número fijo de horas trabajadas para dar mantenimiento total al equipo realizando actividades definidas sin importar el estado del equipo. Por ejemplo, cambio de partes sin atender al estado o condición de operación de las partes sustituidas.

b) Mantenimiento Progresivo:

Basado en la realización de trabajos de mantenimiento aprovechando los tiempos en los cuales el equipo no presta servicio.

c) Mantenimiento Técnico:

Basados en la aplicación de las técnicas periódicas y progresivas realizando actividades de mantenimiento cada determinado número de horas de utilización del equipo en tiempos durante los cuales el equipo no presta servicio.

d) Mantenimiento Analítico:

Basados en análisis de estadísticas de falla que indican la necesidad de efectuar labores de mantenimiento antes de que la falla se presente, siendo éste el momento de intervención del equipo por mantenimiento.

e) Mantenimiento Sintomático:

Basado en el estudio de los síntomas observados en el funcionamiento de un equipo, por ejemplo, ruidos, incremento de temperatura, escape de fluidos, consumo anormal de energía, etc.

f) Mantenimiento Continuo:

Ejecución frecuente de actividades de mantenimiento sin importar si son necesarias o no.

g) Mantenimiento Predictivo:

Basado en registros de operación anteriores de la máquina y la medición de los actuales cuya base comparativa nos predecirá la aparición potencial de una falla.

h) Mantenimiento Mixto:

Aquel que realiza tanto acciones correctivas como preventivas al mismo tiempo.

Las condiciones de operación de cada equipo y los lineamientos de programación de la industria en que se implementará el mantenimiento preventivo determinarán cuál o cuáles técnicas en conjunción serán aplicadas como base de programación de las actividades de mantenimiento.

2.6 DISEÑO DEL CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

2.6.1 Actividades Preliminares

Antes de iniciar la implementación de un programa de mantenimiento preventivo se necesitará:

- a) Elevar el nivel de equipo hasta un estándar mínimo de mantenimiento, actividad necesaria para alcanzar la condición de estabilidad requerida para implementar técnicas de mantenimiento preventivo.

De no existir esta estabilidad de operación en el equipo, el personal de mantenimiento estará ocupado reparando descomposturas de carácter urgente y no habrá personal ni tiempo para realizar las actividades de mantenimiento preventivo programadas en ese periodo.

Deberá hacerse un inventario completo de reparaciones requeridas, partes de reposición y reacondicionamiento para todos los equipos. Este examen puede revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con el objeto de mejorar la condición de los equipos o instalaciones hasta el nivel de operación requerido. En caso de presentarse esta situación, el costo derivado de las actividades de elevar el nivel del equipo no se cargará al costo de implementación del programa de mantenimiento preventivo, ya que es resultado de un inadecuado servicio de mantenimiento en el pasado.

La implementación del programa de mantenimiento preventivo en paralelo con la situación actual del desarrollo de actividades de mantenimiento, es decir, implementación paulatina del programa de mantenimiento preventivo, permitirá diferir los gastos de reacondicionamiento a lo largo del proceso de implementación, en base a los equipos incluidos en programas, así como obtener un mejor control y análisis subsecuente de la información gradual que el mantenimiento preventivo proporciona, eliminándose así errores en el diseño del programa en las primeras etapas de implementación, asegurando un óptimo funcionamiento del programa al implementar los últimos equipos seleccionados.

- b) Recopilar información general e histórica de los equipos existentes en la planta.

La información aquí recopilada deberá ser registrada y archivada por Ingeniería de Mantenimiento para su futura utilización, ya sea como fuente de información en el programa de mantenimiento preventivo o en casos de mantenimiento correctivo, reacondicionamiento y modificaciones al equipo.

La información necesaria por equipo será la siguiente:

Información General:

- Manual de Mantenimiento
- Lista de Refacciones y Partes
- Diagramas
- Planos
- Folletos

En relación a las especificaciones del equipo:

- Nombre del equipo
- Función
- Marca
- Modelo
- Tipo
- Serie
- Capacidad
- Opciones
- Año de fabricación

Es importante considerar al representante o proveedor del equipo, así como informarse si aún representa este equipo, si distribuye refacciones, si vende opciones de modificaciones de mejora del equipo, si proporciona servicio técnico de mantenimiento, etc.

En caso de no contarse con los manuales e información requerida, utilizar recursos alternos como proveedores, representantes, contactos internacionales para conseguir así la información.

Información Histórica:

Información obtenida a partir de los registros de mantenimiento de periodos anteriores, basada en las acciones correctivas realizadas a los equipos, fallas presentadas, partes o refacciones reemplazadas, etc.

El realizar trabajos correctivos exclusivamente antes de implementar un programa de mantenimiento preventivo ocasiona una falta de información o registro de actividades realizadas al no disponer el personal de tiempo para llevar esta información histórica necesaria.

Reunir la información histórica existente puede ser no representativa mas nos proporcionará información general de tipos de fallas y equipos que las presentan con más frecuencia.

Una fuente de información más exacta será la que el departamento de producción pueda proporcionar en base a sus bitácoras de uso de equipo, ya que en éstas se registran retrasos en producción imputables a fallas mecánicas.

- c) Seleccionar equipos a incluir en el programa de mantenimiento preventivo en su etapa inicial.

Al inicio de la implementación del programa de mantenimiento preventivo una mala elección de equipos iniciales a incluir puede

originar información poco confiable para la retroalimentación propia del sistema.

En esta primera etapa de implementación es más importante probar la eficiencia del sistema diseñado en cuanto al servicio que proporciona que tratar de elevar el nivel de operación del equipo incluido. Es necesario definir desde el inicio cuando una falla es debida a un mal diseño del sistema o es debida a una mala entrada de información que requiere éste para su funcionamiento.

Para seleccionar equipo se recomienda:

- Seleccionar equipos críticos, es decir, aquéllos que presenten tiempo excesivo fuera de servicio debido a fallas, altos costos de mantenimiento, serio deterioro en los equipos, variaciones en la calidad de los productos y fuera de los límites establecidos.
- Seleccionar partes de los equipos que formen parte de un grupo numeroso de partes exactamente iguales, ya que al ser éstas partes críticas de equipos críticos seleccionados se podrá aplicar un sólo programa de mantenimiento preventivo en varios equipos.

No seleccione equipo cuando:

- Exista equipo de repuesto instalado a menos que el costo de mantenimiento preventivo sea menor que el costo de mantenimiento

de la descompostura.

- El costo de mantenimiento preventivo más el costo de las pérdidas de producción es mayor que el costo de reparaciones de descomposturas (mantenimiento correctivo) más el costo de las pérdidas de producción asociado.

- La vida útil del equipo o partes de éste es mayor que la requerida para utilización por el proceso.

Aplíquese el siguiente cuestionario para completar la decisión de selección de equipo a incluir en el programa de mantenimiento preventivo:

¿Qué tan grande es la necesidad de una mayor producción por equipo?

¿Cuáles son las posibilidades para reducir los costos unitarios del producto?

¿Qué tan importantes son las operaciones libres de descomposturas en ese equipo?

¿Cuál es la magnitud probable del daño al equipo durante la operación normal?

¿Cuál es la probabilidad o frecuencia de un desperfecto en la máquina?

¿Qué tan importante es prolongar la vida del equipo?

¿Cuál es el peligro para los empleados de una falla en el equipo?

¿Qué sucedería si se descompone?

¿Cuánto tiempo requerirían las reparaciones?

¿Cuál es el peligro potencial para el equipo a partir de una falla básica?

¿Cuál es el ahorro de un mantenimiento preventivo contra la inversión de reacondicionamiento del equipo?

¿Cuál es el ahorro de un mantenimiento preventivo contra el costo por mantenimiento correctivo?

¿Cuál es el ahorro de un mantenimiento preventivo contra el costo de una unidad de reserva disponible para no interrumpir el proceso?

A continuación se describe un método de selección de equipos que proporciona al Ingeniero de Mantenimiento una base para sus decisiones, consistente e imparcial.

Este es un método ponderado que ayuda a cuantificar algunas de las muchas variables que se deben considerar al tomar las decisiones en mantenimiento.

En una situación compleja no todas las variables que afectan la decisión pueden ser cuantificadas, pero es posible adoptar este método a los requerimientos y condiciones particulares de operación cambiando factores y ponderaciones. A la vez que el método es utilizado y ajustado, menor número de cambios serán necesarios realizar en la guía o base que éste proporciona.

El método es diseñado para ser usado con la información disponible a primera instancia, requiere de muy poca información histórica y es usualmente utilizado en plantas donde la información acerca del equipo y maquinaria no existe o representa un alto costo el obtenerla.

El método consiste en enlistar 15 factores básicos, los cuales se pueden ver incrementados o simplificados según su aplicación. Los equipos no son catalogados en cada uno de los factores o categorías, pero son ordenados en cuanto a su importancia y criticalidad.

Los 15 factores son divididos en dos grupos:

- Planeación del Mantenimiento
- Productividad

Los factores relacionados con la Planeación del Mantenimiento son:

1. Edad del equipo desde la última reconstrucción o reparación mayor
2. Facilidad de reparación
3. Historia de fallas del equipo
4. Probabilidad de descompostura
5. Peligro por falla

6. Tolerancias en calidad de servicio
7. Deterioro del equipo y el proceso por falta de mantenimiento preventivo
8. Disponibilidad de refacciones y partes

Estos factores están estrechamente relacionados con el trabajo diario del departamento de Mantenimiento, por lo que presentan una identificación y definición más rápida y sencilla que los factores del segundo grupo, los cuales parecerían representar menor importancia desde un punto de vista del departamento de Mantenimiento.

El segundo grupo de factores incorpora criterios a considerar importantes para lograr los objetivos y metas de la empresa.

Los factores relacionados con la productividad son:

9. Equipo/líneas de repuesto contra equipos libres o disponibles
10. Número de equipos - alternativas
11. Niveles de inventario en proceso
12. Inversiones en equipo (como una medida de costo de paro)
13. Tiempo promedio para reparaciones
14. Promedio de carga de trabajo para el equipo
15. Horas-hombre ociosas como resultado directo de un paro del equipo

Todos los factores están interrelacionados y esta relación es muy compleja. Por ejemplo, un equipo viejo representa una menor inversión para su reparación por estar constituido de elementos mecánicos y comunes contrarios a refacciones electrónicas y especializadas de los equipos

nuevos, dando así una más alta tasa de retorno de la inversión por reparación, pero la probabilidad de falla o descompostura es mayor y su costo por paro y horas-hombre ociosas asociadas representan un alto costo.

El modelo presenta la solución al problema de complejidad a interrelación de los factores con base a promedios ponderados obtenidos por cada factor, por cada equipo como reflejo de las condiciones de operación y objetivos de la compañía.

Las categorías en los factores dados son calificados en una escala de 1 a 10. "La más alta calificación de la categoría para un equipo representará la mayor necesidad de mantenimiento en ese equipo para lograr así los objetivos de cada grupo".

Los objetivos de la Planeación del mantenimiento son:

- Mejorar la eficiencia de la mano de obra de mantenimiento utilizada
- Reducir el número de paros inesperados
- Mejorar la programación de las actividades de mantenimiento
- Mejorar eficiencia y administración del programa de mantenimiento preventivo
- Mantener la calidad del producto de salida
- Mantener la disponibilidad y cumplimiento del equipo

Los objetivos de Productividad son:

- Operar el equipo a la más alta capacidad y eficiencia posible y especialmente el equipo más costoso.

- Disminuir el tiempo ocioso del equipo, el tiempo extra de los operarios y merma
- Mejorar la efectividad del departamento de mantenimiento

Para determinar los parámetros de calificación de cada categoría se define previamente en la escala de calificación de 1 a 10 la calificación correspondiente a las situaciones o condiciones que pueden presentar los campos en un contexto global.

A continuación se explica la determinación de otros parámetros de calificación para algunos factores:

- Un equipo viejo requiere de un mayor mantenimiento. La calificación para un equipo con estas necesidades será más alta ya que un equipo viejo requiere de mayor mantenimiento que uno nuevo. Si un equipo presenta una reconstrucción o modificación mayor será considerada la edad de éste a partir de esta última mejora del equipo.

Un ejemplo de esto sería:

<u>Edad del Equipo</u>	<u>Calificación</u>
Menor a 3 años	1
3 a 6 años	3
6 a 10 años	5
10 a 15 años	7
Mayor a 15 años	10

No es necesario cubrir todos los rangos de 1 a 10 en la calificación. Un rango simplificado facilitará la actividad de seleccionar el equipo.

- Un equipo, costoso deberá tener un mejor mantenimiento debido precisamente al alto costo para adquirirlo. Una manera de medir el costo por paro es determinar la depreciación anual del equipo. Esto representa un problema por políticas fiscales, ya que un equipo puede tener un valor en ceros en libros y continuar productivo, por lo que es recomendado utilizar el costo de reemplazo para medir el costo de tiempo de paro.

Ejemplificando tendríamos:

<u>Inversión en Equipo</u> (Costo de Reemplazo)	<u>Calificación</u>
Menor a 5 millones	1
5 a 20 millones	4
20 a 50 millones	6
Mayor a 50 millones	10

- Un equipo con altos requerimientos de calidad de servicios, menor tolerancia en especificaciones de calidad en producto de salida, requerirá de un mayor mantenimiento. En este caso, en base al rango y posibilidades de las especificaciones se determina la calificación de éstas. En esta definición se utiliza la información proporcionada por el fabricante de la máquina (Manuales de Operación) y se compara con los requerimientos de calidad para el producto relacionado con ese equipo.

Un ejemplo de esto sería:

<u>Tolerancia</u>	<u>Calificación</u>
(Amplio rango de Especificación)	
Variaciones menores a 1%	1
Variaciones de 1 a 2%	3
Variaciones de 2 a 3%	6
Variaciones mayores a 3%	10

Esta definición de parámetros se debe realizar para los 15 factores y dependerá del Ingeniero de Mantenimiento la determinación de la o las calificaciones adecuadas.

El siguiente paso es determinar la importancia relativa de los factores en cada grupo para lograr los objetivos listados de ese grupo. Esta asignación de valores relativa es algo subjetiva en el sentido de que cada Planta determinará valores distintos basados en la naturaleza del negocio y el medio ambiente en que se desarrolla.

Es en esta ponderación donde se determinan los requerimientos, necesidades y prioridades relativas de los usuarios en un momento dado. Los cambios en la situación de la compañía o el equipo no afectan el método, ya que cambios mayores son aceptados por el método en base a adición o eliminación de factores, modificación de calificaciones (parámetros) y modificación de ponderaciones. El método se puede adaptar a cualquier situación existente de una manera rápida y sencilla.

Determinar el orden de los factores y su importancia relativa medida por la ponderación es de vital importancia en la aplicación del método.

Un procedimiento sugerido es el de determinar esta ponderación en base a una decisión de consenso del personal encargado de la administración del mantenimiento, así como de personal de otras áreas involucradas como Producción y Planeación para tener una visión global en el logro de diversos objetivos.

Los pasos para cada grupo de factores son dados de acuerdo a lo siguiente: Un peso de 100 es asignado al número 1 en la lista ordenada de factores para cada grupo (mantenimiento y productividad), el siguiente factor recibe un peso menor a 100 como resultado de la comparación con el factor anterior a éste, así sucesivamente hasta ponderar los factores para cada grupo.

Factores de Planeación del Mantenimiento

<u>Número</u>	<u>Factor</u>	<u>Peso</u>
1	Tolerancia	100
2	Probabilidad de Descompostura	90
3	Deterioro del equipo y el proceso por falta de mantenimiento preventivo	85
4	Historia de fallas del equipo	75
5	Peligros por falla	65
6	Disponibilidad de Refacciones	60
7	Factibilidad de reparación	35
8	Edad del equipo desde la última reconstrucción	20

Factores de Productividad

<u>Número</u>	<u>Factor</u>	<u>Peso</u>
1	Promedio de carga de trabajo para el equipo	100
2	Número de equipos alternativos	90
3	Equipos/líneas de repuesto control libres o disponibles	80
4	Niveles de inventario en proceso	60
5	Tiempo promedio para reparaciones	60
6	Horas-hombre ociosas como resultado directo de un paro del equipo	40
7	Inversiones en equipo	30

Una vez realizados los pasos anteriores, se calcularán tres diferentes índices para cada equipo:

- Índice de Mantenimiento (IM)
- Índice de Productividad (IP)
- Índice de Criticalidad (IC)

El índice de mantenimiento es el promedio ponderado de la calificación de los factores del grupo de factores correspondientes a planeación del mantenimiento. Este índice determina la importancia desde el punto de vista de cumplimiento de los objetivos de este grupo.

El promedio ponderado de los factores de productividad dá el índice de productividad directamente relacionado con el cumplimiento de los objetivos del grupo de factores de productividad.

Los dos índices deben ser conjuntados para obtener un índice total o índice de criticalidad del equipo que incorpore conceptos y objetivos de los dos grupos.

El índice de criticalidad del equipo es un promedio ponderado de los índices de mantenimiento y productividad. Los pesos correspondientes para cada índice deberán ser determinados para obtener el índice de criticalidad. Esta determinación se basará en una comparación y definición de qué objetivos de cada grupo son más importantes, considerando:

- Los objetivos corporativos
- Las estrategias de mercado
- Las estrategias de precios
- Las condiciones existentes del mercado y la demanda
- Exceso o falta de capacidad de planta
- Factores específicos a la planta

Se determinará qué objetivos son más importantes de lograr y se asignará un valor de 100, al otro índice se le asignará un valor menor a 100 resultado de la comparación del logro de sus objetivos con el anterior.

EQUIPO 202

Factores de Planeación del Mantenimiento

<u>Número</u>	<u>Factor</u>	<u>Peso</u>	<u>Calificación</u>	<u>Peso por Calificación</u>
1	Tolerancia	100	<u>7</u>	<u>700</u>
2	Probabilidad de des- compostura	90	<u>8</u>	<u>720</u>
3	Deterioro del equipo y el proceso por falta de mantenimiento preventivo	85	<u>3</u>	<u>255</u>
4	Historia de fallas del equipo	75	<u>6</u>	<u>450</u>
5	Peligros por falla	65	<u>10</u>	<u>650</u>
6	Disponibilidad de re- facciones	60	<u>10</u>	<u>600</u>
7	Facilidad de reparación	35	<u>7</u>	<u>245</u>
8	Edad del equipo	<u>20</u>	<u>10</u>	<u>200</u>
T O T A L		530		<u>3820</u>

EQUIPO 200

FACTORES DE PRODUCTIVIDAD

<u>Número</u>	<u>Factor</u>	<u>Peso</u>	<u>Calificación</u>	<u>Peso por Calificación</u>
1	Promedio de Carga de trabajo para el equipo	100	<u>10</u>	<u>1000</u>
2	Número de equipos alter- nativos	90	<u>4</u>	<u>360</u>
3	Equipo sin línea de re- puesto vs. libres o dis- ponibles	80	<u>3</u>	<u>240</u>
4	Niveles de inventario en proceso	60	<u>8</u>	<u>480</u>
5	Tiempo promedio para re- paraciones	60	<u>5</u>	<u>300</u>
6	Horas-hombre ociosas como resultado directo de un paro del equipo	40	<u>8</u>	<u>32</u>
7	Inversiones en equipo	30	<u>2</u>	<u>60</u>
	T O T A L	460	-	<u>2472</u>

F O R M U L A S

Indice de Mantenimiento	=	IM
Indice de Productividad	=	IP
Indice de Criticalidad	=	IC
V_1	=	peso por grupo (i= 1, 2)
V_1	=	factores de planeación de mantenimiento
V_2	=	factores de productividad
X_{ijk}	=	calificación por factor, por grupo, por equipo
i	=	1, 2 grupo
j	=	1 ... 8 para grupo V_1 1 ... 7 para grupo V_2
k	=	No. de equipo
W_{ij}	=	peso por factor, por grupo
i	=	1, 2 grupo
j	=	1 ... 8 para grupo V_1 1 ... 7 para grupo V_2

$$IM_k = \frac{\sum_{j=1}^8 (W_{ij} * Y_{ijk})}{\sum_{j=1}^8 (W_{ij})}$$

$$IP_k = \frac{\sum_{j=1}^7 (W2j \cdot X2jk)}{\sum_{j=1}^7 (W2j)}$$

$$IC_k = \frac{V_1 \cdot IM_k + V_2 \cdot IP_k}{V_1 + V_2} \cdot 100$$

En el ejemplo mostrado: (para el equipo # 202)

Definiendo $V_1 = 65$

$$V_2 = 100$$

$$IM_{202} = \frac{530}{3820} = 0.139$$

$$IP_{202} = \frac{460}{2472} = 0.186$$

$$IC_{202} = \frac{(65 \cdot 0.139) + (100 \cdot 0.186)}{65 + 100} \cdot 100$$

$$IC_{202} = 16.75$$

Las calificaciones y pasos son medidos en una escala ordinaria. Esto significa que los índices obtenidos son buenos para el propósito de ordenar los equipos para su selección exclusivamente. Por ejemplo, en caso de existir tres máquinas o equipos A, B y C cuyos índices de criticalidad son 40, 90 y 50 respectivamente, todo lo que se puede decir de esta información es que de estos tres ejemplos, B es el más crítico, C es crítico y A es el menos crítico para conseguir los objetivos.

Es incorrecto decir que B es $90 - 50 = 40$ unidades más crítico que C, o B es $90 - 40 = 50$ unidades más crítico que A.

La recopilación de la información y el trabajo de cálculo puede ser simplificado en base al diseño de formas y un programa de cálculo.

La selección de equipo en base al orden obtenido de la aplicación correcta del método enunciado deberá ser revisada y actualizada anualmente, en caso de no variar considerablemente las condiciones de operación de la planta y en un menor periodo de tiempo de acuerdo a ajustes detectados por cambios notorios en las condiciones de la planta.

Un programa de mantenimiento preventivo en todos los equipos de la planta es incosteable y orienta los recursos del departamento de mantenimiento de forma inadecuada.

El ordenar los equipos en base al índice de criticalidad permite identificar las máquinas donde una inversión o gasto en mantenimiento preventivo redituará las mejores tasas de retorno. Se podrá determinar en qué equipos implementar el programa de mantenimiento preventivo de

acuerdo a los recursos disponibles.

Una vez seleccionados los equipos a incluir en el programa de mantenimiento preventivo se aplica el sistema propuesto a cada equipo. La implementación total o paulatina de los equipos depende de la situación individual de cada industria.

Al inicio es recomendable incluir en el programa de mantenimiento preventivo los equipos de los cuales se tenga mayor información general e histórica, así como un mayor conocimiento de las actividades de mantenimiento que requerirán en base a los equipos enlistados como resultado del proceso de selección antes señalado.

Es importante recordar que de acuerdo a la Ley de Pareto el 20% de nuestros equipos representan el 80% de las fallas presentadas.

2.6.2 Actividades de Mantenimiento Preventivo

Los tipos de actividades que deben incluirse en un programa de mantenimiento preventivo son las siguientes:

- Limpieza
- Lubricación
- Revisión
- Reparación o trabajos menores de mantenimiento generados por la revisión, como lo es un reemplazo de partes críticas de mantenimiento preventivo

Los dos últimos pueden quedar incluidos, en el inicio, en el concepto de revisión, ya que ésta se realiza a partes críticas y su acción correctiva se puede llevar a cabo de manera inmediata sin representar un incremento en el tiempo considerado. Una reparación o reposición de partes que requiera de mayor tiempo pasará a ser un mantenimiento planeado sobre ese equipo.

