



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

“INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
APLICADO AL TALLER
ELECTROMECAÁNICO EN EL SISTEMA DE
TRANSPORTE COLECTIVO METRO
(S.T.C.)”

TESIS PROFESIONAL

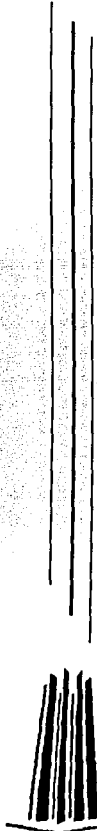
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

MIGUEL DOSTA VERGARA

ASESOR:

ING. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA



MÉXICO D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION DISCONTINUA

AGRADECIMIENTOS

A MI DIOS.

POR PERMITIRME SEGUIR VIVIENDO
Y AMARME.

A MI MAMA.
POR DARME LA VIDA, POR ESTAR EN CADA MOMENTO
A MI LADO, POR SUS CONSEJOS, POR ESFORZARSE EN HACERME UN
HOMBRE DE BIEN.

A MIS HERMANAS.
ARACELI E ITZIA POR SU GRAN AMOR
Y PACIENCIA.

A MIS SOBRINAS.
MICHEL y YAEL POR SU AMOR.

A MIS PROFESORES
MI
AGRADECIMIENTO
SINCERO

INDICE

	Hoja
ANTECEDENTES	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I	
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO	
I. Administración en el mantenimiento	6
1. Función de la ingeniería de mantenimiento.	
2. Responsabilidades del departamento de Ingeniería de mantenimiento.	
3. Objetivos de ingeniería de mantenimiento.	
4. Organización del departamento de mantenimiento.	
5. Tipos de administración de mantenimiento.	
6. Función del mantenimiento.	
7. Tres tipos de agrupaciones de actividades del mantenimiento.	
8. Actividades del mantenimiento.	
9. Clasificación del trabajo del mantenimiento.	
10. Sistemas de mantenimiento.	
A. Mantenimiento correctivo.	
B. Mantenimiento preventivo.	
C. Mantenimiento predictivo.	
11. Dispositivos de vigilancia en el mantenimiento preventivo y predictivo.	

CAPITULO II

COSTO, GASTO Y PRESUPUESTO EN EL MANTENIMIENTO

I. Costo

17

1. Elementos que intervienen.
2. Costos directos e indirectos
3. Clasificación respecto a su actividad.

II. Gasto

23

1. Gasto del departamento de mantenimiento.
2. El ICGM.
3. Gastos de mantenimiento.
4. Finalidad del sistema
5. Clasificación relativa de cada pieza de equipo o unidad.
6. Aplicaciones.
7. Clasificación relativa de cada trabajo o proyecto de mantenimiento.
8. Determinación del ICGM.

III. Presupuesto

43

1. Clasificación de los presupuestos.
2. Presupuesto de reparación.
3. Preparación de los presupuestos de reparación.

CAPITULO III

CONTROL DE LAS FUNCIONES DE MANTENIMIENTO

I. Disponibilidad del equipo y distribución de los tiempos de reparación	48
II. Establecimiento de parámetros para medición y control de las máquinas	53
1. Técnicas de control.	
2. Técnicas de medición.	

CAPITULO IV

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO APLICADO AL TALLER

I. Responsabilidad y organización en el taller	57
II. Localización de los equipos	65
III. Realización de mantenimiento preventivo y correctivo	71

IMPLANTACIÓN DE LAS FUNCIONES DE CONSERVACIÓN

INTEGRAL EN EL S.T.C.	79
I. Conservación integral.	87
II. Herramientas para la administración de conservación.	100
A. Índice de ICGM.	102
B. Principio de Pareto.	108
C. Inventario de conservación.	112
D. Costos mínimos de conservación.	117

CONCLUSIONES	120
---------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	123
---------------------	------------

ANTECEDENTES.

En la ciudad de México y el área metropolitana, debido a la alta concentración de población, industria tuvo como consecuencia una demanda en todos los servicios, así incluyendo el transporte público.

En el año de 1966, se autoriza la creación del Comité Consultivo del Transporte, con el propósito de resolver el grave problema del transporte masivo en la ciudad de México.

El ejecutivo federal por conducto del entonces Departamento del Distrito Federal, encarga a la Dirección de Obras Públicas y ha empresas privadas, la realización de estudios y especificaciones técnicas para llevar a cabo la construcción de un sistema de transporte colectivo.