Una vez recopilada y analizada la información histórica de cambio de partes por frecuencia de fallas, las actividades de reparación menor y/o cambio de refacciones y partes podrán quedar definidas en cuanto a su periodicidad y tiempo de ejecución.

La veracidad de la información histórica recopilada y el análisis profundo de ésta permitirá establecer así las necesidades de refacciones y partes (Control de Inventarios) como la eliminación posterior de actividades de revisión.

El registro de las observaciones derivadas de las actividades de revisión servirá como base de análisis del cambio de partes y refacciones así como de la correcta ejecución del trabajo de mantenimiento realizado, asegurando que las necesidades de cambio o reposición de refacciones y partes se derivan de un desgaste por uso normal de éstas y no por una mala colocación, instalación o lubricación, productos de un trabajo de mantenimiento de mala calidad.

Un trabajo de mantenimiento no es considerado como actividad de mantenimiento preventivo si es un trabajo desarrollado como consecuencia de fallas en el equipo, un trabajo originado por una actividad de manteni-

miento preventivo (revisión) o un trabajo realizado con el fin de cambiar o modificar el equipo sea cual fuera la razón (seguridad, facilidad de operación, facilidad de mantenimiento, etc.).

Cada actividad definida a realizarse en un equipo debe de especificar:

- Descripción del trabajo a generar
- Frecuencia o periodo de realización de ésta
- Tiempo de ejecución de la misma

Las fuentes generales de información para definir los componentes de cada actividad son:

a) Manuales de Servicio o Mantenimiento del fabricante:

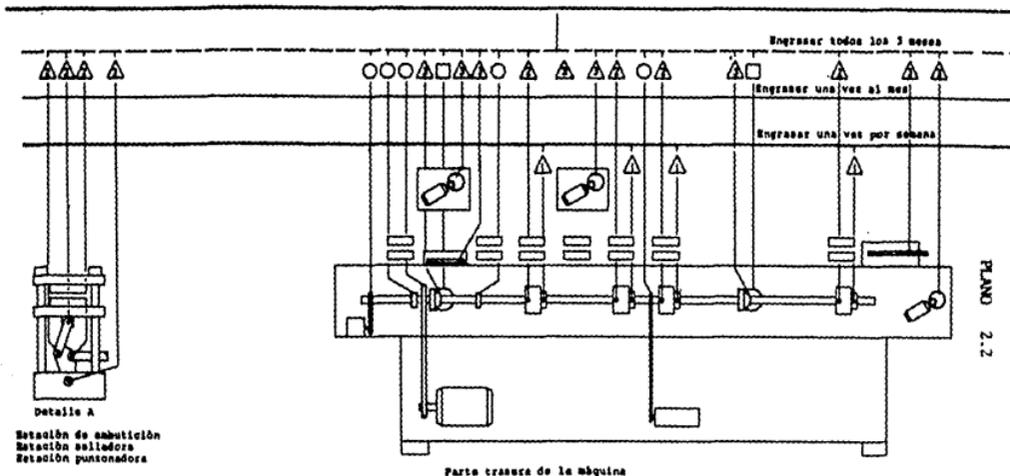
Proporcionan datos específicos con respecto a trabajos de mantenimiento preventivo necesarios, así como hacen sugerencias de frecuencias del mismo. Estas recomendaciones están basadas en la utilización del equipo bajo condiciones normales de operación en las que el fabricante realiza sus pruebas, por ejemplo, condiciones ambientales, materiales utilizados, suministros de energía y aire, etc., por lo que estas sugerencias deberán ser modificadas de acuerdo a las condiciones reales de operación del equipo una vez instalado.

Por ejemplo:

Maquina Emblistadora

Plano de Lubricación

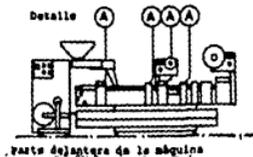
- Cojinetes, lubricados a vida, hacen que la máquina casi no necesite mantenimiento
- Para los focos de lubricación hemos elaborado un plano de lubricación, indicando el material y el modo de efectuar la lubricación, así como la posición de los puntos que hay que lubricar en una máquina equipada al máximo (ver plano 2.2).
- La frecuencia indicada vale para operación de un turno.
- Los puntos de lubricación están marcados en la máquina con símbolos rojos
- Antes de lubricar hay que limpiar los puntos.
- Cada tres meses hay que lubricar también los accionamientos de cadena del sistema de transferencia aún cuando éstos no son indicados especialmente. Material: lubricante para cadena.
- En cuanto a la lubricación del motor de accionamiento, favor refiéranse al registro no. 5 del manual de instrucción - Motor de accionamiento Bauer.
- El engrasador sobre la placa neumática (parte de detrás de la máquina) hay que mantenerlo según las instrucciones en el registro 5 del manual - SMC - engrasador.
- Para lubricar los cilindros neumáticos les recomendamos utilizar



PLANO 2.2

- 44 -

Detalle A
Estación de embutición
Estación selladora
Estación punzonadora



Parte delantera de la máquina

marca	materia de engrase	designación	manera de engrase
○	Engrase de cadena		p. 83; spray cadena; engrase de cadena
□	Engrase de máquina	ca. 44 mm ³ /s (40°C)	varias gotas con la siewa
△ rojo	Engrase de rodamiento	WGLI Class 3	engrase central con la bomba engrasadora
△ rojo	Engrase de rodamiento	WGLI Class 2	engrase individual con la bomba engrasadora
△ rojo	Engrase de rodamiento	WGLI Class 2	engrase per cepillo

Lubricantes hidráulicos o de circulación con aprox. 5 15
mm²/S (cst.) a 40°C.

- En engrasador hay que ajustarlo para aprox. 1 ... 2 gotas por hora.

Hacemos énfasis especial a nuestros clientes del engrase apropiado de las máquinas.

Con el objeto de evitar averías y lograr un rendimiento al máximo, es necesario utilizar engrasantes de primera calidad. Podemos garantizar el buen funcionamiento de nuestras máquinas solamente si Ustedes utilizan las materias siguientes:

Lubricación con aceite:

Aceites de circulación o aceites hidráulicos con aditivos para mejorar la protección contra la corrosión y la resistencia general.

La viscosidad debe ser de preferencia ISO VG 46 VG 68

(ISO = International Organization for Standardization)

Lubricación con grasa:

Grasa de jabón de litio para los rodamientos con protección contra la corrosión.

Consistencia de preferencia NLGI 2 ... 3

(NLGI = National Lubricating Grease Institute)

Con estas indicaciones todos los fabricantes de engrasantes pueden ofrecerles la materia conveniente.

Dichas compañías les ofrecen un servicio técnico. Los ingenieros están a su entera disposición para solucionar sus preguntas y problemas referentes a la lubricación adecuada.

b) Registros de Mantenimiento

Trabajos repetitivos como acción correctiva a fallas del equipo pueden sugerir servicios de rutina y la frecuencia de estos mantenimientos correctivos determinarán el periodo de programación para evitar al máximo las fallas.

La confiabilidad de esta información es fundamental para determinar actividades y frecuencias de una manera correcta. Si el sistema de manejo de información anteriormente empleado como registros, bitácoras y controles no estaba bien definido y no contaba con un seguimiento adecuado respecto a su correcta utilización, la información de aquí deducida no se debe considerar como guía en la determinación de actividades y frecuencias sería sólo como una orientación de posibles fallas a presentarse.

c). El personal de Operación

Los responsables de la operación directa del equipo proporcionan información de fallas presentadas en el equipo y la frecuencia de éstas generalmente desconocidas por el fabricante y no registradas en las bitácoras o historias de los equipos. Si la información

proporcionada es debida a una falla del equipo mismo por su operación y no a una mala operación de éste, las actividades correctivas a estas fallas informadas son una buena aproximación a las actividades de mantenimiento preventivo a realizar.

d) El personal de Mantenimiento

El personal involucrado en los trabajos de mantenimiento conoce las causas de las fallas, las acciones correctivas para resolverlas y la frecuencia con la que las fallas se presentan, siendo esta información valiosa y confiable por ser el personal de mantenimiento el futuro encargado de realizar estas actividades.

La determinación de los elementos de cada actividad:

- Descripción
- Frecuencia
- Tiempo

se puede complementar a lo proporcionado por las fuentes generales de información en base a las siguientes técnicas:

- Diagnóstico de Actividades
- Determinación de Frecuencias
- Medición del Trabajo

2.6.2.1 Diagnóstico de Actividades:

Para determinar las actividades a realizar en el mantenimiento preventivo de cada equipo, se recomienda utilizar el método de diagnóstico basado en

la esencia de la falla y el análisis de los efectos de ésta, cuyos pasos se enumeran a continuación:

1. Analice la estructura funcional del equipo y divida el sistema de operación en subsistemas, componentes y partes
2. Defina la misión de los subsistemas, componentes y partes en base a la función general del sistema
3. Determine el nivel de descomposición analizado en el paso 1
4. Clasifique subsistemas, componentes y puntos en base a las funciones del sistema
5. Establezca la misión última del objetivo del sistema y la interrelación de éste con los subsistemas, componentes y partes de acuerdo a la clasificación del paso 4
6. Enumere fallas potenciales del sistema y subsistemas, componentes y partes a través de técnicas de tormenta de ideas
7. Seleccione efectos propiciados por las fallas enumeradas en el paso 6
8. Compare fallas y efectos con antecedentes históricos del equipo
9. Registra las principales fallas en función de los efectos no deseados de éstas

10. Determine acciones preventivas para evitar se presente o propicie la presencia de la falla

La metodología enlistada proporciona una manera estructurada y fija en todo análisis de equipo para determinar las actividades de mantenimiento preventivo idóneas a realizar por equipo.

Una vez determinadas estas actividades se clasificarán de acuerdo a los tres grupos anteriormente mencionados:

1. Actividades de limpieza

Trabajos de mantenimiento dirigidos a mantener en condiciones adecuadas de limpieza las partes internas funcionales del equipo, cuya responsabilidad depende del área de mantenimiento.

Estas actividades de limpieza se ejecutan en componentes de la máquina no accesibles a personal de operaciones, como son: motores, árbol de levas, engranes, instalación eléctrica, etc.

La limpieza general externa del equipo es responsabilidad del área de operaciones o producción.

2. Actividades de lubricación

Trabajos de mantenimiento dirigidos a mantener en condiciones adecuadas de lubricación superficies en deslizamiento, partes en contacto, elementos motrices, etc.

La lubricación continua de componentes y partes por requerimientos del equipo o productos que se trabajen son responsabilidad del operario o maquinista del área.

3. Actividades de revisión

Trabajos dirigidos a constatar características de operación y estado de partes críticas del equipo para determinar su cambio inmediato o posteriormente planeado.

Toda revisión lleva implícita la necesidad de cambio o sustitución de la parte crítica, por lo que el tiempo especificado para esta actividad de revisión debe considerar un tiempo para el reemplazo de la parte crítica, la cual es de fácil sustitución. Si esta situación no aplicara, la acción correctiva requerirá de un mantenimiento planeado.

Al diagnosticarse las actividades de mantenimiento necesarias para cada equipo, se registrarán las partes críticas del equipo mismo. En base a este registro se elaborará la lista de refacciones o partes críticas por equipo, la cual permitirá relacionar estas partes o refacciones con las actividades de mantenimiento preventivo.

Para actividades de limpieza corresponde señalar qué material de limpieza, solvente, desengrasante, etc., se empleará para obtener el resultado esperado de la ejecución de esta actividad.

Para actividades de lubricación se señala tipo de lubricante y, en caso de necesario, se menciona la referencia de la carta de lubricación empleada para lubricar de acuerdo al procedimiento específico de lubricación de cada máquina.

Para actividades de revisión se especificará refacción, nombrando descripción, marca, no. de refacción y no. de parte, dimensiones en

caso necesario, características y sustituto de la refacción.

Los requerimientos para realizar adecuadamente las actividades de mantenimiento preventivo en cuanto a su oportuna existencia son responsabilidad del Almacén de Refacciones o Taller de Maquinados, partes del Sistema de Mantenimiento Integrado, la confiabilidad y veracidad de las especificaciones de lo requerido constituye parte implícita de las actividades de mantenimiento preventivo, por lo que es responsabilidad directa de la operación y funcionalidad del ciclo de mantenimiento preventivo.

2.6.2.2. Determinación de Frecuencias

Existen muchos factores a considerar en la determinación de los ciclos de tiempo o frecuencia de ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo, algunos son:

- Edad, condiciones y función del equipo. Costo inicial de mantenimiento y reposición
- Complejidad de reparaciones
- Necesidad de mano de obra especializada
- Necesidad de herramientas especiales
- Tipo de proceso

- Localización del equipo
- Rol del equipo en el proceso
- Características de Diseño
- Problemas de Servicio
- Horas de operación por día, semana, mes
- Naturaleza de la operación
- Posibilidad de Daño
- Necesidad de ajustes
- Requerimientos de Seguridad

El cálculo y determinación de la frecuencia de ejecución de actividades de mantenimiento preventivo depende del tipo de actividad a ejecutar:

- Actividades de limpieza
 - la primera variable a considerar es las condiciones de operación, ubicación e instalación del equipo, así como las características del producto que maneja
- Actividades de lubricación

considerar la operación normal de las partes de deslizamiento y superficies en contacto así como el material y diseño de éstas.

- Actividades de revisión

considerar especificaciones de duración de las partes o refacciones en función de las horas de uso y cargas a las que se someten.

Las refacciones o partes del equipo son la limitante de frecuencia de las actividades de lubricación y revisión.

La frecuencia de ejecución determinada por la durabilidad de las partes es más exacta que la establecida por un diagnóstico global del equipo.

Las refacciones comerciales como lo son baleros, chumaceras, rótulas, etc., proporcionan información en cuanto a su duración y guía de lubricación en base a horas de operación diaria de la refacción. Estos estimados de duración y periodicidad de lubricación dados son considerados en base a operaciones de prueba realizadas por el fabricante de refacciones así como estimados determinados en distintos tipos de industrias, por lo que la información proporcionada habrá que modificarla de acuerdo a las condiciones existentes así como considerando los factores enunciados anteriormente.

Ejemplos:

Horas de Oper. dia	<u>PERIODO DE LUBRICACION EN SEMANAS, QUE SE SUGIEREN:</u>							
	1 a 250 RPM	251 a 500 RPM	501 a 750 RPM	751 a 1000 RPM	1001 a 1500 RPM	1501 a 2000 RPM	2001 a 2500 RPM	2501 a 3000 RPM
8	12	10	12	7	5	4	3	2
16	12	7	5	4	2	2	1	1
24	10	5	3	2	1	1	1	1

CONDICIONES

VELOCIDAD	TEMPERATURA	AMBIENTE	INTERVALO DE <u>ENGRASADO</u>
100 RPM	hasta 120°F=50°C	Limpio	6-12 meses
500 RPM	hasta 150°F=65°C	Limpio	2-6 meses
1000 RPM	hasta 210°F=99°C	Limpio	2 semanas-2 meses
1500 RPM	hasta 210°F=99°C	Limpio	1 semana-1 mes
Cualquier velocidad	sobre 150°F=65°C	Sucio	1 semana-1 mes
Cualquier velocidad	sobre 150°F=65°C	Sucio	Diario a 2 semanas
Cualquier velocidad	cualquier temp.	Muy sucio	Diario a 2 semanas
Cualquier velocidad	cualquier temp.	Condiciones extremas	Diario a 2 semanas

La determinación de periodicidades o frecuencias en equipos cuyas partes o refacciones no pueden sujetarse a un control exacto de medición de su

duración necesitan de un análisis o diagnóstico de la situación determinada así por el rendimiento del equipo y no por el rendimiento de las partes constituyentes de éste.

El rendimiento de los equipos debe medirse por medio de la comparación entre el rendimiento de especificaciones y el deseado y el rendimiento real y todos los datos que se obtienen durante el análisis. Algunos de los elementos de medición son:

- 1) Presiones
- 2) Temperaturas
- 3) Vibraciones
- 4) Corrosión
- 5) Consumo de combustibles, lubricantes, refrigerantes
- 6) Calidad de producto terminado
- 7) Desgaste de partes y refacciones

La determinación de la frecuencia adecuada representa la operación satisfactoria del equipo dentro de los límites de rendimiento establecidos, a este concepto se le conoce como confiabilidad. Los requerimientos de mantenimiento están directamente relacionados con la definición matemática de confiabilidad que es el tiempo promedio entre fallas de una parte o refacción.

El mejor método es establecer las frecuencias de ejecución en base a la confiabilidad de las partes de los equipos. A continuación se enumeran pasos a seguir para determinar esa confiabilidad:

- Analizar el diseño de los equipos y de sus partes determinando la influencia de las diferentes condiciones en las mismas
- Recopilar información sobre los cambios en las condiciones a las que estén sujetas las partes
- Medir la magnitud e importancia de los cambios
- Encontrar la relación entre los cambios y los demás factores relacionados con la operación de los equipos
- Preparar los datos para su análisis y poder determinar el desenvolvimiento de los cambios en relación a tiempo y factores de operación
- Emplear el análisis de datos para determinar frecuencia de revisión de las partes o cuando llegarán a un periodo crítico

En el análisis de los datos se emplean técnicas de análisis estadística de fallas o técnicas más avanzadas como Simulación.

El requisito para la aplicación correcta de estas técnicas es la veracidad y exactitud de los datos recopilados. La exactitud de estos datos dependerá de los procedimientos de registro utilizados en períodos anteriores, de la sustitución adecuada de la parte o refacción y de la calidad de la mano de obra, partes, refacciones y herramienta utilizada. Si no es confiable esta información, los ciclos de tiempo o frecuencias de

inefectiva la programación de actividades.

Las frecuencias inadecuadas pueden aumentar el costo del programa de mantenimiento preventivo, hacer inefectivo el sistema o llevarlo al total fracaso. El éxito de un sistema de mantenimiento preventivo depende más de la eficiencia de las frecuencias establecidas que de cualquier otro factor.

Una vez realizado el análisis considerando los factores mencionados determine el ciclo de tiempo, periodo o frecuencia para cada actividad descrita en la fase de Diagnóstico de Actividades.

Esta frecuencia está determinada por el índice de utilización del equipo en una base anual, es decir, la utilización del equipo puede presentar cambios en una base mensual o semanal por lo que se necesitarían de continuos ajustes a las frecuencias determinadas para la ejecución de las actividades.

El equipo con un alto índice de utilización necesitará actividades de mantenimiento preventivo más periódicas que aquellos equipos con un bajo índice de utilización

Para solucionar este problema considérese el índice estimado de utilización de equipo en base a los pronósticos de ventas del próximo año y a los rendimientos del equipo registrado en los estándares de producción.

Indice estimado de		Pronóstico de Ventas de producto
I.U.A. = Utilización de	=	<u>relacionado con el equipo</u>
Equipo Anual		Estándar de Producción

Indice estimado de		
I.U.M. = Utilización de	=	<u>I. U. A</u>
Equipo - Mensual		12

Utilice este indice como parámetro para determinar la frecuencia de ejecución de actividades considerando así días esperados de utilización del equipo al mes.

Los cambios representativos en los indices de utilización deberán modificar las frecuencias determinadas.

Una revisión anual de estos indices permitirá actualizar el programa de mantenimiento preventivo, adecuándolo a la situación de cambio de la empresa.

Una vez determinadas las frecuencias para cada actividad por equipo se revisan los periodos considerados para el total de las actividades y se normalizan éstos.

Esta normalización de periodos es el determinar periodos fijos usuales en la realización de las actividades, periodos normalizados comunes como semanales, mensuales, bimestrales, trimestrales, semestrales y anuales.

Si los periodos determinados para cada actividad no se ajustan a un patrón normalizado de periodos es conveniente identificar la frecuencia en base a numeración ascendente, es decir, 1 corresponde a una frecuencia de cada mes, 2 a una frecuencia de cada 2 meses y así sucesivamente hasta 12=frecuencia de cada 12 meses, o sea, anual.

En procesos de producción intermitentes o por lotes, la frecuencia de ejecución para cada actividad puede estar en función de esta unidad: lubricar chumaceras cada 3 lotes, limpieza de unidad de mantenimiento cada 2 lotes, revisión de banda cada 2 lotes.

Los estándares de producción proporciona la información necesaria para producir un lote de determinadas unidades que constituyen ese lote, el tiempo necesario para producir éstos, el equipo utilizado y las velocidades de operación del equipo. Esta información permite definir la periodicidad de las actividades en base a lotes.

Al definir finalmente la unidad de las frecuencias de ejecución de actividades de mantenimiento preventivo es necesario ajustarse a las unidades utilizadas por Planeación y Control de la producción como base de su programa. En un proceso de producción intermitente o por lotes, la unidad de programación no es necesariamente el lote, una programación mensual de los lotes como cargas de trabajo a cada centro de producción determinará el ajuste de frecuencias de ejecución de actividades de mantenimiento preventivo en unidades de base mensual así como las derivadas de ésta: semanal, quincenal, mensual, bimestral, semestral, anual, etc.

FORMATO 2.3

MATRIZ DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CLAVE DE MANTENIMIENTO _____.	FECHA _____.
DESCRIPCION _____.	ELABORO :
MARCA _____.	

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO			
CLAVE DE ACTIVIDAD	DESCRIPCION	TIEMPO (MIN.)	CLAVE DE PERIODO
	LIMPIEZA		
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
	LUBRICACION		
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
	REVISION		
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-
-----	-----	---	-

CLAVE DE PERIODO :		
S = SEMANAL	B = BIMESTRAL	Z = SEMESTRAL
Q = QUINCENAL	T = TRIMESTRAL	A = ANUAL
M = MENSUAL	C = CUATRIMESTRAL	

El adecuado ajuste de las frecuencias con el programa de producción permitirá una óptima programación de las actividades de mantenimiento por parte del departamento de Planeación y Control de la Producción.

Al definir frecuencia por actividad(es) por equipo registrar esta información en la matriz de mantenimiento preventivo (ver Formato 2.3).

2.6.2.3. Medición del Trabajo

Sin una medición de trabajo razonable exacta, es imposible llevar a cabo y fijar los procedimientos de mantenimiento preventivo; no podrá planearse y programarse adecuadamente el trabajo de mantenimiento y lo que es más importante no podrán determinarse los requerimientos de mano de obra.

La meta de la medición del trabajo es la reducción de los costos mediante la oportunidad y calidad de mantenimiento.

La medición del trabajo presenta beneficios como:

- Un mejor desempeño a un menor costo.

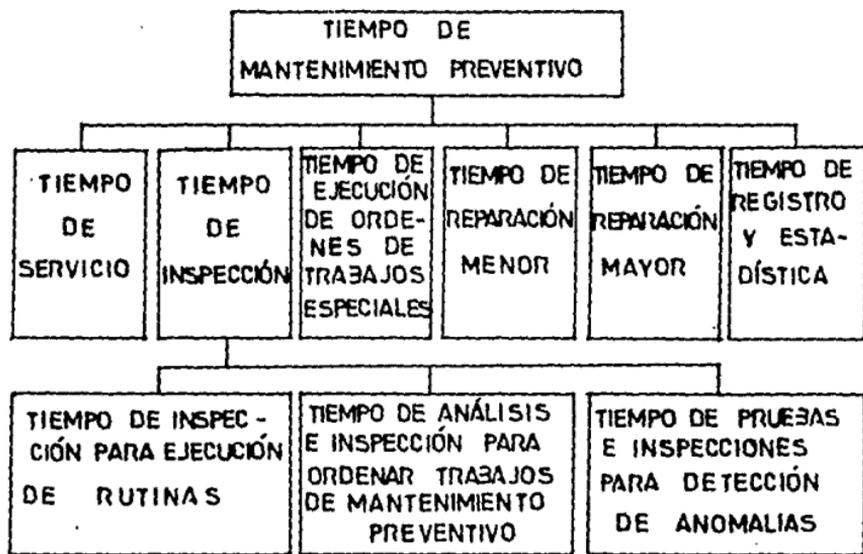
Al existir la medición existe control, incrementándose así el rendimiento y efectividad de la mano de obra de mantenimiento

- Disminución de las demoras.

La medición origina la identificación cuantitativa de los retrasos propiciando oportunidades de mejoramiento en las actividades.

- Reducción del tiempo de paro.

ESQUEMA 2.4



Al conocerse el tiempo de paro de un equipo requerido para su reparación se podrá evaluar el costo del tiempo improductivo y determinar acciones encaminadas a disminuir éste

- Perfeccionamiento del Mantenimiento Preventivo

La medición del trabajo proporcionará información clave para solicitud de tiempos en programa así como una fuente de detección de oportunidades para mejorar las actividades implementadas

Básicamente hay cuatro maneras de determinar la medición del tiempo y del trabajo de las actividades de mantenimiento:

1. Información histórica
2. Estimados
3. Muestreo de trabajo
4. Estándares de ingeniería

1. Información histórica

Es el desarrollo de tiempos promedios basados en la experiencia de lo que ha sucedido. Los órdenes de trabajo completas son analizadas y los tiempos promedios en las diferentes categorías son determinados. De estos datos se pueden establecer tiempos promedios individuales para trabajos repetitivos.

Ventajas:

- Existe consistencia en la información
- Bajos costos administrativos después de desarrollada la fase inicial

- Entrenamiento sencillo
- Fácil abarcar rendimientos de todos los trabajos
- Fácil aplicación en trabajos rutinarios y repetitivos.

Desventajas:

- El promedio de los valores de tiempo reflejan el rendimiento pasado y no las metas futuras
- Trabajos alternados son difíciles de comparar
- Trabajos nuevos son difíciles de estimar
- Ineficiencias pasadas forman parte del sistema
- Cuando se mejoran los métodos es difícil cambiar los anteriores
- A veces los registros no presentan información por ausentismo, trabajos de emergencia, cambio de prioridades
- No se determina el uso de mano de obra especializada o no

2. Estimados

Este método se apoya en la experiencia de personas que pertenecen a Mantenimiento y han desarrollado los trabajos o actividades a medir, en repetidas ocasiones, y con la calidad requerida. Es la estimación del trabajo el tiempo probable requerido para el desempeño de trabajo, basado en el juicio mejor de la persona que hace la estimación. El conocimiento, la experiencia y la habilidad personal del estimador es la calidad de lo estimado.

Estas mediciones por estimación presentan valores subjetivos, resultado de impresiones subjetivas de situaciones pasadas y presentes.

Ventajas:

- Fácil desarrollo
- Se cubren todos los trabajos
- Bajo costo
- Un estimado puede medir todos los trabajos

Desventajas:

- Con frecuencia inconsistente e inexacto
- Entrenamiento a estimadores tardado y difícil
- Calidad de los estimados varía de acuerdo a las capacidades individuales
- Estimados con tiempos inadecuados, poco realistas, no motivan al personal

3. Muestreo de Trabajo

Técnica por medio de la cual los analistas realizan observaciones sobre el trabajo de mantenimiento que se está desarrollando. Es el método más ampliamente usado para medir la eficacia de la mano de obra. Así se registran número y causa de ocios, porcentaje de rendimiento de las operarias.

El muestreo del trabajo no se utiliza como un instrumento de medición continua es más bien un instrumento complementario para actividades de control.

Ventajas

- Relativamente económico

- Identifica oportunidades de mejora
- Eliminar tiempos de ocio
- Valioso instrumento de control

Desventajas

- No contribuye a desarrollar los valores exactos de tiempo
- No responde a la necesidad de definición de cuanto tiempo se requiere verdaderamente para ejecutar un trabajo dado.

4. Estándares de Ingeniería

Existen diferentes métodos de estándares de ingeniería como son:

- Método de medición de tiempos (MTM)
- Estudios básicos de tiempos y movimientos (BTM)
- Análisis de tiempos y movimientos (MTA)
- Estándares universales de mantenimiento (UMS)

Los sistemas de estándares de ingeniería son técnicas de medición del trabajo en que se utilizan tiempos determinados para los movimientos humanos básicos (clasificados según su naturaleza y las condiciones en que se hacen) a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma dada de ejecución.

Ventajas

- Ofrece un pronóstico de tiempo requerido para el trabajo exacto y confiable

- Reduce significativamente los costos del trabajo de mantenimiento incrementando la eficiencia del trabajador, de los métodos y procedimientos
- El tiempo requerido se conoce antes de empezar el trabajo facilitando así la programación
- Es constante

Desventajas

- Costo de implementación y mantenimiento de estándares es elevado
- Costos administrativos elevados

Estándares universales de mantenimiento (UMS)

Sistema en el que se analiza cada clase y tipo de trabajo. Basado en el conocimiento que el personal de la planta tiene sobre los rangos de tiempo empleados por los trabajadores calificados para fijar los estándares. En este sistema los parámetros y control se establecen de antemano, sin embargo el método exacto se delega al supervisor y al trabajador calificado. Se aplican y desarrollan puntos de comparación a los que se refieren los trabajos futuros para identificar los tiempos requeridos.

La más exitosa aplicación de estándares de mantenimiento está basada en la Técnica de Comparación de Trabajos y Ajuste.

Desarrollada en 1955, la técnica de comparación de trabajos y ajuste es la más extensamente utilizada y mejor conocida para aplicar estándares a trabajos de mantenimiento. Su utilización a lo largo de los años ha mostrado la efectividad de la técnica proporcionando mediciones válidas

cuando el 80% de las horas-hombre de mantenimiento han sido cubiertas. Las mayores ventajas de la técnica son su habilidad para manejar la variedad de trabajos de mantenimiento, su objetividad en la medición del trabajo, su consistencia y en algunos casos su bajo costo de implementación en relación a otras técnicas.

La comparación de trabajos y ajuste es la técnica de aplicación de datos estándar para generar valores de tiempo (mediciones) para las tareas de mantenimiento. Los estándares de mantenimiento pueden obtenerse de diversas fuentes, como el Departamento de Marina de Estados Unidos (Hoja Nardoa) a los Estándares Universales de Mantenimiento.

La comparación de trabajos y ajuste está basada en tres importantes conceptos:

1. Rangos de tiempo
2. Trabajos típicos
3. Hojas de consulta

1. Rangos de tiempo

El concepto de rango de tiempo se entiende directamente con el problema de variaciones en tiempo y diferencias en métodos utilizados para completar un trabajo. Un ejemplo es el de cambiar una banda, a pesar de que en la totalidad de los trabajos de este tipo el tiempo no cambia considerablemente de uno a otro, el tiempo requerido y los métodos utilizados para el cambio varían considerablemente dependiendo de las condiciones de los elementos de transmisión donde se encuentra

la banda. Este tipo de variaciones ocurre constantemente en trabajos de mantenimiento, haciendo ésto muy costoso e impráctico el implementar un tiempo preciso estándar para cada trabajo de mantenimiento.

En realidad, los trabajos de esta naturaleza son sostenidos en el rango de tiempo que admite variaciones en el trabajo. El concepto de rango de tiempo estipula un tiempo específico para completar un trabajo, pero este tiempo específico es realmente la media de los rangos de tiempo permitidos.

<u>Categoría</u>	<u>Tiempo Medio</u> <u>(horas)</u>	<u>Rango de tiempo</u> <u>(horas)</u>
A	0.1	0.0 - 0.15
B	0.2	0.15 - 0.25
C	0.4	0.25 - 0.5
D	0.7	0.5 - 0.9
E	1.2	0.9 - 1.5
F	2.0	1.5 - 2.5
G	3.0	2.5 - 3.5
H	4.0	3.5 - 4.5
I	5.0	4.5 - 5.5
J	6.0	5.5 - 6.5
.	.	.
.	.	.
R	22.0	20 - 24
S	26.0	24 - 28
T	30.0	28 - 32

2. Trabajos típicos y Hojas de consulta

El concepto de rango de tiempo es utilizado en los trabajos típicos que son seleccionados para analizarlos en detalle. Los trabajos típicos deben ser cuidadosamente seleccionados para asegurarse que representen los trabajos comunes que ocurren o se realizan en la Planta. Los estándares de mantenimiento pueden ser utilizados como base en el establecimiento de tiempos estándares para esos trabajos.

Los trabajos típicos deben ser catalogados en las hojas de consulta de acuerdo al tipo de trabajo, al área de la tarea y al grupo del rango de tiempo.

Normalmente alrededor de tres trabajos típicos son requeridos para cada grupo de rango de tiempo (Ver Esquema 2.5). Las técnicas de comparación de trabajos y ajustes utilizan el rango de tiempo y los trabajos típicos en hojas de consulta para proveer tiempos estándares para una tarea particular de mantenimiento.

Si un trabajo típico es solicitado, el tiempo permitido para este trabajo es directamente obtenido del registro de la hoja de consulta. Las solicitudes de otros trabajos utilizan la técnica de comparación de trabajos y ajustes.

Una vez solicitados los trabajos no analizados, el determinar tiempos de ejecución para estos trabajos es referido en las hojas de consulta de acuerdo al tipo de trabajo y área del trabajo en el catálogo de trabajos típicos. El contenido de trabajo del trabajo solicitado es comparado con el contenido de trabajo del trabajo típico. Se

ESQUEMA 2.5

COMPARACION DE TRABAJOS Y AJUSTE

HOJA DE CONSULTA

No. 14

AREA : MANTENIMIENTO PREVENTIVO / MECANICA
TIPO DE TRABAJO : REVISION DE TENSION Y ESTADO DE BANDA

GRUPO A (0) 0.1 (0.15)

- 1.- DISCO ACUMULADOR
ABRIR PUERTA
- 2.- BANDA TRANSPORTADORA
ABRIR PUERTA
- 3.- SOPLETEADORA DE FRASCO
ABRIR PUERTA

GRUPO B (0.15) 0.2 (0.25)

- 1.- AGITADOR HORIZONTAL
RETIRAR GUARDA
- 2.- TAPONADOR MANUAL
ABRIR PUERTA, REVISAR TENSION ACCIONANDO EQUIPO
- 3.- HOMOGENIZADOR
ABRIR PUERTA, RETIRAR BASE DE PROTECCION

GRUPO C (0.25) 0.4 (0.5)

- 1.- ETIQUETADORA AUTOMATICA
ABRIR PUERTA, REVISAR TENSION Y AJUSTE ACCIONANDO MECANISMOS DE TRANSMISION
- 2.- LLENADORA AUTOMATICA
ABRIR PUERTA, REVISAR TENSION Y AJUSTE ACCIONANDO MECANISMOS DE TRANSMISION
- 3.- TAPONADORA AUTOMATICA
ABRIR PUERTA, REVISAR TENSION Y AJUSTE ACCIONANDO MECANISMOS DE TRANSMISION

INGENIERIA DE PLANTA

localiza rápidamente un trabajo típico con un contenido similar y/o comparable al del trabajo solicitado. El tiempo estándar (la media del rango de tiempos) del trabajo típico es entonces utilizada como el tiempo permitido para la ejecución del trabajo solicitado. (El tiempo de preparación y otras asignaciones deberán ser incluidas).

Debido a que los planeadores están normalmente involucrados en la selección y análisis de los trabajos típicos a registrar, ellos pueden manejar el proceso rápida y adecuadamente. Las habilidades y experiencias del planeador harán que esté familiarizado con los detalles del trabajo que se está midiendo.

En resumen, es importante reconocer que la medición del trabajo de mantenimiento es diferente de otros tipos de medición del trabajo. Las variaciones y diversidad de trabajos de mantenimiento hacen imposible considerar el control de todos los trabajos de mantenimiento. Sólo la totalidad de los métodos y prácticas generales pueden ser controlada en la mayoría de los trabajos de mantenimiento, la comparación de trabajos y ajuste permite la medición adecuada del trabajo que requiera ser controlado.

Cuando la técnica de Comparación de Trabajo y ajuste es utilizada por planeadores entrenados y estándares adecuados es aplicada fácil y económicamente. Un sistema computarizado de Hojas de Consulta mejora el proceso de comparación y ajuste, así como la flexibilidad al sistema.

Los estándares de tiempo en mantenimiento proporcionan una base para

la medición de mejoras y productividad. Estos crean claras expectativas de cumplimiento y ayudan en la disciplina en la totalidad del sistema de mantenimiento. Es importante reconocer el alcance de la medición en el mantenimiento. Los cálculos de índices de productividad son una medida de qué tan bien es planeado, supervisado y ejecutado un trabajo.

Todos los tipos de estándares tienen un valor relativo. Lo importante no es cual es el mejor sistema sino que se usen. Si se usan, la necesidad de mejorarlos se presentará de inmediato y los esfuerzos y costos se justificarán.

Una herramienta complementaria para actualizar y mejorar los tiempos definidos para cada actividad de mantenimiento preventivo es el realizar estudios de tiempos, es decir, registrando los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de tareas definidas, efectuada en condiciones determinadas, y analizando los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

Una vez determinados los tiempos necesarios para ejecutar cada actividad de mantenimiento preventivo en relación al equipo, regístrese esta información en el formato de Matriz de Mantenimiento Preventivo (Ver formato 2.3).

Utilícese una unidad de tiempo común, siendo la más adecuada: minutos.

En resumen, para determinar los elementos de las actividades de

mantenimiento preventivo:

- Descripción
- Frecuencia
- Tiempo

Se empleará el método más adecuado de acuerdo a las necesidades actuales de la empresa, a la situación del equipo, a la necesidad de implementación del mantenimiento preventivo, al presupuesto asignado a esta implementación, a la información y registros históricos existentes, a la veracidad y exactitud de esta información, a la capacidad del personal de mantenimiento, a la capacidad de organización del departamento de Mantenimiento y a los recursos propios de éste.

Es importante recordar que la complejidad con que se desarrolle el sistema en su parte conceptual o teórica, a través de las técnicas seleccionadas para determinar los elementos de las actividades de mantenimiento preventivo, retrasará la implementación del programa así como su aplicación práctica y correcta.

Se recomienda así seleccionar técnicas económicas y de fácil aplicación al iniciar el programa de mantenimiento preventivo complementadas con herramientas de control para retroalimentar el sistema optimizando así la selección de la técnica.

De igual forma recordar que lo importante de una actividad definida es su uso y aplicación correcta, no su alto grado de complejidad para definirla.

Una actividad de mantenimiento preventivo será igual a otra si presentan la misma descripción, el mismo periodo, empleen el mismo tiempo y utilicen las mismas refacciones y/o lubricantes.

La cantidad de actividades de mantenimiento preventivo ha definir para cada equipo debe ser la adecuada considerando que el 20% de estas actividades disminuirán el 80% de los paros ocasionados por falta de mantenimiento.

2.6.3. Programación de Mantenimiento Preventivo

Los principios básicos a considerar en la programación son:

1. Los programas deben basarse en lo que es más probable que ocurra, no en lo que se quisiera ocurriese.
2. Hay que tener presente que puede presentarse la necesidad de hacer cambios al programa.
3. El programa es un medio para conseguir un fin, y no un fin en si mismo.
4. Los tiempos de ejecución prometidos deben incluir un margen de tiempo para cubrir imprevistas
5. Las órdenes de mantenimiento deben ser lo más claras y precisas

respecto a la información que proporcionan

6. Refacciones, partes, herramientas, accesorios, personal y equipo tienen que hallarse oportunamente en cada uno de los centros o lugares definidos.
7. Todo programa tiene que fundarse en un estudio del costo más bajo y del tiempo de ejecución.

Un programa de mantenimiento preventivo debe presentar la flexibilidad necesaria para adaptarse a los continuos cambios que presenta la operación de la empresa así como a los cambios internos propios del programa, resultado de las fases de su implementación.

Al iniciarse el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo las fases de diseño e implementación deberán realizarse en paralelo, es decir, a cada fase de diseño corresponderá una comprobación y ajuste resultado de la implementación y retroalimentación de ésta.

En sus inicios los programas serán generados de forma manual. Una vez comprobada la efectividad y eficiencia del sistema diseñado se procederá entonces al diseño de la programación por computadora, definiendo así el sistema de programación, sus archivos, campos y reportes guardando la flexibilidad de adaptaciones o futuras modificaciones.

Limitantes en la programación manual, al inicio, así como en la programación por computadora son consideradas desde el inicio del diseño del sistema.

La responsabilidad de programar las actividades de mantenimiento preventivo es una función coordinada de los departamentos de Ingeniería de Mantenimiento y Programación y Control de la Producción.

Ingeniería de Mantenimiento enviará a Programación y Control de la Producción los requerimientos de tiempo para realizar las actividades de mantenimiento preventivo correspondientes al periodo definido de programación.

Programación y Control de la Producción distribuirá los tiempos requeridos por mantenimiento en el programa de producción correspondiente, ajustando las actividades operativas y de mantenimiento para lograr el óptimo aprovechamiento de los recursos, minimizando los tiempos improductivos para realizar actividades de mantenimiento y aprovechando los tiempos de ocio del equipo para llevar a cabo estas labores.

De la misma forma programación y control de la producción dará seguimiento al cumplimiento del programa de mantenimiento realizando los ajustes que del programa de operaciones resulten.

Esta programación será dinámica y continua al inicio de la implementación del programa de mantenimiento preventivo debido a la poca confiabilidad del equipo, al corregirse esta situación y no presentarse problemas operativos la programación será más certera y requerirá de menos seguimiento.

Establecido el periodo, en la unidad de detalle requerida días, horas, definido para cada actividad de mantenimiento en la base periódica de

programación bimestral, mensual, semanal, el programa elaborado con tiempos asignados a actividades operativas y de mantenimiento será enviado a producción e ingeniería de mantenimiento para su revisión y aviso de conformidad.

Ingeniería de mantenimiento deberá revisar la carga de trabajo día a día en el período del programa recibido así como la disponibilidad de personal, herramientas especiales y necesidades auxiliares para asegurar así la realización exacta y oportuna de las actividades programadas.

En caso de no ser así balanceará la carga de trabajo de actividades de mantenimiento y presentará esta recomendación a programación y control de la producción.

Ingeniería de mantenimiento solicitará por medio del reporte o concentrado de requerimientos de tiempo para actividades de mantenimiento condiciones especiales para el cumplimiento de éste, como son: necesidad de producto y materiales de empaque en caso de realizar ajustes al equipo como actividad posterior a una actividad de mantenimiento, necesidad de retirar el equipo del área productiva para realizar mantenimiento en taller, etc.

Algoritmo de Programación

Una función de ingeniería de mantenimiento es la de enviar el reporte de requerimientos de tiempo para actividades a mantenimiento, y a programación y control de la producción. Para la emisión de este reporte utilizará el Algoritmo de Ordenes de Mantenimiento.

ALGORITMO DE PROGRAMACION

(Diagrama de Flujo)

1. Nueva fecha de mantenimiento

2. Selección de equipo

3. Actividades de Mantenimiento por equipos:
Clave de Act / Clave de Periodo
Fecha de Mantenimiento
Tiempo
Refacciones por Actividad

4. Periodo de Programación =
[Nueva fecha de Mantenimiento,
Nueva fecha de mantenimiento + 30 días]

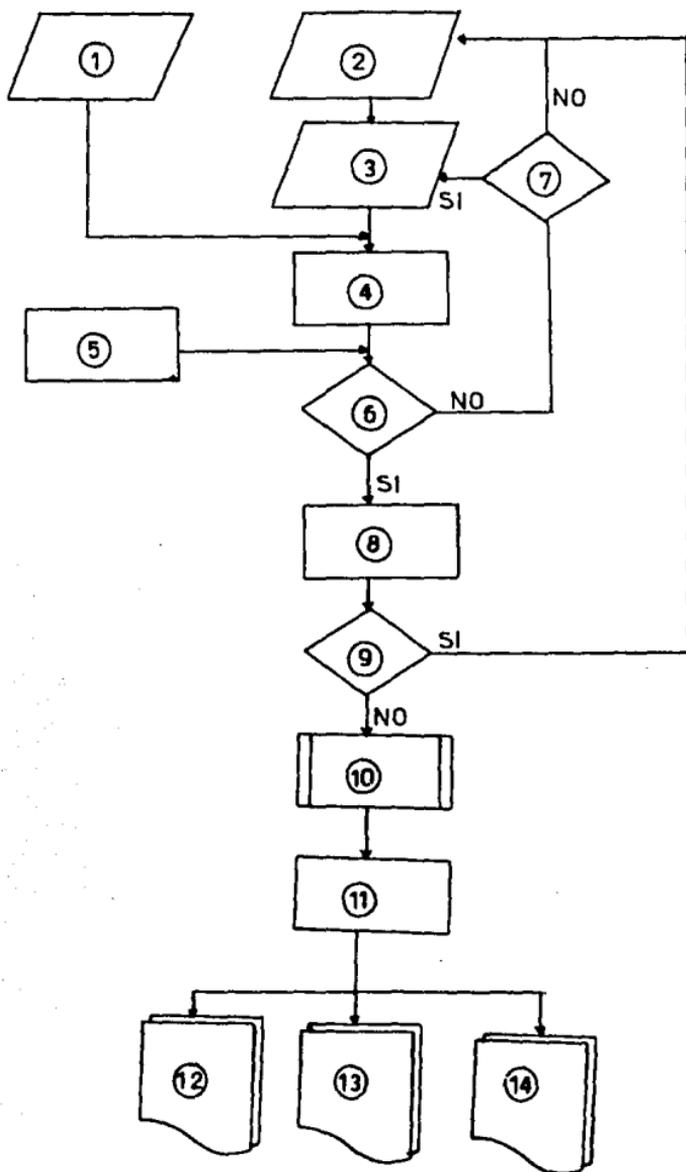
5. Convierte clave de periodo en clave de periodo en días

6. Fecha de mantenimiento + clave de periodo en días dentro del periodo de programación

7. Existe otra actividad para ese equipo

8. Guarda actividad por equipo
Guarda refacciones por actividad

9. Existe otro equipo en programa de mantenimiento preventivo
10. Obtiene días y horas de inicio programadas según programa mensual de producción
11. Actualiza fechas de mantenimiento
12. Imprime programa de mantenimiento preventivo por equipo
Actividades de mantenimiento
13. Imprime programa de mantenimiento preventivo por equipo
Refacciones
14. Imprime programa de mantenimiento preventivo
Reporte de tiempos



Para el funcionamiento del algoritmo se recomienda emitir el reporte en las mismas fechas (por ejemplo, a final de mes anterior a programar) siendo la fecha de emisión la del primer día del mes a programar y el periodo a programar un mes.

En las actividades con frecuencia mayor o igual a un mes se registrará el tiempo en el acumulado mensual.

La intención del algoritmo es la programación de las actividades de mantenimiento de manera común, es decir, en día asignado para la realización de todas las actividades mensuales correspondientes a cada equipo y un día a la semana para las de carácter semanal con el fin de reducir el número de paros y optimizar el tiempo de mantenimiento realizando labores dependientes en ese mes en secuencia.

Al emitir el reporte de tiempos se emitirán los programas de mantenimiento preventivo para cada equipo, quedando pendiente sólo el registro del día definido para la realización de las actividades, información proporcionada por programación y control de la producción.

El registro de los días y su realización seguirá el siguiente procedimiento:

- Definidos los días asignados a actividades de mantenimiento preventivo y la hora de inicio de éstas se registra en programa de mantenimiento para cada equipo, señalando sólo el día y hora.

- Realizadas las actividades se registra día y hora de inicio de

realización y se señala en columna de observaciones si se cumplió con la fecha y hora señalada o las causas por las cuales se tuvo que cambiar fechas y/o hora, para reprogramación.

Para respetar las frecuencias del mantenimiento preventivo, programación y control de la producción programará cada equipo a mantenimiento en el mismo periodo en base mensual. Los equipos de cada área tendrán un periodo fijo de programación, por ejemplo, equipos del área 1 de fabricación serán programados en la primera semana del mes a programar, equipos del área 2 de acondicionamiento serán programados en la última semana del mes a programar, etc.

Las recomendaciones para tomar estas decisiones serán dadas por mantenimiento y evaluadas por programación y control de la producción.

La fase inicial de programación será manual, posteriormente se desarrollará la implementación por computadora.

2.6.4. Programación por Computadora

Objetivos:

1. Aumentar la eficiencia del departamento de mantenimiento
2. Control y reducción de costos de operación de mantenimiento
3. Aumentar los recursos administrativos
4. Producir reportes completos a la gerencia

Ventajas para la mejor utilización del personal:

- Programación automatizada
- Administración por excepción
- Menor tiempo de programación
 - Actividades repetitivas
 - Actividades no repetitivas
- Menos papeleo
- Prioridades automáticas
- Equilibrio de la carga de trabajo
- Información centralizada
- Facilidad de mejora en registros

Ventajas en la reducción de costos de operación:

- Reducción de interrupciones por descompostura
- Control y reducción de inventarios en el almacén
- Control de presupuesto y pronósticos
- Desechar o reemplazar equipo con alto costo de mantenimiento
- Control y reducción de trabajos pendientes
- Reducción de costos en mano de obra y materiales
- Reducción de tiempo extra

La utilización de computadora presenta la ventaja de un mayor y más fácil manejo de información.

Se definirá para esta sistematización Códigos para equipos, actividades y refacciones, así como la codificación de las demás variables utilizadas.

A continuación se muestran los archivos, campos y rutinas del sistema así como su descripción y codificación utilizada para su implementación.

Archivos:

- Catálogo de Equipo

Clave de equipo	6	Caracteres Alfanuméricos
Clave de Mantenimiento	4	Caracteres Alfanuméricos
Descripción de Equipo	30	Caracteres Alfanuméricos
Marca	15	Caracteres Alfanuméricos
Modelo	10	Caracteres Alfanuméricos
Tipo/Serie	10	Caracteres Alfanuméricos
Capacidad	15	Caracteres Alfanuméricos
Opciones	20	Caracteres Alfanuméricos
Número de Activo Fijo	12	Caracteres Alfanuméricos
Fecha de Adquisición	6	Caracteres Alfanuméricos
Procedencia	8	Caracteres Alfanuméricos
Costo de Adquisición	15	Caracteres Numéricos
Costo Reevaluado	15	Caracteres Numéricos
Depreciación anual (%)	3	Caracteres Numéricos

Acciones: Actualización a Catálogo de Equipo

Alta

Baja

Consulta

Modificación

Consulta Múltiple a

Catálogo de equipo

- Catálogo de Actividades de Mantenimiento:

Clave de Actividad	5	Caracteres Alfanuméricos
Descripción de Actividad	30	Caracteres Alfanuméricos
Tiempo	4	Caracteres Numéricos

Acciones: Actualización a Catálogo de Actividades de Mantenimiento

Alta

Baja

Consulta

Modificación

Consulta Múltiple a Catálogo

de Actividades de Mantenimiento

- Catálogo de Actividades de Mantenimiento por Equipo:

Clave de Mantenimiento	4	Caracteres Alfanuméricos
Clave de Actividad	5	Caracteres Alfanuméricos
Descripción de Actividad	30	Caracteres Alfanuméricos
Tiempo	4	Caracteres Numéricos
Clave de Periodo	1	Caracteres Alfanuméricos
Fecha de Mantenimiento	6	Caracteres Alfanuméricos

Acciones: Actualización a Catálogo de Actividades de Mantenimiento
por Equipo

Alta

Baja

Consulta

Modificación

- Catálogo de Refacciones por Actividad:

Clave de Actividad	5	Caracteres Alfanuméricos
Clave de Refacción	6	Caracteres Alfanuméricos
Descripción de Refacción	30	Caracteres Alfanuméricos
Cantidad	2	Caracteres Numéricos

Acciones: Actualización a Catálogo de Refacciones por Actividad

Alta

Baja

Consulta

Modificación

Descripción de Campos y Codificación:

- Clave de Equipo: AABCC

AA Código de Tipo de Equipo

ejemplo:	ET	=	Etiquetadora
	BT	=	Banda Transportadora
	DA	=	Disco Acumulador
	LL	=	Llenadora de Líquidos
	AG	=	Agitador
	TA	=	Tableteadora

HO = Homo
MO = Molino, etc.

BB Código de Area de Producción

Ejemplo:

01	Area de Fabricación de Soluciones
02	Area de Fabricación de Pomadas
03	Area de Acondicionamiento de Soluciones
04	Area de Empaque General
05	Area de Lotificado de Etiquetas
06	Area de Granulados
07	Area de Tabletas
08	Area de Pulido de Cápsulas, etc.

CC Código de Número Consecutivo de Equipo por cada Area de Producción

Ejemplo: 01, 02, 03, 99

- Clave de Mantenimiento: AABB

AA Código de Area de Mantenimiento

Ejemplo:

01	Areas de Molienda y Mezclado
02	Areas de Lotificado
03	Areas de Llenado de líquidos, soluciones y suspensiones
04	Areas de Acondicionamiento General
05	Areas de Agitación, etc.

BB Código de número consecutivo de equipo por cada área de mantenimiento

Ejemplo: 01, 02, 03, 99

- Clave de Actividad: AABBB

AA Código de Clase de Actividad de Mantenimiento

Ejemplo:

LI	=	Limpieza
LU	=	Lubricación
RE	=	Revisión

BBB Código de número consecutivo de actividad por cada clase de actividad de mantenimiento

Ejemplo: 001, 002, 003, 999

- Clave de Periodo : A

A Frecuencia de ejecución de actividades de mantenimiento preventivo

Ejemplo:

S	=	Semanal
Q	=	Quincenal
M	=	Mensual
B	=	Bimestral
T	=	Trimestral
Z	=	Semestral
A	=	Anual

- Clave de Refacción : AAABBB

AAA Código de tipo Genérico de Refacción

Ejemplo:

BAN	=	Banda
BAL	=	Balero
RET	=	Retén
CHU	=	Chumacera
POL	=	Polea
CAD	=	Cadena
CAT	=	Catarina
RES	=	Resistencia Eléctrica, etc.

- Fecha(s) : AAMDD

AA	Año	87, 88,
MM	Mes	01, 02, 12
DD	Día	01, 02, 31

Rutinas:

Rutina de Impresión de Ordenes de Mantenimiento

Fecha de reporte	6	Caracteres Alfanuméricos
Fecha de Mantenimiento	6	Caracteres Alfanuméricos

Imprime 1 orden de mantenimiento por cada clave de mantenimiento en base al algoritmo de programación anteriormente definido.

Rutina de Reporte de Tiempos de Mantenimiento Preventivo

Fecha de Mantenimiento	6	Caracteres Alfanuméricos
------------------------	---	--------------------------

Imprime reporte de tiempos por clave de mantenimiento y descripción de

acuerdo a periodos o veces de programación en base mensual. Se puede guardar el reporte en archivo de transferencia para interacción con programa de producción computarizado.

- Subrutina de Actualización de Fechas de Mantenimiento

Una vez impresas y revisadas las órdenes de mantenimiento y el reporte de tiempos se procede a actualizar el registro de fecha de mantenimiento por clave de mantenimiento en el catálogo de actividades de mantenimiento por equipo a las actividades correspondientes de manera automática.

Existen en el mercado diversos programas o paquetes encaminados a resolver las funciones del departamento de mantenimiento.

Se puede contactar diversos proveedores para estos propósitos:

- Proveedores de computadoras: desarrollar paquetes y programas (software) para propiciar ventas de sus computadores (hardware)
- Asesores en Programación: desarrollan paquetes y programas utilizando sistemas de gestión de base de datos.

Consultores de Mantenimiento: desarrollar paquetes y programas en base a su experiencia en asesorías y buenas filosofías y principios de administración del mantenimiento.

Compañías operativas: Compañías que han desarrollado paquetes y

programas para satisfacer sus requerimientos y necesidades que ponen a la venta sus sistemas desarrollados.

Una combinación de los proveedores enunciados puede ser una solución adecuada para implementar un sistema computarizado de mantenimiento.

Otro factor es el equipo o computador en el cual se va a procesar y almacenar toda la información requerida y generada por el sistema de mantenimiento.

La justificación y factibilidad de la combinación paquete de programas-computadora definirá el desarrollo y alcance del sistema de mantenimiento computarizado.

Para la computarización de un sistema desarrollado específicamente para resolver una necesidad y cuya adaptación y expansión futura cambian conforme a un entorno inestable el sistema más recomendado por la flexibilidad que éste presenta es un sistema gestor de base de datos.

Un sistema gestor de base de datos presenta las siguientes características:

- Independencia del programa y de los datos.

La estructura de los ficheros de datos puede ser modificada sin cambiar el programa. Los programas se pueden alterar sin modificar las estructuras de los ficheros de datos.

- La información y los datos se almacenan como un conjunto o fichero simple.

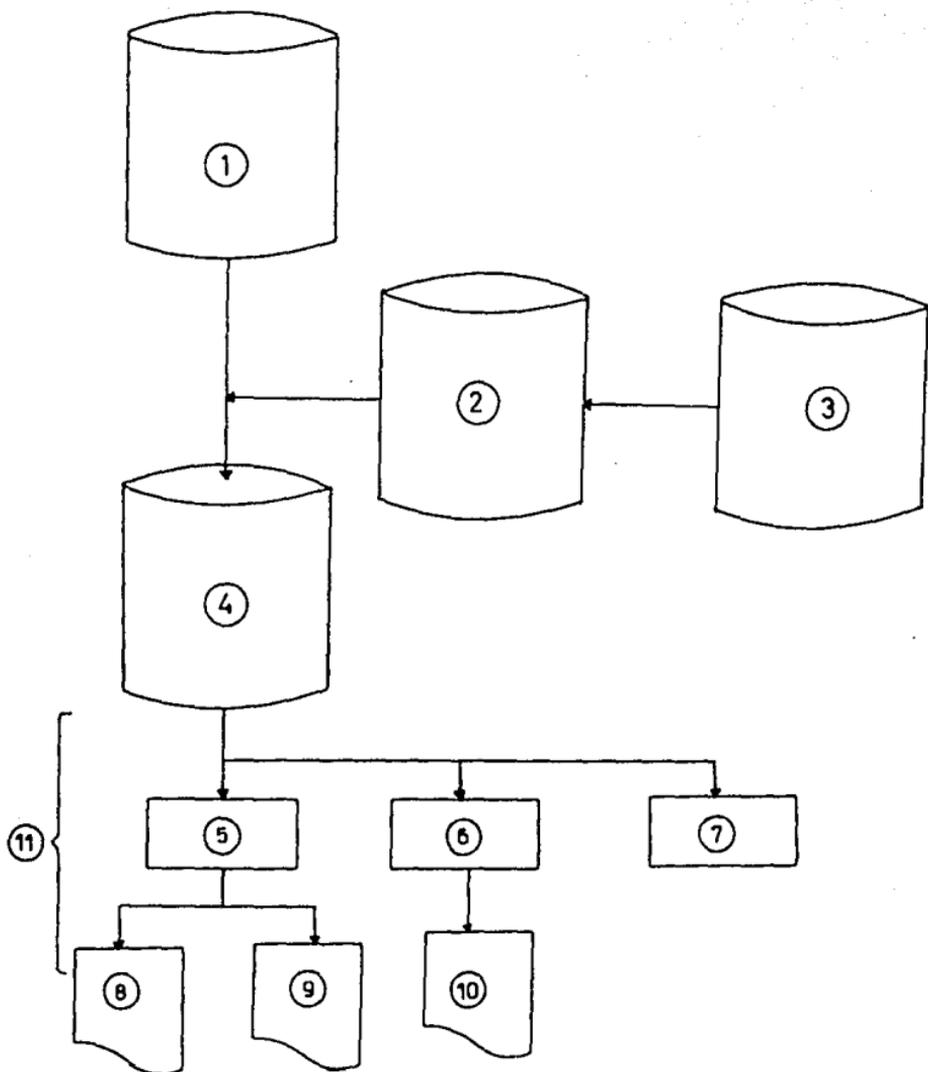
- Los datos pueden ser utilizados por un gran conjunto de programas de aplicación con control de seguridad sobre las informaciones para evitar accesos no autorizados de usuarios que no deberían tener tales accesos.
- Se proporcionan herramientas para la clasificación, indexación e información de datos en la base de datos para minimizar así el desarrollo de la programación
- Se proporcionan herramientas de programación de fácil acceso al usuario para búsquedas y operaciones en base a criterios de selección establecidos (Query).

El sistema gestor de base de datos presenta así una base de datos relacional cuyas características son:

- Las relaciones entre los elementos no se almacenan en la base de datos y se crean de forma lógica en lugar de físicamente
- Más fáciles de comprender y de utilizar
- Los ficheros de la base de datos se pueden alterar fácilmente para adecuarse a nuevas situaciones
- El rendimiento del equipo varía dependiendo de cómo se realiza la aplicación
- Utiliza relativamente pequeños espacios de memoria central y secundaria

DIAGRAMA DE ARCHIVOS

1. Catálogo de Equipos
2. Catálogo de Actividades de Mantenimiento
3. Catálogo de Refacciones por Actividad
4. Catálogo de Actividades de Mantenimiento por Equipo
5. Rutina de Impresión de Ordenes de Mantenimiento Preventivo
Actividades / Refacciones
6. Rutina de Reportes de Tiempos
7. Subrutina de Actualización de Fechas de Mantenimiento
Preventivo
8. Actividades de Mantenimiento Preventivo - Impresión
9. Refacciones de Mantenimiento Preventivo - Impresión
10. Reporte de Tiempos - Impresión
11. Programa Mensual de Producción



- Las bases de datos relacionales malgastan espacio al almacenar el máximo para cada campo aunque ello pueda no necesitarse.

2.7 Medición y Apreciación del Mantenimiento Preventivo

Una vez definido el ciclo de Mantenimiento Preventivo, ingeniería de mantenimiento deberá buscar indicadores eficaces que le permitan medir el rendimiento del programa de mantenimiento preventivo así como el cumplimiento de los objetivos propios del programa.

Ningún índice considerado aisladamente es eficaz, sino sólo en combinación con otros. Los índices representan una medida que indica mejoramientos en el desempeño de mantenimiento, o sea la tendencia de las operaciones de mantenimiento, como la posición relativa con respecto a un punto de referencia. Para lograr esta función de tendencia, el desempeño de mantenimiento necesita basarse en factores de referencia que sean comparativamente estables. Los cambios en los factores de referencia o invalidan la tendencia apuntada o requieren de correcciones complicada.

Para que tenga valor un indicador de la posición absoluta del mantenimiento preventivo necesita tener una base. En algunas empresas éste es factible en virtud de que el desempeño en empresas similares puede ser comparado con el desempeño en una empresa base.

Es casi imposible establecer un índice que muestre la posición absoluta de mantenimiento siendo así que la finalidad de los índices de medición del mantenimiento preventivo es la de indicar tendencias usando el desempeño anterior como punto de referencia para mejorar el desempeño presente.

Los siguientes son algunos de los índices utilizados para evaluar la meta que se establece para alcanzarse con la ejecución del mantenimiento preventivo:

Índice de cobertura del mantenimiento preventivo

$$\% = \frac{\text{Total de horas-hombre empleadas en las ordenes de mantenimiento}}{\text{Total de horas-hombre trabajadas durante un periodo}} \times 100$$

Índice de tiempo muerto del equipo originado por descomposturas

$$\% = \frac{\text{Tiempo muerto originado por descomposturas}}{\text{Tiempo muerto total}} \times 100$$

Índice de horas de reparación por descomposturas

$$\% = \frac{\text{Total horas-hombre empleadas en reparaciones por descomposturas}}{\text{Total horas-hombre disponibles para mantenimiento directo para todas las reparaciones}} \times 100$$

Índice de importancia de las reparaciones por descomposturas

$$\% = \frac{\text{Costo directo de las reparaciones por descomposturas}}{\text{Costo directo total de mantenimiento}} \times 100$$

Índice de disponibilidad del equipo

$$\% = \frac{\text{Tiempo de operación del equipo}}{\text{Tiempo de operación del equipo y tiempo muerto}} \times 100$$

Índice de Ordenes de Mantenimiento preventivo terminadas según programa

$$\% = \frac{\text{Ordenes Completadas}}{\text{Ordenes Programadas}} \times 100$$

Indice de trabajos de mantenimiento terminados

Trabajos de mantenimiento resultantes de actividades de

$$\% = \frac{\text{mantenimiento preventivo}}{\text{Ordenes de mantenimiento terminadas}} \times 100$$

Indice de ejecución de la programación

$$\% = \frac{\text{Horas empleadas en trabajos programados}}{\text{Total de horas trabajadas}} \times 100$$

Costos de mantenimiento preventivo contra costos totales de mantenimiento por descomposturas

$$\% = \frac{\text{Costos totales de mantenimiento preventivo}}{\text{Costos totales de mantenimiento por descomposturas}} \times 100$$

Cumplimiento de estándares de producción

Diferencia de horas-hombre atribuibles a falta de $\times 100$

$$\% = \frac{\text{mantenimiento preventivo}}{\text{Total de horas-hombre disponibles por estándar}}$$

El análisis de los índices proporcionará la retroalimentación en el ciclo de mantenimiento preventivo realizándose así los ajustes y adaptación de éste a las necesidades y situaciones de la planta productiva.

Algunas razones por las cuales el programa de mantenimiento preventivo puede presentar fallas son:

- El programa de mantenimiento preventivo no ha sido debidamente vendido

o justificado a la gerencia.

- El programa no ha sido vendido a los mecánicos de mantenimiento
- El personal calificado de ingeniería no ha sido asignado para, de una manera continua, encargarse de la ingeniería de mantenimiento y del mantenimiento correctivo
- La síntesis del programa es demasiado extensa, incluir mantenimiento preventivo para todas las cosas
- Hay demasiado papeleo involucrado en el programa
- La frecuencia establecida para las actividades de mantenimiento preventivo no ha sido seguida o implementada de acuerdo a lo programado
- Falta de seguimiento en el desarrollo de información, a través del programa de mantenimiento preventivo
- El programa de mantenimiento preventivo fue diseñado demasiado rígido
- Carencia de mano de obra debidamente entrenada para llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo
- Desaliento inicial acompañado de un apoyo decreciente

- Periodicidad de actividades de mantenimiento preventivo muy frecuente originando costos más elevados de lo necesario
- El equipo incluido en el programa de mantenimiento preventivo no es posible mantenerlo en el estricto sentido que se requieren en mantenimiento preventivo

CICLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

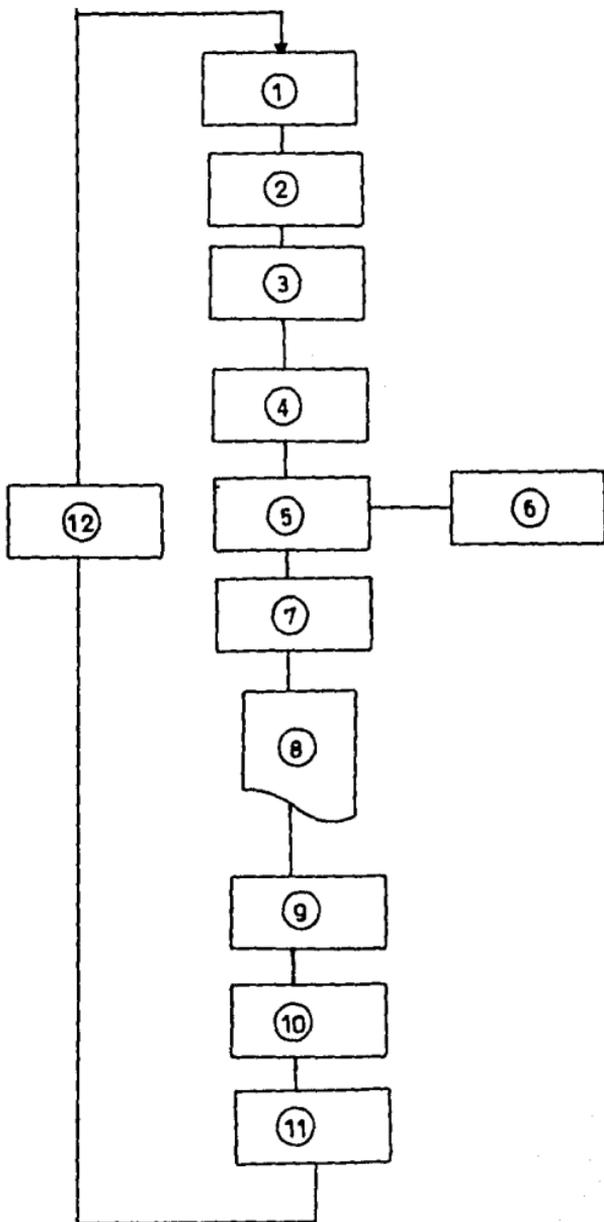
Diagrama de Bloques

1. Selección de Equipos
2. Recopila Información
3. Diagnóstico de Maquinaria
4. Definir Actividades de Mantenimiento:
 - Diagnóstico (descripción)
 - Determinación de frecuencias (periodo)
 - Medición del trabajo (tiempo)
5. Determinar Refacciones por Actividad
6. Control de Inventarios
7. Programación Mensual
8. Impresión de Ordenes
 - Programa de Mantenimiento Preventivo
 - Reporte de Tiempos
9. Ejecución

10. control y Registro de Actividades

11. Indices de Medición

12. Retroalimentación



3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

3.1 Definición:

- Es la reparación total de la máquina o equipo, al presentarse una falla mejorando las condiciones de operación del equipo, incrementando la productividad al proporcionar una mejor calidad de servicio.
- Actividad desarrollada en máquinas, instalaciones o edificios, cuando a consecuencia de una falla, han dejado de prestar la calidad de servicio para la que fueron diseñadas.
- Actividades necesarias en su realización inmediata para continuar la operación o proceso interrumpido por una falla.

3.2 Objetivo:

- Reestablecer la calidad de servicio, incrementándola arriba del límite inferior de calidad de servicios preestablecidos.
- Disminuir el tiempo de paro ocasionado por una falla en un proceso continuo o ya iniciado.

Todo trabajo de mantenimiento correctivo, exige una atención inmediata y por lo que ésta no puede ser programada, sólo se tramita y controla por medio de reportes por lo que el personal debe efectuar los trabajos absolutamente indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o equipo o hacer cualquier trabajo adicional que no sea necesario para que pueda seguir prestando su servicio.

Un trabajo de mantenimiento correctivo será, en la mayoría de los casos,

una reparación mayor debido a la existencia de varias fallas provocadas por la falta de atención oportuna de la falla inicial, provocando un incremento en costo del mantenimiento al requerirse de mayor mano de obra y mayores refacciones y partes adicionadas con un cargo extra por el carácter de emergencia de su ejecución.

Los trabajos de mantenimiento correctivo deberán reportarse oportunamente al departamento de mantenimiento por medio de llamadas telefónicas en un inicio y reportes de equipo fuera de servicio posteriormente si el trabajo requiriera de acciones correctivas mayores (Ver formato 3.1).

Una vez realizadas las acciones correctivas y reestablecida la calidad de servicio del equipo, se registrarán: la fecha, descripción del trabajo realizado, causa de la falla, responsable del trabajo realizado, tiempo de reparación, tiempo muerto o de paro y partes o refacciones reemplazadas en la bitácora del equipo en el cual se realiza la acción correctiva.

Reestablecida la calidad de servicio (arriba del límite inferior preestablecido) el equipo podrá requerir de acciones extras a las realizadas para eliminar la causa básica del problema o mejorar el diseño del equipo con el fin de que la falla no se vuelva a presentar. Este tipo de acciones, en caso de ser necesarias, deberán reportarse en el reporte de anomalías por equipo señalando trabajos, rutinas a efectuar y la urgencia de la reparación (Ver formato 3.2).

En base a los reportes de anomalía por equipo se implementarán acciones de mantenimiento planeado y/o preventivo.

FORMATO 3.1

REPORTE DE EQUIPO FUERA DE SERVICIO	
	FECHA : __/__/__. No. : ____.
PRODUCCION	
	HORA : __:__. EQUIPO : _____ AREA : _____
DESCRIPCION DE FALLA / DESCOMPOSTURA : _____ _____ _____	
MANTENIMIENTO	
CLAVE DE MANTENIMIENTO : ____. DESCRIPCION DEL TRABAJO : _____ _____ _____	
CAUSA DE LA FALLA : _____ _____ _____	
REFACCIONES / PARTES : _____ _____	
TIEMPO DE REPARACION (HORAS) : ____. TIEMPO MUERTO MECANICO (HORAS) : ____.	
EJECUTO : _____ SUPERVISO : _____	

FORMATO 3.2

REPORTE DE ANOMALIAS

FECHA : __/__/__
No. : _____

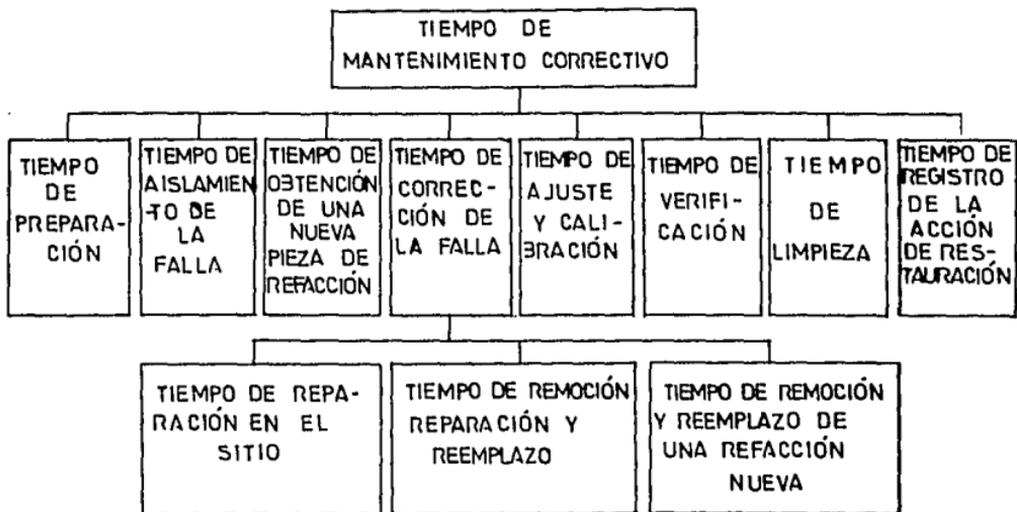
CLAVE DE MANTENIMIENTO : _____
DESCRIPCION DE EQUIPO _____

FALLA / DESCOMPOSTURA	TRABAJO A EFECTUAR	URGENCIA DE REPARACION

OBSERVACIONES : _____

ELABORO : _____

INGENIERIA DE PLANTA



Los reportes en la bitácora de equipo se registrarán en el sistema computarizado de mantenimiento y su análisis servirá para optimizar las actividades de mantenimiento preventivo de limpieza, lubricación y revisión, así como para implementar las actividades de cambio o reemplazo de partes y refacciones determinado por el análisis estadístico y confiabilidad de los datos registrados.

Archivo:

- Bitácora de equipo

Clave de mantenimiento	4	Caracteres Alfanuméricos
Fecha	6	Caracteres Alfanuméricos
Ejecutó	3	Caracteres Alfanuméricos
Descripción del trabajo	30	Caracteres Alfanuméricos
Causa de la falla	30	Caracteres Alfanuméricos
Tiempo de reparación	4	Caracteres Numéricos
Tiempo muerto mecánico	4	Caracteres Numéricos
Partes reemplazadas	15	Caracteres Alfanuméricos

4. MANTENIMIENTO PLANEADO

4.1 Definición:

- Es la ejecución de trabajos de mantenimiento derivados de observaciones realizadas en actividades de mantenimiento preventivo y trabajos de mantenimiento correctivo, cuya fecha de ejecución, refacciones y partes a utilizar, trabajos a ejecutar y tiempo estimado de ejecución son programados con anterioridad con el fin de no interrumpir operaciones y procesos de producción.
- Es la ejecución de acciones encaminadas a incrementar la productividad de los equipos en base a trabajos y actividades previamente definidas y planeadas.

4.2 Objetivo:

- Ejecutar acciones mayores a equipos sin interrumpir el proceso u operación de éstos.

El mantenimiento planeado permite la solicitud de tiempos a programación y control de la producción para la realización de actividades cuyo requerimientos de tiempo, materiales, refacciones, partes, procedimientos y costos son más elevados a los trabajos de mantenimiento de rutina siendo necesaria planear para optimizar la ejecución de estos trabajos.

Toda solicitud de tiempo para actividades y trabajos de mantenimiento planeado tendrá que estar justificada y definida en la solicitud correspondiente que se enviará a programación y control de la producción

ORDEN DE MANTENIMIENTO
(SOLICITUD A PROGRAMACION)

FECHA : __/__/__.
No. : ____.

MANTENIMIENTO

CLAVE DE EQUIPO : _____.
CLAVE DE MANTENIMIENTO : _____.
DESCRIPCION DE EQUIPO : _____.
MARCA : _____.

TRABAJO A EFECTUAR : _____

CONDICIONES DE REPARACION : _____

URGENCIA DE REPARACION : _____

TIEMPO DE REPARACION (HORAS) : _____

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

FECHA : __/__/__.
HORA : __:__.

OBSERVACIONES : _____

PRODUCCION / PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION
INGENIERIA DE PLANTA

para la designación oportuna de fecha de ejecución (Ver formato 4.1).

Trabajos de Mantenimiento Planeado:

- Reparación de defectos encontrados por inspecciones
- Reacondicionamiento de partes
- Reconstrucciones de partes y equipo
- Reposiciones de partes
- Modificaciones a diseño de equipo
- Trabajos derivados de labores de mantenimiento correctivo
- Instalación de elementos adicionales al equipo
- Reparaciones correctivas mayores

5. CONTROL DE INVENTARIOS

5.1 Indices de Falla y Control de Inventarios

Existen muchas teorías estadísticas para predecir tiempos promedios entre fallas, sin embargo, la experiencia determina que las condiciones de servicio en las que el equipo opera tienen la mayor influencia en los índices de falla.

Los índices de las partes y refacciones utilizadas dependen tanto de el número de unidades o subpartes que requiere una parte en particular, como el índice de falla de la parte en una aplicación específica.

El índice de utilización de una parte "U" para un número determinado de unidades "N" con un índice de falla para cada una $F(i)$ se calcula en base a la fórmula:

$$U = \sum_{i=1}^N F(i)$$

Siendo las unidades del índice de fallas el número de fallas (cambios requeridos) que se presenten por una unidad de tiempo próximamente definida.

Ejemplo: Balero No. 620322

Balero # 1	2 cambios/2500 horas	F(1) = 0.0008
Balero # 2	1 cambios/2500 horas	F(2) = 0.0004
Balero # 3	3 cambios/2500 horas	F(3) = 0.0012
Balero # 4	2 cambios/2500 horas	F(4) = 0.0008
Balero # 5	4 cambios/2500 horas	F(5) = 0.0016

U = 0.0048 promedio de fallas por cada 2500 horas de operación para el balero no. 6203ZZ que se utiliza en 5 diversos equipos y/o situaciones

El tiempo promedio entre fallas (TPEF) es definido:

$$\text{TPEF} = \frac{1}{U}$$

En el ejemplo:

TPEF = 208.33 horas de operación, esto significa que si trabajan los 5 equipos se necesitará un balero cada 208.33 horas

5.2 Probabilidades de Falla

Otra manera de ver la existencia (stocks) de partes y refacciones necesarias es el considerar la probabilidad de un número determinado de fallas durante un acto típico de reemplazo.

Está demostrado matemáticamente que la distribución Poisson es una buena aproximación de la probabilidad binomial de partes que fallan frecuentemente. Esta distribución binomial de la probabilidad o frecuencia de distribución da la ocurrencia de algún atributo (índice de

fallas de partes, por ejemplo) de una muestra aleatoria de una población. Cálculos binomiales pueden ser difíciles de manejar y son frecuentemente aproximados usando la distribución normal.

La ecuación de la distribución Poisson es:

$$P(n, Ft) = [(Fxt)^n e^{-Fxt}] / n!$$

donde:

$$P(n, Ft) = \text{probabilidad de } n \text{ fallas durante un tiempo } t \text{ dado un índice de falla } F$$
$$e = 2.718$$

5.3 Requerimientos de Partes y Refacciones

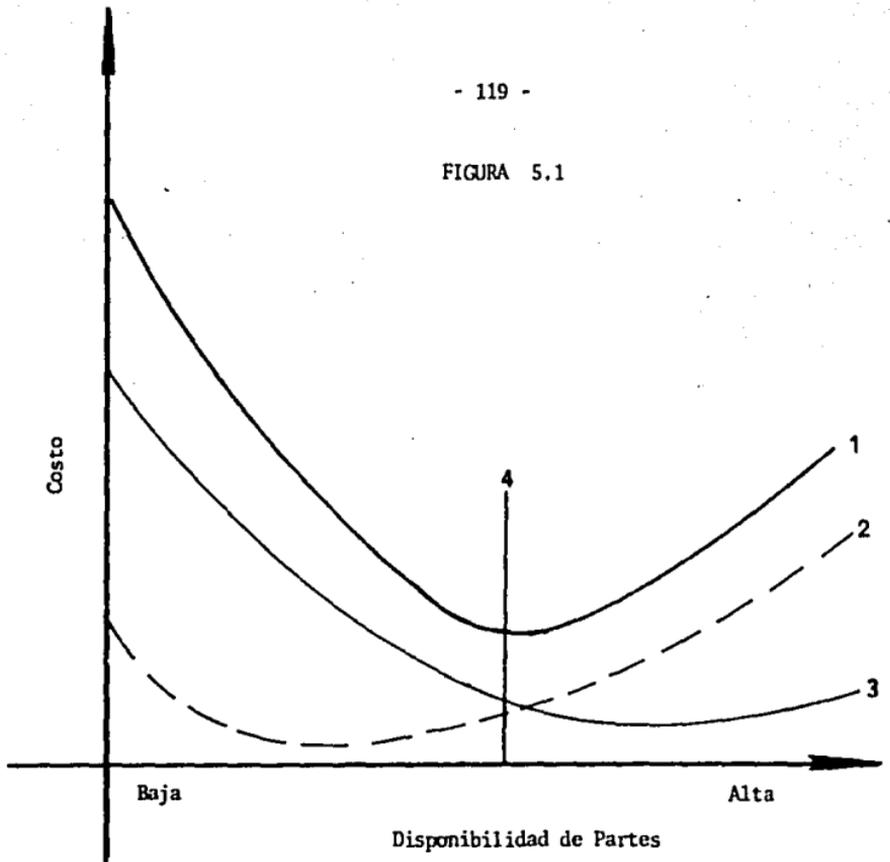
En un sistema de control de inventarios de refacciones y partes se busca optimizar la relación entre:

- Costos de operación y mantenimiento
- El valor de la producción

Una creciente disponibilidad de refacciones y partes de reemplazo incrementan el costo de inventario, pero también incrementan la disponibilidad de operación del equipo, incrementando así la capacidad de producción de la planta.

Existe un punto de operación ideal que no sólo resulta con el costo más bajo de las partes y refacciones y optimiza la rentabilidad unitaria. Esto es en lo que un sistema de control de inventarios puede ayudar a un departamento de mantenimiento con una planeación y control de refacciones (Ver fig. 5.1).

FIGURA 5.1



Optimización de la relación entre Costos por Inventario y Costos por Perdidas de Producción

1. Costo Total
2. Costo por Inventario de Partes y Refacciones
3. Costo por Perdidas de Producción
4. Menor Costo Total

5.4 Niveles Óptimos de Inventarios

Los sistemas tradicionales de inventario están diseñados para el manejo de materiales y materias primas empleadas en operaciones de manufactura.

El razonamiento y lógica de muchas de estas técnicas pueden ser aplicadas al control de refacciones y partes.

La ecuación que determina el lote económico de compra (EOQ) es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times CP \times D}{PU \times CM}}$$

donde:

- CP = Costo de pedir
- D = Demanda
- PU = Precio unitario
- CM = Costo de mantener

Esta fórmula intenta balancear los costos de compra (costo de pedir) con el costo de mantener en inventario esa parte.

La ecuación que determina el punto de reorden (PR) es:

$$PR = D + S \times L$$

donde:

- D = Demanda del número de partes usadas mientras el embarque de piezas llega
- S = Factor de seguridad establecido en base a requeri-

imientos particulares

L = Tiempo de entrega total requerido para que el departamento de compras obtenga la refacción o parte solicitada

Es posible usar la distribución de probabilidad Poisson para estimar el punto de reorden, en base al conocimiento del índice de falla y el número de fallas que ocurren durante un periodo determinado de reemplazo:

Por ejemplo, utilizando la fórmula de la distribución Poisson con los valores:

$$F = 0.001$$

$$t = 1,440$$

<u>Numero de Fallas</u>	<u>Probabilidad de Fallas</u> <u>P(n,Ft)</u>	<u>Acumulado</u>
0	0.2364	0.2364
1	0.3409	0.5773
2	0.2457	0.8230
3	0.1181	0.9411
4	0.0425	0.9836
5	0.0123	0.9959
6	0.0029	0.9988
7	0.0006	0.9994

Para obtener el punto de reorden se examina la probabilidad acumulada de

falla para encontrar la probabilidad de falla aproximada a un valor de confianza definido.

En el ejemplo a un valor de confianza de 95% 4 fallas presenta una probabilidad de falla acumulada del 98.36% por lo que el punto de reorden será de 4 unidades.

La cantidad exacta a ordenar es determinada por el lote económico de compra.

Otra técnica, de más fácil utilización, es propuesta por La Marche and Finley utilizando un nomograma (Ver fig. 5.2) que diagrama los índices del costo de tiempo perdido o de paro por no disponer de la parte o refacción solicitada con los costos de inventario.

Por ejemplo si el costo de parar un equipo por no disponer de la refacción adecuada es de 500,000 pesos por hora y el tiempo de conseguir esa refacción es de 24 horas, el precio de la refacción 100,000 pesos y en promedio esta refacción permanece almacenada por un periodo de 6 meses, el costo de inventario es (a una tasa de 25 anual):

Costo de inventario	=	100,000 x 25% x 6/12 meses
Costo de inventario	=	\$12500/año
Costo de tiempo de paro	=	500,000 x 24 = 12,000,000

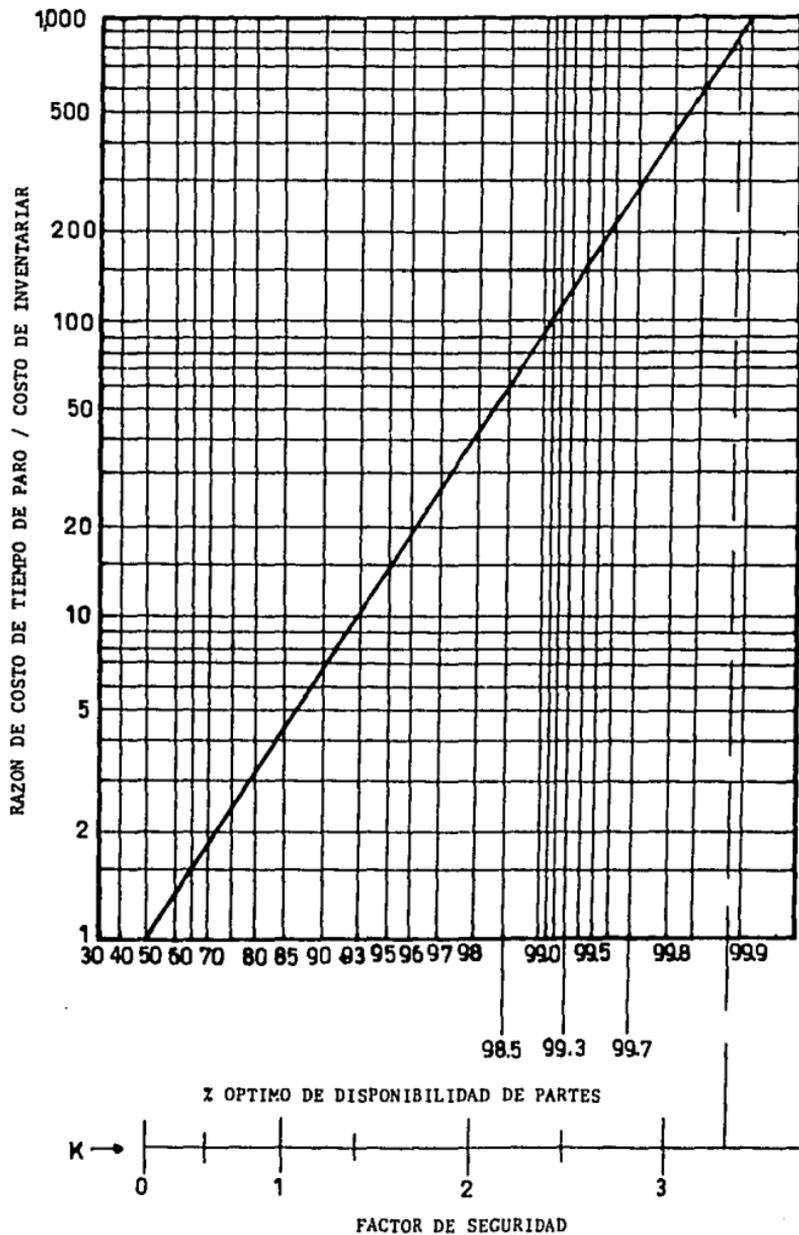
Obteniéndose así:

Rango	<u>Costo de tiempo de paro</u>	=	960
	Costo de inventario		

FIGURA 5.2

NOMOGRAMA

(LA MARCHÉ - FINLEY)



Entrando al nomograma (Eje Y) con el valor obtenido de 960 resulta un estimado óptimo de disponibilidad de partes del 99.85% (Eje X) con un inventario de seguridad de 3.2.

Obtenido el factor de seguridad se determina el punto de reorden en base a la utilización de la fórmula básica.

Si el costo por tiempo pendiente en proceso es muy caro, el costo de mantener inventario de parte no es representativo. Si el tiempo de entrega para obtener las refacciones es muy reducido el óptimo nivel de inventario será el de poco número de refacciones en la planta.

En cualquier caso, se debe conocer la situación y consecuencias de los niveles de inventario definidos.

La selección del método para obtener los valores de lote económico de compra y punto de reorden dependerá de la factibilidad de obtener los datos necesarios para la aplicación adecuada de éstos.

5.5 Control de Inventarios - Otros Aspectos

Es evidente que la determinación de lotes económicos, puntos de reposición y reservas, es una parte importantísima en el buen control de los inventarios. Sin embargo, no menos importantes son otras actividades como la especificación de materiales, la verificación física de los inventarios, y el análisis de consumos, sobre las cuales

se hablará a continuación:

1. Especificación de Materiales

Es lógico suponer que aún cuando la actividad de control de inventarios es la responsable de que siempre existan en el almacén los materiales necesarios para la operación de la Empresa, son los departamentos usuarios del material quienes deben especificarlos, aportando toda la información necesaria para su adquisición y control.

Se entenderá por especificaciones, todos aquellos datos de uso y de consumo, además de las características propias del material, y a continuación se describe brevemente:

a) Datos de uso

Esta información deberá incluir en forma general lo siguiente:

Máquina, línea u operación del proceso donde será usado

Esta información permitirá que se pueda correlacionar todos aquellos materiales que se utilicen en cada máquina, línea u operación. Manejada adecuadamente, esta información resulta muy valiosa para identificar riesgo de obsolescencia, en el caso de que el proceso, una línea o una máquina tengan que ser modificados o substituidos. Esto facilitará grandemente el considerar los costos de obsolescencia en los proyectos de substitución o modificación.

Número de Activo Fijo de la Máquina en que se usará el material

Para materiales o partes especiales de reemplazo, esta información permitirá analizar con rapidez los costos de mantenimiento del equipo a fin de decidir en qué momento es económico reemplazarlo o continuar su mantenimiento.

Materiales sustitutos o equivalentes

Esta información será de gran utilidad para Control de Inventarios, en los casos en que el abastecimiento del material normal sea problemático, o bien que en un momento dado no se puedan obtener los materiales por causas ajenas a la empresa. En estos casos ya se tendría a la mano los datos del material que se usaría en sustitución del normal.

Desde otro punto de vista, el conocer los materiales sustitutos o equivalentes, permitiría a control de inventarios y especialmente a Compras, el obtener el material más económico para cada caso, con el consiguiente beneficio económico para la empresa.

b) Datos de consumo.- Dentro de esta información se incluiría:

Consumo que estima tener para el material, el departamento que lo especifica.

Esta información sería la única de que dispusiera control de inventarios para iniciar el control del material y para hacer la compra inicial. Además estaría vigente hasta en tanto se tiene en los registros suficiente información de consumo real,

para de acuerdo a ella determinar o ajustar los niveles de inventario del material.

Una vez que se cuente con suficiente información estadística de consumo, se podrán analizar éstos con base a los consumos estimados en la especificación y modificar los niveles conforme a lo real.

Cantidad de piezas montadas.

Cuando se calcule la reserva del material, será importante conocer cuántas piezas hay en operación en la planta, a fin de determinar la necesidad de reservas de seguridad que eliminen agotamientos generalmente costosos cuando se trata de materiales de mantenimiento o de herramientas de proceso.

Reserva de seguridad sugerida por el departamento que especifica el material.

Al momento de iniciar el control de material, este dato será importante considerario, ya que es la mejor información disponible hasta ese momento.

c) Características propias del material: Tales como.-

Número de parte y descripción del material

Condiciones especiales de empaque requeridas.

Planos o dibujos, cuando se trate de materiales de diseño

propio de la empresa.

Características de peso y dimensiones, que permitan tramitar permisos de importación, cuando el material se obtenga en el extranjero.

Costo estimado.

Esta información permitirá comparar las cotizaciones que se reciban y aclarar cualquier variación significativa en el precio.

Proveedor que sugiera el departamento que especifica el material. Cuando esto sea procedente.

Unidad en que se deberá manejar el material en el almacén, o módulo de consumo.

5.6 Estandarización de Partes y Materiales

La estandarización es el proceso de establecer normas o estándares. Un estándar o norma es una medida o especificación, que ha sido cuidadosamente establecida, y que ampara: un método, un material, un producto o cualquier otra fase de un proceso comercial o industrial.

La estandarización de partes y materiales significa la determinación y aceptación de tamaños, tipos, calidades, medidas, etc., fija la estandarización implica la consideración cuidadosa de relaciones, de valores y generalmente requiere la aplicación de procedimientos

científicos. Es primordialmente una función de ingeniería.

La estandarización es más amplia que la simplificación pues esta última es sólo la eliminación de cantidades, tamaños, dimensiones, etc. superfluos y es un procedimiento en el que casi no interviene la aplicación de métodos científicos. Su objetivo es más comercial que técnico.

Las ventajas de la estandarización de partes, materiales y productos son:

- Menor costo por unidad
- Menor capital invertido en los inventarios
- Mayor posibilidad en entregas más rápidas y eficientes
- Aumento en la rotación del capital invertido en los inventarios
- Reducción en la inversión de capital invertido en maquinaria, equipos, herramientas, modelos y otros auxiliares de la producción
- Mayor posibilidad de dar gusto al consumidor por el servicio y ventas más rápidas y hojas de precios

Procedimiento para la estandarización de materiales y partes

1. Obtener y elaborar una lista completa de los materiales y de las partes que regularmente se llevan en existencia y en los almacenes
2. Clasificar los materiales y las partes por tipos, clases, consumos o usos
3. Determinar los usos que cada material y cada parte pueda tener

4. Comparar los materiales de una misma clase o tipo para determinar aquellos que tienen características y usos similares
5. Analizar y determinar la posibilidad de eliminación, sustitución, etc. para fijar los materiales estándar y sus posibles sustitutos, en casos necesarios
6. Recibir la lista de los materiales estándar por los departamentos involucrados
7. Determinar las características y calidades que deberá poner cada material incluido en la lista estándar
8. Registrar en forma de especificaciones las características y calidades fijadas y aprobadas
9. Asignar si no existe un número o símbolo distinto a cada material y/o partes para facilitar su control
10. Controlar la emisión y sus modificaciones de listas de partes y/o materiales estándar, nombrando a un grupo o responsable para esta función

5.7 Control de Refacciones por Computadora

Archivos:

- Catálogo de Refacciones:

Clave de Refacción	6	Caracteres Alfanuméricos
Descripción	30	Caracteres Alfanuméricos
Substituto	30	Caracteres Alfanuméricos
Precio Unitario	9	Caracteres Numéricos
Cantidad en existencia	4	Caracteres Numéricos
Localización	3	Caracteres Alfanuméricos
Demanda	4	Caracteres Numéricos
Tiempo de entrega	3	Caracteres Numéricos
Lote económico de compra	4	Caracteres Numéricos
Punto de reorden	4	Caracteres Numéricos

Acciones: actualización a catálogo de refacciones

Alta

Baja

Consulta

Modificación

Consulta múltiple a

catálogo de refacciones

- Catálogo de Inventario de Refacciones

Clave de Refacción	6	Caracteres Alfanuméricos
Descripción	30	Caracteres Alfanuméricos
Cantidad en existencia	4	Caracteres Numéricos
Fecha de movimiento	6	Caracteres Alfanuméricos
Tipo de movimiento	1	Caracteres Alfanuméricos
Cantidad	4	Caracteres Alfanuméricos

Descripción de campos y codificación:

Tipo de mantenimiento: A

A Movimiento en almacén de refacciones

E = entrada

S = salida

Rutinas:

- Rutina de cálculo de punto de reorden y lote económico de compra

Costo de pedido 9 Caracteres Numéricos

Factor de inflación 3 Caracteres Numéricos

Factor de seguridad 3 Caracteres Numéricos

Calcula punto de reorden y lote económico de compra para cada clave de refacción y lo guarda en el archivo de catálogo de refacciones

Rutina de refacciones a pedir:

Imprime listado de refacciones a pedir en base a la comparación de punto de reorden mayor o igual a cantidad en existencia por cada clave de refacción

5.8 Almacén de Refacciones

Elemento importante del control de inventarios de refacciones y partes es el almacén de refacciones, encargado del control y distribución física de éstas.

Una vez catalogadas las refacciones, el almacén definirá la ubicación física de refacciones y partes para su fácil y rápida localización.

Es función del personal del almacén de refacciones y partes el actualizar los movimientos de entrada y salida de refacciones así como el requerir a compras, mediante la solicitud correspondiente la cantidad determinada (lote económico de compra) para cada refacción en el momento que la existencia sea menor o igual al punto de reorden.

Los registros y procedimientos correspondientes al control de refacciones y partes deberán ser implementados y seguidos por todo el personal del departamento de mantenimiento así como el personal externo que requiera de los servicios que el almacén de refacciones proporciona.

El almacén contará con catálogos de refacciones generales como son: baleros, bandas, retenes, chumaceras, catarinas, poleas para identificar refacciones sustitutas o refacciones no registradas en base a especificaciones de dimensiones, características, material, etc.

Las refacciones específicas y especiales para determinado equipo serán identificadas y registradas con descripción, número de parte, proveedor y esquema o diagrama. Se archivarán en carpetas por equipo la información referente a las refacciones y lubricantes requeridos por cada equipo, facilitando así su localización y selección adecuada (Ver esquemas S.3 y S.4).

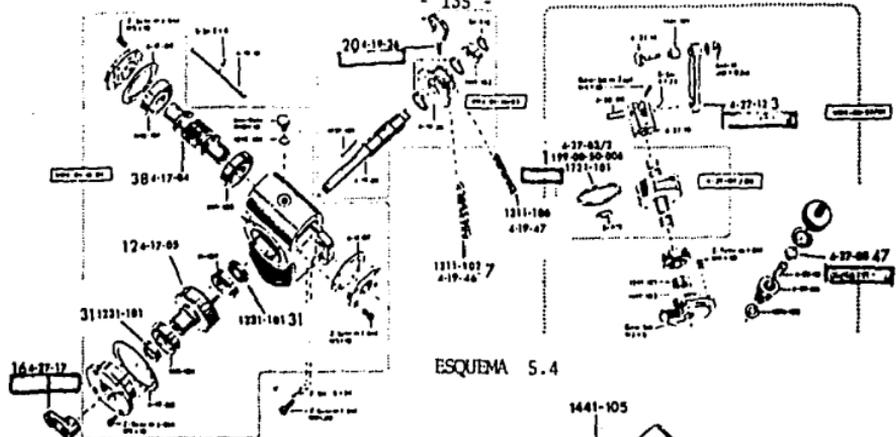
Es función del almacén de refacciones el suministro de herramientas especializada para ejecutar adecuadamente las actividades y trabajos de mantenimiento.

REFACCIONES PARA MAQUINAS SOBREIMPRESORAS "HAPA"

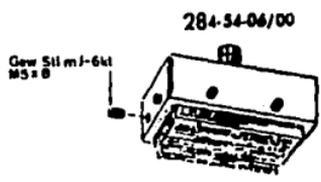
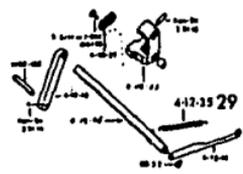
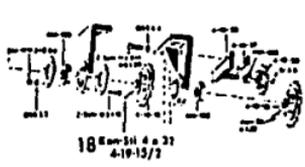
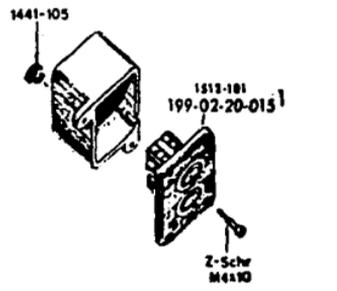
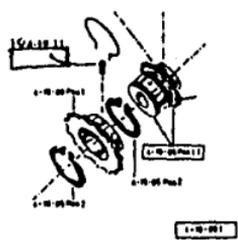
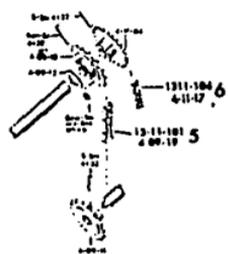
ESQUEMA 5.3

- 1 ARO DE PISTON 199-00-50-006 (4-27-03/2)
- 2 BARRA 4-21-30 (4-21-17/3)
- 3 BRAZO 4-27-12
- 4 CABEZA DE IMPRENTA COMPL. VM.4-17-10/01 (Entintador)
- 5 CADENA 4-09-19
- 6 CADENA 4-11-17
- 7 CADENA 4-19-46
- 8 CAUCHO PARA GUIA 4-21-49 (1329-101)
- 9 COJINETE DE BOLAS 199-00-55-008 (1111-110) (Baleros)
- 10 COJINETE DE TORNILLO VM 4-01-10/03
- 11 SOPORTE 4-10-53
- 12 CORONA 4-17-05
- 13 DISTRIBUIDOR DE TINTA VM.4-01-10/04 (Barra entintadora)
- 14 DISTRIBUIDOR DE TINTA VM.4-17-10/04 (Barra entintadora)
- 15 INTERRUPTOR 199-02-20-015
- 16 MANIVELA 4-27-17
- 17 PALANCA 4-21-16
- 18 PASADOR KON-STI 4 x 32 (4-19-15/2)
- 19 PERNO 4-19-11
- 20 PERNO 4-19-36
- 21 PERNO 4-21-19
- 22 PINZA DERECHA VM 4-01-21/01
- 23 PINZA IZQUIERDA VM 4-01-21/02
- 24 PLACA DE CAUCHO 4-06-13 (4-06-02/4)
- 25 PLACA DE FRENO 4-21-10 (Freno)
- 26 PLACA 4-21-11
- 27 PORTA SUCCIONADOR 4-24-159
- 28 PORTA TIPOS 4-54-06/00
- 29 RESORTE 1.25 4-12-35
- 30 RESORTE VM 4-16-10/01
- 31 RETENES DE ACEITE 199-00-50-007 (1231-101)
- 32 RODILLO VM 4-17-10/03
- 33 RODILLO ENTINTADOR 4-10-43
- 34 TUERCA 6kt M M6x0,8d (4-21-19/2)
- 35 RONDANA OS- 6,4 (4-21-19/3)
- 36 RONDANA 4-21-20
- 37 SEGURO B5-6 (4-20-10/2)
- 38 SINFIN 4-17-04
- 39 SUCCIONADORES 4-24-160
- 40 SUCCIONADORES 4-54-31
- 41 TALONES (Transporte) 4-24-185
- 42 TORNILLO Z-SCHR m 1-6kt M4 x 10 (4-15-08/3)
- 43 TUERCA 6kt M M4 x 0,8d (4-15-08/5)
- 44 TORNILLO Z-Schr m 1-6kt M4 x 10 (4-26-103/4)
- 45 TORNILLO Z-Schr m 1-6kt M4 x 16 (4-15-08/4)
- 46 TORNILLO Z-Schr m 1-6kt M6 x 16 (4-21-26/5)
- 47 TUERCA 4-27-08
- 48 TUBO DE TINTA NEGRA SECADO NORMAL 199-20-20-001 No. 3744
- 49 TUBO DE TINTA NEGRA SECADO RAPIDO 199-20-20-003 No. 4288

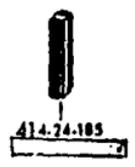
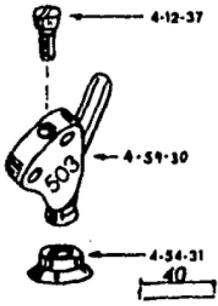
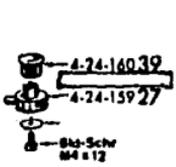
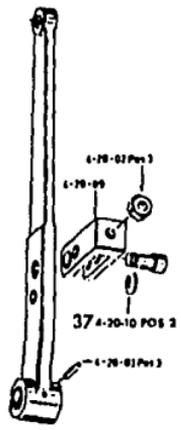
EXISTENCIA PERMANENTE EN PLAZA



ESQUEMA 5.4



4-54-01/00



El almacén de refacciones conocerá así las necesidades de herramienta y componentes de ésta como son lubricantes, conexiones, dados, etc. para su entrega oportuna y en condiciones adecuadas para su operación.

Toda orden de mantenimiento preventivo y mantenimiento planeado deberá ser conocida con anterioridad por el almacén de refacciones para la preparación y entrega oportuna de elementos operativos como refacciones, partes, herramientas y utensilios al personal encargado de la realización de estos trabajos.

El funcionamiento del almacén como centro de abastecimiento de refacciones y herramientas específicas a una actividad de mantenimiento permitirá optimizar tiempos de mantenimiento preventivo y planeado, distribuyendo cargas de trabajo no especializado, de fácil ejecución a personal almacenista.

La fabricación o rectificación de partes mecánicas se realizarán en el taller de mantenimiento por solicitud del almacén de refacciones, que controla las existencias de estas partes, factibles de fabricar en el taller. Las piezas rectificadas con frecuencia podrán ser sustituidas y posteriormente rectificadas para ser integradas a la cantidad en existencia disponibles en almacén.

El óptimo funcionamiento del almacén de refacciones en cuanto a control y entrega de refacciones, partes, herramientas y utensilios dará como resultado la ejecución óptima de actividades y trabajos de mantenimiento.

6. SISTEMAS DE MEDICION

6.1 Objetivos:

- Para definir las metas operacionales del departamento de mantenimiento y medir el cumplimiento en comparación a las metas para una posible evaluación de las actividades de mantenimiento.
- Para establecer prioridades en el mejoramiento de técnicas de mantenimiento en el proceso de la medición del cumplimiento del mantenimiento y basado en los diversos valores numéricos obtenidos para que más efectivas actividades de mantenimiento sean desarrolladas e implementadas seleccionando la acción correcta en el tiempo oportuno.
- Para incrementar la moral del departamento de mantenimiento el cual, teniendo tratos tradicionales como un departamento subsidiaria de segunda importancia trabajo frecuentemente con una moral baja.

6.2 Método

El método DuPont de medición del cumplimiento de mantenimiento presenta las siguientes características especiales:

1. El departamento de mantenimiento realiza periódicas auto evaluaciones para detectar sus debilidades administrativas. El énfasis es en detectar debilidades para futuras mejoras.
2. La evaluación del cumplimiento de mantenimiento es medida en un método de graficación basado en 4 funciones mayores y 16 subfactores.
3. La evaluación de cada uno de las 4 funciones mayores realizada en

gráficas individuales, con valores dados para cada una en base a las siguientes alternativas.

E	=	Excelente
G	=	Bien
+A	=	Arriba del promedio
A	=	Promedio
-A	=	Abajo del promedio
P	=	Pobre

Finalmente, estos 4 factores son combinados en una gráfica para obtener una calificación total del cumplimiento del departamento de mantenimiento.

Los 4 factores mayores y los 16 subfactores son los siguientes:

1. Planeación:

- a) Efectividad de la mano de obra

Escala: 0 a 100

- b) Porcentaje del total de horas hombre de mantenimiento sobre trabajo planeado y pronóstico semanal

Escala: 0 a 100%

- c) Porcentaje del total de horas hombre en trabajo de emergencia por mes

Escala: 0 a 20%

- d) Porcentaje del total de horas hombre por tiempo extra trabajadas en un mes

Escala: 0 a 20%

2. Carga de Trabajo

- a) Ordenes pendientes actuales en semanas de retraso

Escala: 0 - 7

- b) Total de trabajos pendientes en semanas de retraso

Escala: 2 - 12

- c) Porcentaje del total de horas-hombre por mes, de mantenimiento preventivo

Escala: 0 - 100%

- d) Porcentaje del total de horas-hombre por mes de trabajo diario de mantenimiento

Escala: 0 - 100%

3. Costo

- a) Costo de mantenimiento como porcentaje de la inversión en fábrica

Escala: 2 - 22%

- b) Porcentaje de aumento o disminución en el costo de mantenimiento por unidad de producto elaborado en un periodo base

Escala: -25 a 25%

- c) Porcentaje del costo total de mantenimiento por mantenimiento directo y general

Escala: 0 - 100%

- d) Porcentaje del costo total de mantenimiento por mantenimiento indirecto

Escala: 0 - 100%

4. Productividad

- a) Función de mantenimiento expresada por el porcentaje de recursos humanos dedicados a actividades productivas

Escala: 0 - 100%

- b) Porcentaje de eficacia pronosticada

Escala: 0 - 100%

- c) Porcentaje de tiempo de operación perdida en paros mecánicos por motivos de mantenimiento

Escala: 0 - 20%

- d) Porcentaje de aumento o disminución en el número de unidades de producto elaboradas por pesos de mantenimiento en un periodo base

Escala: -25 - +25%

En la evaluación de cada gráfica, los valores de los 4 subfactores de cada función mayor son graficados en cada uno de los ejes, de acuerdo a la

escala previamente definida, y el área definida por el punto de intersección (E, G, +A, A, -A, P) de las dos líneas de conexión de ejes opuestos representa la calificación de la función mayor.

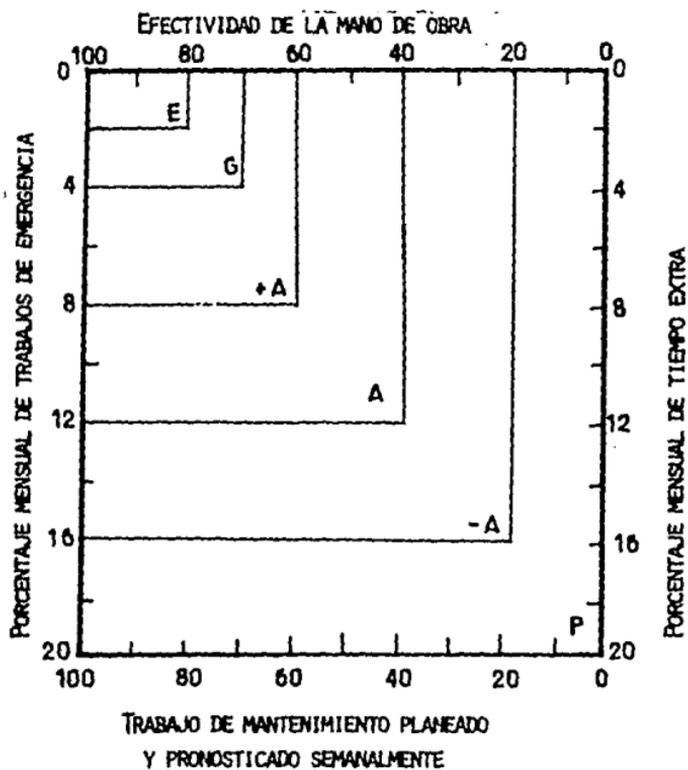
La gráfica de cumplimiento total de objetivos es obtenida de igual manera.

En la gráfica, las líneas continuas representan los estados actuales o iniciales y las líneas punteadas las metas futuras del departamento.

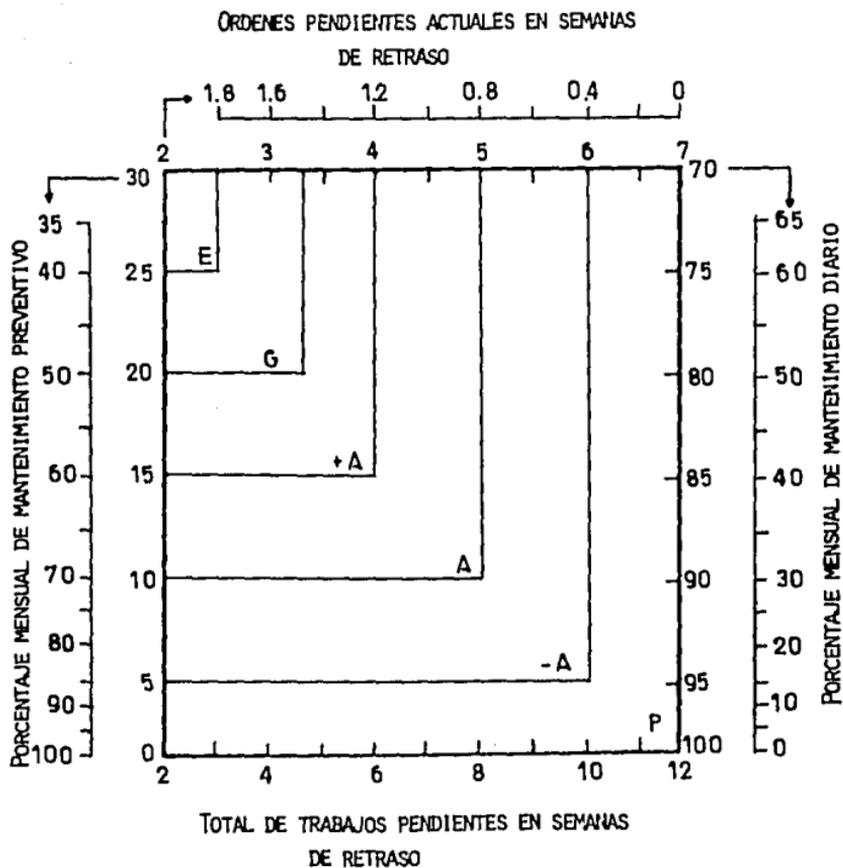
Una vez obtenidas las gráficas se clasifican las funciones mayores o factores principales desde los más deficientes hasta los mejores. En seguida se clasifican los subfactores empezando por las del factor principal más deficiente, de igual manera, según la posición relativa en cada escala.

Esto proporciona la base para seleccionar los factores y concentrar los esfuerzos en los que mayor potencial de mejoramiento presentan.

PLANEACION

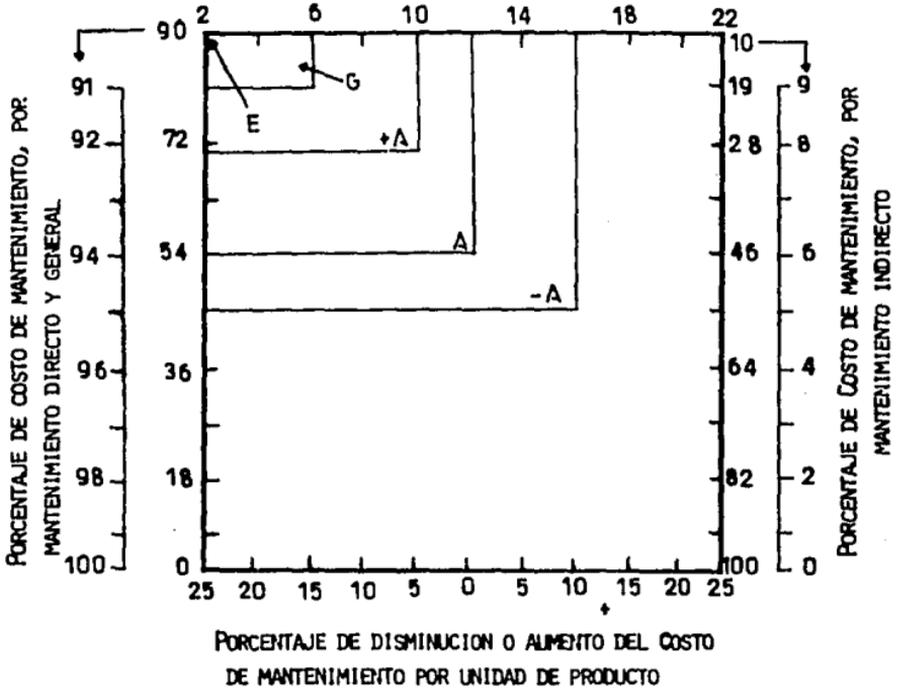


CARGA DE TRABAJO

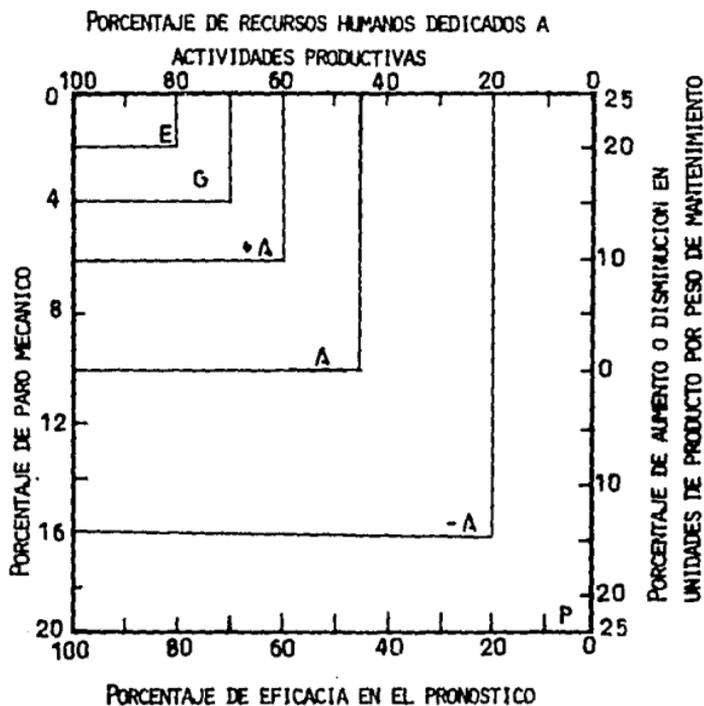


COSTO

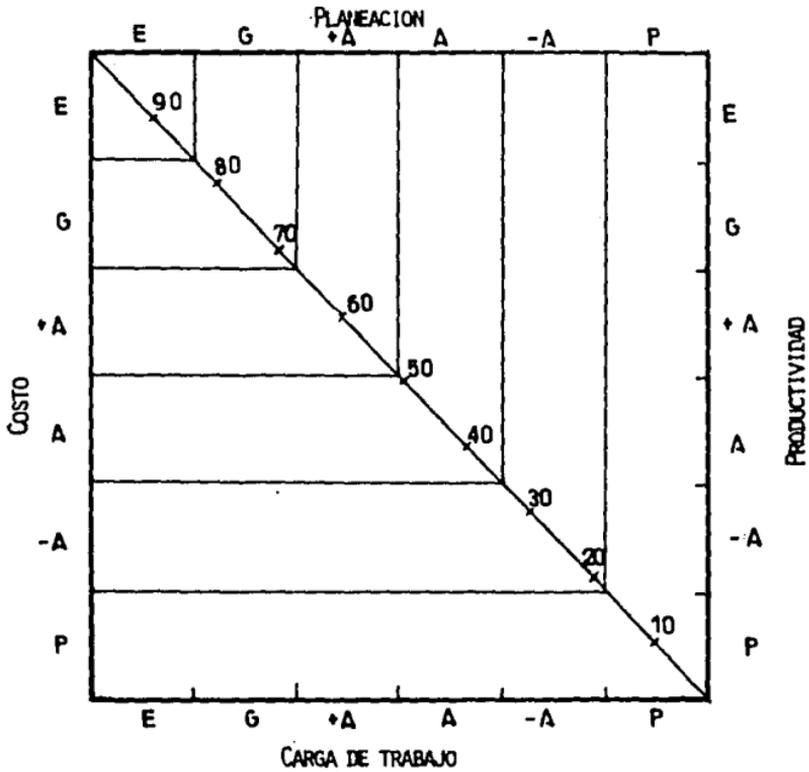
COSTO DE MANTENIMIENTO COMO PORCENTAJE DE LA INVERSION EN FABRICA



PRODUCTIVIDAD



GRAFICA COMPUESTA DE INDICADORES



7. IMPLEMENTACION

7.1 Equipo de Proceso en la Industria Farmacéutica

Definición de equipos de proceso.

La Industria Farmacéutica presenta en general similares procesos de producción, los cuales se pueden clasificar en:

1. Procesos de Fabricación
2. Procesos de Acondicionamiento

1. Procesos de Fabricación

Son aquellos procesos cuyo resultado final es un producto intermedio o granel que servirá de insumo a un proceso de acondicionamiento.

Los procesos de fabricación consisten en la elaboración propia de la medicina o fármaco a partir de entradas específicas de materia prima siguiendo una orden de manufactura o proceso de elaboración mediante la utilización de equipo y maquinaria específica para la obtención de un granel o producto intermedio, el cual debe presentar características físicas y químicas de calidad previamente definidas.

Los procesos de fabricación comunes en la industria farmacéutica son:

Procesos de mezclado y premezclado

Procesos de molienda y premolienda

Procesos de secado

Procesos de agitación

Procesos de homogenización

Procesos de transferencia o bombeo

Procesos de compresión

Procesos de tableteo

Procesos de encapsulado

Procesos de grageado

Proceso de filtrado, etc.

Para la ejecución de las actividades relacionadas con estos procesos existe la necesidad de utilización de equipos y maquinaria clasificadas en dos tipos:

a) Equipos de Proceso

Aquellos que intervienen directamente en el proceso de fabricación como elemento de transformación química o física de la materia prima. Ej. molino.

b) Equipos de Medición

Aquellos que intervienen en la determinación de características físicas y químicas de materia prima y granel así como en la cuantificación y seguimiento del proceso de elaboración. Ej. Medidor de pH.

En base a los procesos típicos de fabricación anteriormente enumerados, el equipo a utilizar en esta clase de procesos es el siguiente:

Mezcladoras

Molinos

Agitadores

Homogenizadores

Bombas

Tableteadoras

Encapsuladoras

Grageadoras

Filtros, etc.

Estos equipos presentan diversas características y opciones en función del resultado final que se requiera, es decir, un equipo proporcionará al proceso de elaboración condiciones específicas y necesarias para la obtención del granel deseado de acuerdo a la calidad de sus características físicas y químicas requeridas.

Ejemplos.- Un molino proporcionará tamaño de partícula requerido en función de la malla que esté utilizando. Un agitador dará homogeneidad o dispersidad de partículas en una solución en función de la velocidad y propela que esté utilizando.

De acuerdo a lo anterior existen equipos específicos para un proceso y equipos con capacidad de dar servicio a varios procesos.

La función de maximizar la disponibilidad de equipo de proceso para la producción es responsabilidad del Depto. de Mantenimiento.

Los equipos de medición son utilizados en actividades de seguimiento al proceso y su necesidad está determinada por el producto y

especificaciones a medir en la fabricación, es decir, a cada producto corresponden diversas especificaciones a medir con igual o distinto equipo.

Los equipos de medición deben presentar datos exactos de los atributos registrados por lo que requieren de actividades de calibración. Debido a esto, el equipo es más delicado requiriendo de mano de obra especializada para su calibración y disponibilidad de funcionamiento.

Esta función recae así en el área de instrumentación y control, parte del departamento de garantía de calidad.

2. Procesos de Acondicionamiento

Son aquellos procesos cuyo resultado final es un producto terminado y empacado, listo para ser distribuido y/o comercializado.

Los procesos de acondicionamiento consisten en el empaque propio del producto intermedio o granel y las actividades relacionadas con la preparación del o los empaques de ese producto de acuerdo a las especificaciones de calidad requeridas.

Un proceso de acondicionamiento está constituido por uno o varios procesos de empaque, siendo el empaque final la forma física en que se distribuye, por ejemplo, caja colectiva integrada por 64 frascos de una solución.

Las actividades previamente efectuadas sobre el material de empaque

son consideradas como parte del proceso de acondicionamiento, por ejemplo, impresión de número de lote, fecha de caducidad, precio en etiquetas, cajas, empaques laminados, etc.

Estas actividades pueden realizarse en acción simultánea al empaque o con anterioridad.

Los procesos de acondicionamiento comunes en la industria farmacéutica son:

Procesos de llenado

Procesos de taponeado

Procesos de etiquetado

Procesos de ensobretado

Procesos de emblistado

Procesos de encelofanado

Procesos de entubado

Procesos de impresión

Procesos generales de empaque, etc.

A diferencia de los procesos de fabricación, los procesos de acondicionamiento presentan la opción en ensamblarse en líneas continuas de producción cuyo producto final será la caja colectiva de producto lista para enviarse a almacenar.

En la ejecución de las actividades relacionadas con estos procesos la necesidad de utilización de equipo queda clasificada en:

a) Equipos de Proceso

Aquellos que intervienen directamente en el proceso de acondicionamiento como elemento de transformación en

presentación final del producto. Ejemplo: etiquetadora

b) Equipos de Medición

Aquellos que controlan valores y atributos determinados para la presentación final del producto. Ejemplo: básculas

Los equipos de proceso típicos son:

Llenadoras

Taponeadoras

Etiquetadoras

Dosificadoras de Polvo

Formadoras de sobre

Corredoras de tubo

Empacadoras en blister

Empacadoras en tiras laminadas o encelofanadas

Impresoras

Encartonadoras

Bandas transportadoras

Discos acumuladores

Sopleteadora, etc.

Cada equipo es específico para una o varias presentaciones, por ejemplo, una llenadora de líquidos acepta presentaciones de varios volúmenes, una llenadora de tubo maneja varios volúmenes de dosificación pero por las dimensiones del tubo necesitan formatos específicos para cada presentación.

Los equipos de procesos de acondicionamiento se ensamblan en líneas de producción continua debido a la secuencia de operaciones necesarias en el empaque.

Ejemplo: Un frasco a llenar sigue el siguiente proceso de acondicionamiento:

- Sopleteado del frasco
- Llenado del frasco
- Taponeado del frasco
- Etiquetado del frasco
- Estibado en caja colectiva

Una línea de producción presenta capacidad para empacar uno o varios productos en base a ajustes y modificaciones menores que se realicen a las máquinas y equipos que lo constituyen.

La función de maximizar la disponibilidad de equipo de proceso para la producción es responsabilidad del departamento de mantenimiento.

En equipos de medición se aplican iguales consideraciones a equipos de medición de fabricación.

Existen equipos de proceso, tanto de fabricación como para acondicionamiento no mencionados como lo son: tanques de proceso, tanques de almacenamiento, tanques termostatizados, marmitas, ollas, tambos, etc., cuya conservación es responsabilidad del departamento de mantenimiento pero que por su naturaleza no requieren actividades de mantenimiento, sino

de determinación de vida útil de éste, es decir, a un tanque no se le dá mantenimiento sólo se monitorea su desgaste para determinar su vida útil y sustituirle en el momento oportuno. Los daños ocasionados por mal uso de este equipo ~~son~~ reparados en acciones correctivas (por ejemplo: soldadura de fugas).

7.2 Mantenimiento Preventivo

- Técnica de mantenimiento preventivo:

Basado en programas de producción con restricciones en fuerza de trabajo se selecciona un mantenimiento técnico.

- Actividades preliminares:

Se seleccionó equipo de proceso en base a la técnica de ponderación descrita. Se recopiló información general de los equipos de proceso utilizando medios alternos como representantes de equipos, compañías farmacéuticas con mismo equipo, contactos internacionales.

No se disponía de información histórica de los equipos seleccionados. Se realizaron juntas de trabajo para diagnosticar posibles fallas de equipo en sustitución de información registrada.

Se elevó el nivel de operación de los equipos seleccionados en base a órdenes de mantenimiento planeado.

Se implementaron equipos de proceso en mantenimiento preventivo de forma parcial analizando el resultado de la implementación y la respuesta del

sistema.

A 7 meses de implementada la programación de mantenimiento preventivo por computadora, el sistema incluye 94 equipos de proceso.

Se definieron 8 áreas de mantenimiento:

Area No.

- | | |
|----|--|
| 11 | Antisépticos fabricación
Antisépticos galón
Antisépticos frasco |
| 12 | Líquidos fabricación
Soluciones acondicionamiento
Suspensiones acondicionamiento |
| 13 | Ovulos fabricación
Pomadas fabricación
Ovulos acondicionamiento
Pomadas acondicionamiento |
| 14 | Premezclas fabricación
Premezclas Acondicionamiento |
| 15 | Suero Oral fabricación
Suero Oral acondicionamiento |
| 16 | Granulados
Tabletas |

	Cápsulas
	Empaque blister
17	Lotificado
	Acondicionamiento general
18	Concentrado fabricación
	Concentrado acondicionamiento

Esta definición de áreas se basa en los equipos de proceso de cada área, la afinidad de éstos, la afinidad y secuencia de los procesos y la carga de trabajo de mantenimiento que representan.

Actividades de mantenimiento preventivo:

Diagnóstico de actividades y clasificación de éstas en actividades de limpieza, lubricación y revisión. Se está recopilando información histórica en base a los reportes de mantenimiento correctivo y observaciones de mantenimiento preventivo para su análisis estadístico y posterior determinación de frecuencia de cambio para definir e implementar actividades de cambio o reposición.

A 7 meses de implementación del sistema registra:

124	Actividades de limpieza
181	Actividades de lubricación
216	Actividades de revisión

La descripción, frecuencia y tiempo de cada actividad registrada son resultado de la aplicación de una o varias técnicas y métodos descritos.

- Programación por Computadoras:

Sistema Gestor de Base de Datos TOMINY Aplicación Mach 1

Algoritmo de programación aplicado de acuerdo a lo descrito.

- Medición y Apreciación del Mantenimiento Preventivo

Indice de tiempo muerto del equipo originado por descomposturas:

1° Mes = 86%

7° Mes = 45%

Indice de horas de reparación por descomposturas:

1° Mes = 92%

7° Mes = 30%

Indice de disponibilidad del equipo:

1° Mes = 66%

7° Mes = 74%

Indice de ordenes de mantenimiento preventivo terminadas según programa:

1° Mes = 82%

7° Mes = 100%

Indice de trabajos de mantenimiento terminados:

1° Mes = 75%

7° Mes = 95%

Indice de ejecución de programas:

1° Mes = 39%

7° Mes = 86%

Cumplimiento de estándares de producción:

1° Mes = 74%

7° Mes = 8%

7.3 Mantenimiento Correctivo

Utilización de reportes de equipo fuera de servicio y de anomalías como base para órdenes de mantenimiento planeado y optimización del sistema de control total de mantenimiento.

A 7 meses de implementados los reportes:

110 reportes de equipo fuera de servicios

52 reportes de anomalías

7.4 Mantenimiento Planeado

Utilización de órdenes de mantenimiento planeado (solicitudes a programación) para modificaciones y mejoras a diseños de equipo, adaptando éstos a necesidades concretas de producción, prolongando la vida útil del equipo e incrementando la eficiencia mecánica de los equipos de proceso.

A 7 meses de implementados los reportes:

130 órdenes de mantenimiento

7.5 Inventario de Refacciones y Partes

Control de refacciones y partes, así como maquinaria y rectificado de partes en taller de mantenimiento.

A 7 meses de implementado el inventario por computadora y estandarización de partes y refacciones:

248	refacciones comunes
320	refacciones especiales

Por falta de información histórica confiable se utilizó el Nomograma de la Marche Finley para calcular el punto de reorden.

7.6 Sistema de Medición:

	Al		
	<u>Antes</u>	<u>7° Mes</u>	<u>Objetivo</u>
Planeación:			
a) Efectividad de la mano de obra	55%	72%	90%
b) Porcentaje del total de horas hombre de mantenimiento sobre trabajo planeado y pronóstico semanal	35%	80%	95%
c) Porcentaje del total de horas hombre en trabajos de emergencia por mes	>20%	15%	4%
d) Porcentaje del total de horas hombre por tiempo extra trabajado en un mes	>20%	12%	2%

Carga de trabajo:

a) Ordenes pendientes actuales en semanas de retraso	7 sem	1.2 sem	1.4 sem
b) Total de trabajos pendientes en semanas de retraso	8 sem	2 sem	2 sem
c) Porcentaje del total de horas hombre por mes de mantenimiento preventivo	0%	37.5%	40%
d) Porcentaje del total de horas hombre por mes de trabajo diario de mantenimiento	80%	65%	40%

Costos:

a) Costo de mantenimiento como porcentaje de la inversión en fábricas	>22%	20%	5%
b) Porcentaje de aumento o disminución en el costo de mantenimiento por unidad de producto elaborado	>25%	15%	-10%
c) Porcentaje del costo total de mantenimiento directo y general	55%	75%	85%
d) Porcentaje del costo total de mantenimiento por mantenimiento indirecto	45%	25%	15%

Productividad:

a) Función de mantenimiento expresada por el porcentaje de recursos humanos dedicados a actividades productivas	45%	60%	80%
b) Porcentaje de eficacia pronosticada	35%	65%	90%
c) Porcentaje de tiempo de operación perdida en pares mecánicos por motivos			

de mantenimiento	20%	11%	2%
d) Porcentaje de aumento o disminución en el número de unidades de producto elaborados por pesos de mantenimiento	20%	15%	12%

7.7 Otros

Se implementará el sistema en 38 equipos del sistema de ventilación y control de polvos y en 16 equipos de control de calidad.

MATRIZ DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CLAVE DE MANTENIMIENTO 1401.
DESCRIPCION SELLADORA DE BOLSAS
MARCA POLI-INGENIEROS.

FECHA 870209.

ELABORO : J.B.J.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

CLAVE DE ACTIVIDAD	DESCRIPCION	TIEMPO (MIN.)	CLAVE DE PERIODO
LIMPIEZA			
LI091	LIMPIEZA DE CADENAS_____	__30	M
LI092	LIMPIEZA DE MOTOR_____	__15	M
LI093	LIMPIEZA DE REDUCTOR_____	__15	M
LI094	LIMPIEZA DE CAJA DE CATARINAS Y CHUMACERAS_____	__15	M
LUBRICACION			
LU123	LUBRICACION DE REDUCTOR_____	__45	Z
LU125	LUBRICACION DE BALEROS DEL MOTOR_____	__120	Z
LU126	LUBRICACION DE GUIAS DE AJUSTE DEL MOTOR_____	__10	M
REVISION			
RE147	REVISION DE BANDAS Y CADENAS _	__10	M
RE148	REVISION DE BALEROS DEL MOTOR_	__120	Z
RE149	REVISION DE TORNILLOS_____	__20	S
RE150	REVISION DE RESISTENCIA_____	__20	M
RE151	REVISION DE NIVEL DE ACEITE___	__30	B

CLAVE DE PERIODO :

S = SEMANAL

B = BIMESTRAL

Z = SEMESTRAL

Q = QUINCENAL

T = TRIMESTRAL

A = ANUAL

M = MENSUAL

C = CUATRIMESTRAL

MATRIZ DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CLAVE DE MANTENIMIENTO 1401.
DESCRIPCION SELLADORA DE BOLSAS
MARCA POLI-INGENIEROS.

FECHA 870209.

ELABORO : J.B.J.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

CLAVE DE ACTIVIDAD	DESCRIPCION	TIEMPO (MIN.)	CLAVE DE PERIODO
	LIMPIEZA		
----	-----	---	-
----	-----	---	-
----	-----	---	-
----	-----	---	-
	LUBRICACION		
LU127	LUBRICACION DE CADENAS	__15	M
LU128	LUBRICACION DE GRASERAS Y CHUMACERAS	__15	M
LU129	LUBRICACION DE PARTES DE DESLIZAMIENTO	__10	M
----	-----	---	-
	REVISION		
RE152	REVISION DEL DEPOSITO DE ACEITE	__15	S
----	-----	---	-
----	-----	---	-
----	-----	---	-

CLAVE DE PERIODO :

.S = SEMANAL

B = BIMESTRAL

Z = SEMESTRAL

Q = QUINCENAL

T = TRIMESTRAL

A = ANUAL

M = MENSUAL

C = CUATRIMESTRAL

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MES FEBRERO 87.

FECHA 870209.

HOJA 1/2 .

CLAVE DE MANTENIMIENTO 1401.
DESCRIPCION SELLADOR DE BOLSAS
MARCA POLI-INGENIEROS .

CLAVE DE EQUIPO SE3401.

CLAVE DE ACTIVIDAD	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DESCRIPCION	TIEMPO (MIN.)	DP / DR		HP / HR	
LI091	LIMPIEZA DE CADENAS	30	10	10	7	7
LI092	LIMPIEZA DE MOTOR	15	10	10	7	7
LI093	LIMPIEZA DE REDUCTOR	15	10	10	7	7
LI094	LIMPIEZA DE CAJA DE CATARINAS Y CHUMACERAS	15	10	10	8	8
LU123	LUBRICACION DE REDUCTOR	45	10	10	8	8
LU125	LUBRICACION DE BALEROS DEL MOTOR	120	10	10	9	9
LU126	LUBRICACION DE GUIAS DE AJUSTE DEL MOTOR	10	10	10	11	11
LU127	LUBRICACION DE CADENAS	15	10	10	11	11
LU128	LUBRICACION DE GRASERAS Y CHU- MACERAS	15	10	10	11	11
LU129	LUBRICACION DE PARTES DE DES- LIZAMIENTO	10	10	10	11	11
RE147	REVISION DE BANDAS Y CADENAS	10	10	10	11	11
RE148	REVISION DE BALEROS DEL MOTOR	120	10	10	12	12
RE149	REVISION DE TORNILLOS	20	3	3	7	7
		20	10	10	14	14
		20	17	17	7	7
		20	24	24	7	7
RE150	REVISION DE RESISTENCIA	20	10	10	14	14
RE151	REVISION DE NIVEL DE ACEITE	30	10	10	14	14

DP = DIA PROGRAMADO (1..31)
DR = DIA DE EJECUCION (1..31)

HP = HORA PROGRAMADA (0..24)
HR = HORA DE EJECUCION (0..24)

OBSERVACIONES :

REALIZO : J.J. HERNANDEZ

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

REPORTE DE TIEMPOS

MES : FEBRERO / 1987 .

FECHA 870130.

HOJA 1 / 6.

CLAVE DE EQUIPO	CLAVE DE MANTENIM.	DESCRIPCION / MARCA	TIEMPO (HRS.)		
			A	B	C
LL0101	1101	LLENADORA DE GALON MANUAL MAPISA	.5	-	-
DI1101	1102	DISCO ACUMULADOR DE VECCHI	.5	-	-
LL1102	1103	LLENADORA DE FRASCO SEMIAUTOM. DE VECCHI	3.5	-	.5
TP1101	1104	TAPONADORA AUTOMATICA ANDERSON M.W.	2.5	-	-
ET1101	1105	ETIQUETADORA AUTOMATICA COMPAC	2.5	-	-
BA1101	1106	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.5	-	-
AG2101	1107	AGITADOR HOMOMIXER GRIFFORD GREERCO	8.0	-	-
AG2111	1108	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2112	1109	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
BO2101	1110	BOMBA DE TRANSFERENCIA TRICLOVER	3.0	-	-
BO2102	1111	BOMBA DE TRANSFERENCIA TRICLOVER	3.0	-	-
AG2102	1112	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
ET2102	1113	ETIQUETADORA AUTOMATICA SIMPLEX	2.5	-	-
SO0201	1201	SOPLETEADORA DE FRASCO DE VECCHI	1.5	-	-
BA0201	1202	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.0	-	-
LL0201	1203	LLENADORA / ENGARGOLADORA FCO. MAR	4.0	-	1.0
ET0201	1204	ETIQUETADORA AUTOMATICA SIMPLEX ROTOTICHET	2.5	1.0	-
BO0201	1205	BOMBA DE TRANSFERENCIA WAKESHA	3.0	-	-

TIEMPOS :

A = 1 VEZ AL MES (MENSUAL)

C = 4 VECES AL MES (SEMANAL)

B = 2 VECES AL MES (QUINCENAL)

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

REPORTE DE TIEMPOS

MES : FEBRERO / 1987 .

FECHA 870130.

HOJA 2 / 6.

CLAVE DE EQUIPO	CLAVE DE MANTENIM.	DESCRIPCION / MARCA	TIEMPO (HRS.)		
			A	B	C
DI3201	1206	DISCO ACUMULADOR DE VECCHI	1.0	-	-
SO3202	1207	SOPLETEADORA ORBITAL AUTOM. MAPISA	2.0	-	-
LL3202	1208	LLENADORA DE FRASCO DE VECCHI	2.0	-	.5
TP3202	1209	TAPONADORA AUTOMATICA ANDERSON M.W.	2.0	-	-
ET3202	1210	ETIQUETADORA AUTOMATICA SIMPLEX ROTOTICHET	2.5	1.0	-
BA3202	1211	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.0	-	-
AG2201	1212	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2202	1213	AGITADOR HOMOMIXER GRIFFORD GREERCO	8.0	-	-
HO2201	1214	HOMOGENIZADOR MANTON GAULIN	4.0	-	-
AG2203	1215	AGITADOR HOMOMIXER TUNDERMIXER	8.0	-	-
AG2204	1216	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2205	1217	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2206	1218	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2207	1219	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG2208	1220	AGITADOR HORIZONTAL MAQUISAN	3.0	-	-
AG2209	1221	AGITADOR HORIZONTAL MAQUISAN	3.0	-	-
AG2210	1222	AGITADOR HORIZONTAL MAQUISAN	3.0	-	-
AG2211	1223	AGITADOR INCLINABLE PHILADELFIA	4.0	-	-

TIEMPOS :

A = 1 VEZ AL MES (MENSUAL)

C = 4 VECES AL MES (SEMANAL)

B = 2 VECES AL MES (QUINCENAL)

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION / PRODUCCION
INGENIERIA DE PLANTA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

REPORTE DE TIEMPOS

MES : FEBRERO / 1987 .

FECHA 870130.
HOJA 3 / 6.

CLAVE DE EQUIPO	CLAVE DE MANTENIM.	DESCRIPCION / MARCA	TIEMPO (HRS.)		
			A	B	C
AG2212	1224	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
DI0201	1225	DISCO ACUMULADOR DE VECCHI	.5	-	-
DI0202	1226	DISCO ACUMULADOR DE VECCHI	.5	-	-
BO2201	1227	BOMBA DE TRANSFERENCIA FLEXFLO	2.5	-	-
ET0203	1228	ETIQUETADORA MANUAL LABLETTE	8.0	1.5	-
BA0301	1301	BANDA TRANSPORTADORA MOVISISTEMAS	.5	-	-
LL1301	1302	LLENADORA DE TUBO / AUTOMATICA IWKA	6.5	-	1.0
BA0302	1303	BANDA TRANSPORTADORA MOVISISTEMAS	.5	-	-
LL1302	1304	LLENADORA DE TARRO / MANUAL H.G. KALISH	1.8	-	-
MO0301	1305	MONTACARGA MANUAL RODABLITZ	2.0	-	-
BO3301	1306	BOMBA DE TRANSFERENCIA WAKESHA	2.0	-	-
AG3301	1307	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
AG3302	1308	AGITADOR INCLINABLE LIGHTNIN	6.0	-	-
BA1301	1309	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.0	-	-
SE3401	1401	SELLADORA DE BOLSAS POLI-INGENIEROS	7.1	-	2.3
LL3401	1402	LLENADORA DE SOBRES SEMIAUTOM. ENV-A-FLEX	3.2	-	-
LL3501	1403	LLENADORA DE SOBRES ROURE VISSO	4.3	-	-
MH0401	1404	MEZCLADORA HOMOGENIZADORA NAUTA MIXER	7.0	-	-

TIEMPOS :

A = 1 VEZ AL MES (MENSUAL)

C = 4 VECES AL MES (SEMANAL)

B = 2 VECES AL MES (QUINCENAL)

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION / PRODUCCION
INGENIERIA DE PLANTA

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

REPORTE DE TIEMPOS

MES : FEBRERO / 1987 .

FECHA 870130.

HOJA 4 / 6.

CLAVE DE EQUIPO	CLAVE DE MANTENIM.	DESCRIPCION / MARCA	TIEMPO (HRS.)		
			A	B	C
MO0401	1405	MOLINO DE CUCHILLAS FITZ-MILL	2.2	-	-
MH0501	1501	MEZCLADORA HOMOGENIZADORA NAUTA MIXER	5.0	.	-
ME0502	1502	MEZCLADORA DE PALETA DAYTON HOBART	1.4	-	-
ME0503	1503	MEZCLADORA DE LISTON (SIN MARCA)	.8	-	-
HO1501	1504	HORNO TIPO ESTUFA WATLOW	.5	-	-
BA2501	1505	BANDA TRANSPORTADORA MOVISISTEMAS	.6	-	-
BL1601	1601	MAQUINA EMBLISTADORA UHLMANN	3.0	-	-
MO0601	1602	MOLINO OSCILANTE STOKES	8.0	-	-
ME0601	1603	MEZCLADORA DE LISTON INTERTECNICA	1.2	-	-
ME0602	1604	MEZCLADORA DE PANTALON ("V") INTERTECNICA	2.0	-	-
MO0602	1605	MOLINO DE CUCHILLAS FITZPATRICK	3.5	-	-
TA1601	1606	TABLETEADORA MONOPUNZON BUSH	1.5	-	-
TA1602	1607	TABLETEADORA / 36 STOKES	2.0	-	-
TA1603	1608	TABLETEADORA MONOPUNZON MONTANO	.8	-	-
TA1604	1609	TABLETEADORA MONOPUNZON MONTANO	.8	-	-
TA1605	1610	TABLETEADORA MONOPUNZON MONTANO	.8	-	-
TA0601	1611	TAMIZADOR VERTICAL STOKES	2.2	-	-
TA1607	1612	TABLETEADORA / 24 STOKES	1.8	-	-

TIEMPOS :

A = 1 VEZ AL MES (MENSUAL)

C = 4 VECES AL MES (SEMANAL)

B = 2 VECES AL MES (QUINCENAL)

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

REPORTE DE TIEMPOS

MES : FEBRERO / 1987 .

FECHA 870130.

HOJA 5 / 6.

CLAVE DE EQUIPO	CLAVE DE MANTENIM.	DESCRIPCION / MARCA	TIEMPO (HRS.)		
			A	B	C
ME0603	1613	MEZCLADORA DOBLE CONO TRAMESA	1.4	-	-
H01601	1614	HORNO DE GABINETE CAISA	1.5	-	-
H01602	1615	HORNO DE GABINETE CAISA	1.5	-	-
H01603	1616	HORNO DE GABINETE CAISA	1.5	-	-
H01604	1617	HORNO DE GABINETE CAISA	1.5	-	-
H01605	1618	HORNO DE GABINETE CAISA	1.5	-	-
BA2701	1701	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	.5	-	-
C01701	1702	CODIFICADOR AUTOMATICO HAPA	3.0	-	1.0
C01702	1703	CODIFICADOR AUTOMATICO HAPA	3.0	-	1.0
C01703	1704	CODIFICADOR AUTOMATICO STAMPEE	-	-	2.0
C01704	1705	CODIFICADOR AUTOMATICO STAMPEE	-	-	2.0
EN3701	1706	ENGRAPADORA DE CAJA SILVERSTITCHER	2.2	-	-
BA2702	1707	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.0	-	-
BA2703	1708	BANDA TRANSPORTADORA DE VECCHI	1.0	-	-
BA2704	1709	BANDA TRANSPORTADORA (SIN MARCA)	1.0	-	-
HO0801	1801	HOMOGENIZADOR MANTON GAULIN	4.0	-	-
BO0801	1802	BOMBA CENTRIFUGA DURCO	2.5	-	-
AG0801	1803	AGITADOR NEUMATICO NETCO	6.0	-	-

TIEMPOS :

A = 1 VEZ AL MES (MENSUAL)

C = 4 VECES AL MES (SEMANAL)

B = 2 VECES AL MES (QUINCENAL)

REPORTE DE EQUIPO FUERA DE SERVICIO

FECHA : 87/04/21.

No. : 0072.

PRODUCCION

HORA : 10:25.

EQUIPO : LLENADORA DE SOBRES SEMIAUTOM. _____

AREA : PREMEZCLAS ACONDICIONAMIENTO _____

DESCRIPCION DE FALLA / DESCOMPOSTURA : _____

TORNILLO HELICOIDAL DE DOSIFICACION GIRA _____

IRREGULARMENTE , VARIACION EN PESO. _____

MANTENIMIENTO

CLAVE DE MANTENIMIENTO : 1402.

DESCRIPCION DEL TRABAJO : CAMBIO DE BALERO__

AXIAL DEL TORNILLO HELICOIDAL. _____

CAUSA DE LA FALLA : POLVO COMPRIMIDO EN EL__
BALERO. _____

REFACCIONES / PARTES : BALERO IBI 6206 ZZ. __

TIEMPO DE REPARACION (HORAS) : _2.5.

TIEMPO MUERTO MECANICO (HORAS) : _3.0.

EJECUTO : DAVID SOTO _____

SUPERVISO : JOSE BARRERA _____

REPORTE DE ANOMALIAS

FECHA : 87/04/21.

No. : 0047.

CLAVE DE MANTENIMIENTO : 1402.

DESCRIPCION DE EQUIPO LLENADORA DE SOBRES SEMIAUTOM.

FALLA / DESCOMPOSTURA	TRABAJO A EFECTUAR	URGENCIA DE REPARACION
CAMBIO CONSTANTE DE BALERO DEL TORNILLO HELICOIDAL POR ESTAR EN CONTACTO DIRECTO CON EL POLVO. AL LAVARSE TOLVA PENETRA AGUA AL BALERO COMPACTANDOSE EL POLVO.	COLOCAR GUARDA PROTECTORA SELLADA A PRUEBA DE AGUA Y POLVO EN EL BALERO DEL TORNILLO HELICOIDAL.	1 MES.

OBSERVACIONES : _____

ELABORO : DAVID SOTO. _____

INGENIERIA DE PLANTA

ORDEN DE MANTENIMIENTO
(SOLICITUD A PROGRAMACION)

FECHA : 87/04/24.
No. : 0031.

MANTENIMIENTO

CLAVE DE EQUIPO : LL3401.
CLAVE DE MANTENIMIENTO : 1402.
DESCRIPCION DE EQUIPO : LLENADORA DE SOBRES SEMIAUTOM..
MARCA : ENV-A-FLEX_____.

TRABAJO A EFECTUAR : COLOCAR GUARDA PROTECTORA SELLADA_-
A PRUEBA DE AGUA Y POLVO EN EL BALERO DEL TORNILLO HELI-
COIDAL. CAMBIAR BALERO. _____

CONDICIONES DE REPARACION : TOLVA VACIA. _____

URGENCIA DE REPARACION : MAXIMO 1 MES. _____

TIEMPO DE REPARACION (HORAS) : 6.0

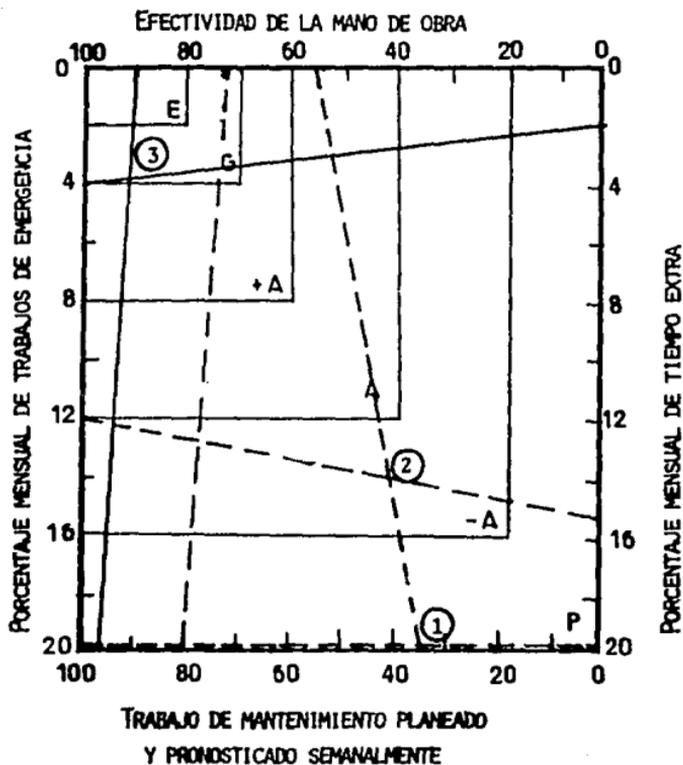
PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

FECHA : 87/05/15.
HORA : 15:00.

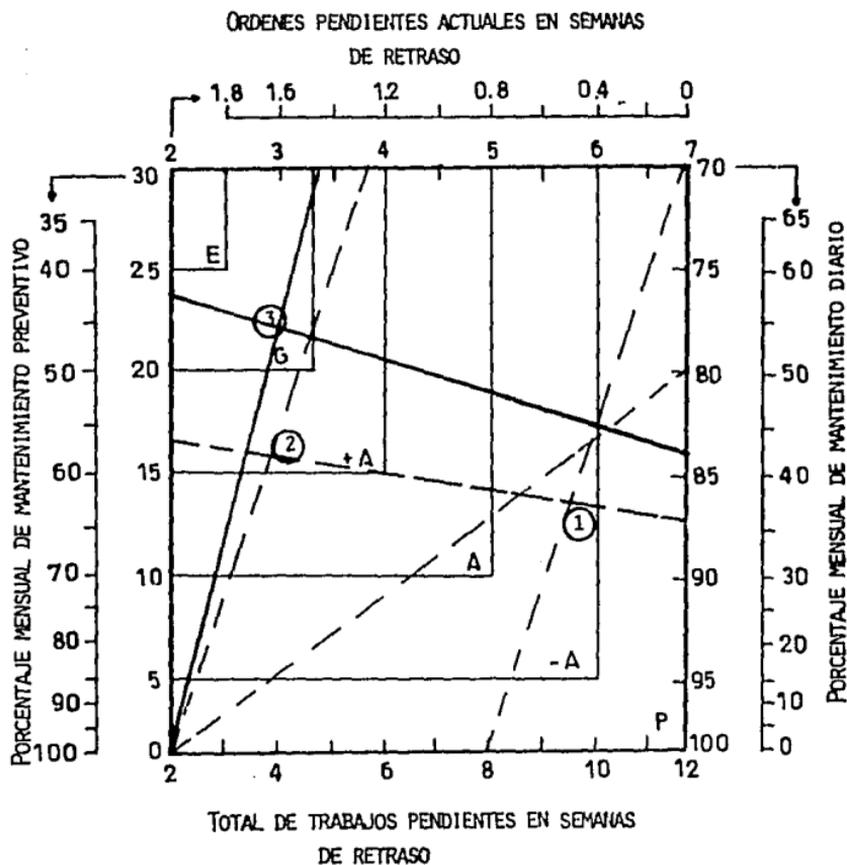
OBSERVACIONES : REPORTAR INICIO Y FINALIZACION DEL TRA-
BAJO A SUPERVISOR DE PRODUCCION DE 2° TURNO. _____

PRODUCCION / PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION
INGENIERIA DE PLANTA

PLANEACION



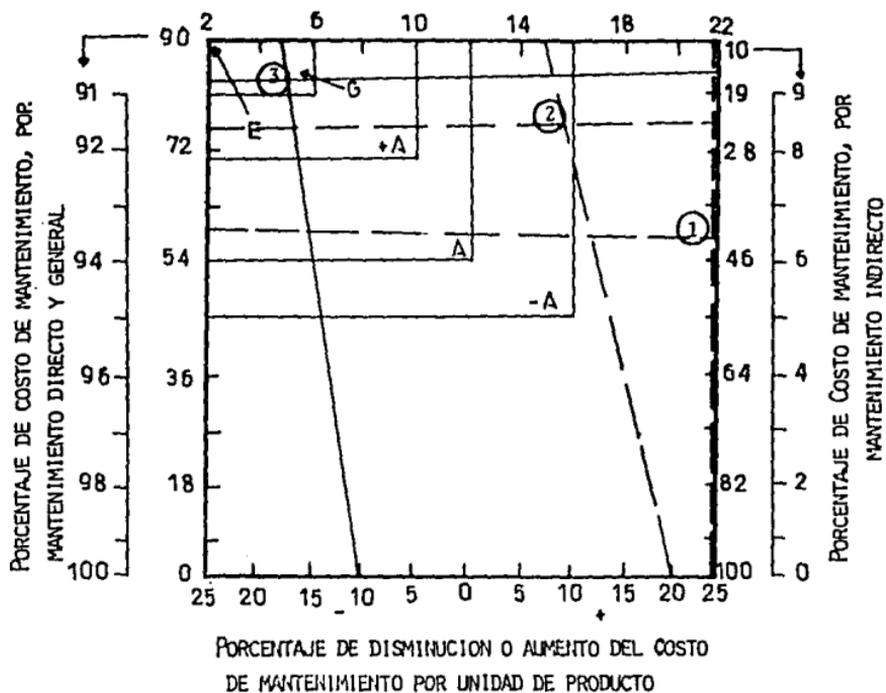
CARGA DE TRABAJO



- ① Antes
- ② Al 7º Mes
- ③ Objetivo

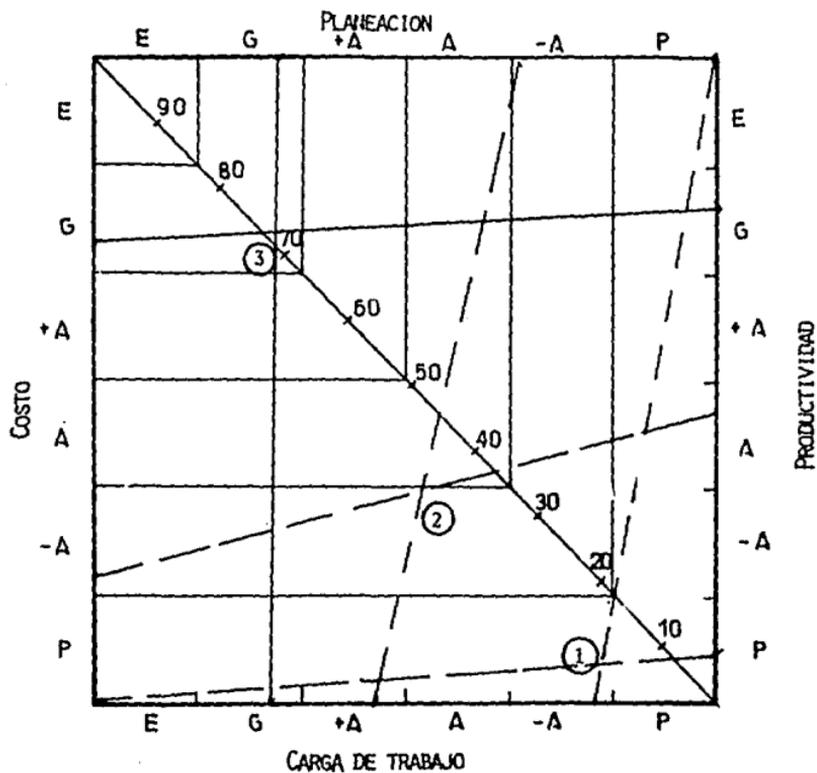
COSTO

COSTO DE MANTENIMIENTO COMO PORCENTAJE DE LA INVERSION EN FABRICA



1. Antes
2. Al 7° Mes
3. Objetivo

GRAFICA COMPUESTA DE INDICADORES



- ① Antes
- ② Al 7º Mes
- ③ Objetivo

CONCLUSIONES

El Sistema de Control Total de Mantenimiento ofrece la posibilidad de administrar correctamente la función operativa del departamento de mantenimiento, estructurando la organización y definiendo las bases para establecer la función administrativa y contable propia del departamento.

El sistema controla las actividades y trabajos de mantenimiento en base a una planeación y programación de todo esfuerzo de mantenimiento encaminado a maximizar la disponibilidad de equipo.

El desarrollo del diseño del sistema presenta requerimientos y necesidades particulares en cada etapa, sin embargo, medios alternativos son señalados para no detener o demorar la implementación del sistema. La retroalimentación como parte integral del sistema propicia una implementación oportuna y una mejora continua al poder cumplir en diseños posteriores con los requerimientos y necesidades que anteriormente no se cubrían.

Una implementación oportuna permitirá a la empresa contar con los beneficios del sistema desde el inicio.

Una mejora continua en el diseño del sistema, utilizando técnicas, métodos y procedimientos de mayor estudio analítico, permitirá optimizar la función de mantenimiento, incrementando así la productividad y beneficios de la empresa.

Al presentarse el sistema de Control Total de Mantenimiento como una guía

de las principales actividades a cubrir, se establecen procedimientos simplificados que permiten una fácil adaptación e implementación en cualquier tipo de industria sin importar las condiciones actuales de operación e información que éstas presenten.

Los esfuerzos de mantenimiento son encaminados a actividades preventivas, asumiendo el departamento una actitud proactiva en la resolución de problemas.

El diseño e implementación del sistema proporciona beneficios medibles y cuantificables que son función directa de las necesidades que dieron origen al sistema mismo.

BIBLIOGRAFIA

1. Dileep G. Dhavale, "Maintenance by Priority", Industrial Engineering, (Atlanta, E.U.A., Febrero 1980), Vol. 12, Núm. 2, pp. 24 a 27
2. Douce V. Enrique, "La Administración en el Mantenimiento", México, CECSA, 1985, 185 pp.
3. Dunlap John L., "Determining a Proper Parts Inventory", Chemical Engineering, (New Jersey, E.U.A., 29 de septiembre de 1966), pp. 93 a 97.
4. Hibi Sohei, "How to Measure Maintenance Performance", Japón, Asian Productivity Organization, 1980, 192 pp.
5. Lawson A. Michael, "Applying Work Measurement to Improve Maintenance Performance", Plant Engineering, (Ohio, E.U.A., 10 de abril de 1986), Vol. 40, Núm. 7, pp. 51 a 53.
6. Management Center de México, "Seminario de Organización y Administración de un Programa de Mantenimiento Preventivo", México, 1987, 103 pp.
7. Harrow Lester C., "Manual de Mantenimiento Industrial", (México, CECSA, 1973), Tomo I, 572 pp.
8. Nembrough E. T., "Administración de Mantenimiento Industrial", México, Diana, 1986, 413 pp.

9. Smit K., "Interactive Computer Systems for Maintenance Management", Maintenance Management International, (Amsterdam, Holanda, Julio 1983), Núm. 7, pp. 7 a 15.