El estudio fue comprendido mediante un análisis estadístico, en cuanto al censo poblacional del Distrito Federal, medios de transporte, obras viales en la ciudad de México, vías de superficie elevadas y subterráneas de mayor o menor profundidad, característica de los materiales utilizados en la construcción de los túneles del Sistema de Transporte Colectivo Metro, al término de los estudios se determinó que la solución a la problemática del transporte en la Ciudad de México, era la construcción de un tren subterráneo, a nivel del subsuelo y aéreo, el cual debería ser construido por medio de la obtención de crédito extranjero a través del Departamento del D.F.

El ejecutivo federal expidió el 19 de abril de 1967, un decreto, instituyendo un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, denominado Sistema de Transporte Colectivo Metro, cuyo objetivo sería la construcción, operación de un tren rápido con recorrido subterráneo y superficial para el transporte colectivo en el D.F; en el cual es este decreto se le confiere a la Dirección General del Organismo, la facultad de establecer y organizar las oficinas de la institución, proponiendo al consejo de administración, los nombramientos de funcionarios.

En el año de 1969, se inaugura la línea 1, en su tramo de Zaragoza – Chapultepec, contando con una estructura básica, conformada con cinco unidades orgánicas representadas por una dirección general, una subdirección general, una subcontraloría y dos gerencias.

En la actualidad el S.T.C, a tenido que ir evolucionando ante la dinámica de la vida, contando actualmente con 10 líneas en servicio y una en construcción.

INTRODUCCIÓN

Factores que subrayan la importancia del mantenimiento.

Un buen servicio de conservación de instalaciones y equipo busca reducir al mínimo las suspensiones del trabajo, al mismo tiempo que hace más eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humano, a efecto de conseguir los mejores resultados con el menor costo posible. La necesidad de tener una organización apropiada de mantenimiento, de poseer controles adecuados, de poder planear y programar con acierto, ha sido puesta de relieve por varios motivos, a saber:

UNA CRECIENTE MECANIZACIÓN. La extendida mecanización en la industria ha reducido el costo de mano de obra directa; pero a la vez ha impuesto la exigencia de conservar debidamente los equipos.

UNA MAYOR COMPLEJIDAD DEL EQUIPO. Esto amerita servicios altamente especializados.

AUMENTO EN INVENTARIOS DE REPUESTOS Y ACCESORIOS. Este hecho proviene de la mecanización y de la complejidad del equipo.

CONTROLES MÁS ESTRUCTOS DE LA PRODUCCIÓN. Aun cuando esta clase de controles a reducido al mínimo los inventarios de materiales entre las distintas operaciones, también han provocado que sea mayor el impacto de las interrupciones en la producción.

MENORES PLAZOS DE ENTRAGA. Han hecho que disminuyan inventarios de productos terminados y que se proporcione un servicio mejor al cliente, al mismo tiempo, han aumentado el efecto perjudicial de las interrupciones al proceso de la producción.

EXIGENCIAS CRECIENTES DE UNA BUENA CALIDAD. Esto, desde luego, hace más vendibles los productos, pero también ha puesto de relieve la urgencia de que se corrija de inmediato cualquier condición impropia.

COSTOS MAYORES. Son el resultado de una mano de obra cada vez más cara y del constante aumento en los precios de accesorios y materias primas.

En virtud de los numerosos elementos que tiene su parte en costo de conservación mayor, la dirección empresarial ha tenido que prestar más cuidado al renglón de mantenimiento.

Áreas potenciales de mejoramiento.

Esa atención a puesto de manifiesto varios aspectos tocantes a las áreas de mejoría. A menudo se ha descuidado la función de mantenimiento, para muchas empresas el mantenimiento ha sido, y sigue siendo, un mal necesario, como los impuestos y beneficios marginales, los síntomas hacia esto son:

- ◆ Numerosos paros de las máquinas.
- ◆ Frecuentes horas extraordinarias de trabajo.
- ◆ Preferencia hacia la producción sobre el buen estado de operación de la maquinaria.
- ◆ Falta de un programa de reposición de equipo.
- ◆ Mantenimiento preventivo insuficiente.
- ◆ Falta de una selección planeada de directores y supervisores de conservación de los equipos de trabajo.
- ◆ Preparación inadecuada del personal de mantenimiento.
- ◆ Deficientes instalaciones de taller.

Se ha carecido de adiestramiento apropiado de supervisores de mantenimiento. En el pasado, los capataces de mantenimiento solían ser elegidos tomando en cuenta sus conocimientos de mecánica o su antigüedad. Más tarde, otro nivel de supervisión de mantenimiento, superintendente, directores, etc; solían provenir del grupo de capataces y rara vez se llevaban al cabo programas planeados de adiestramiento con motivo de esos ascensos. Esto daba por resultado que los directores tuvieran mucha capacidad técnica, pero pocos conocimientos en administración.

Esto ha tenido un cambio, los supervisores ahora son ingenieros, proyectando a nivel superior en virtud de su conocimiento y capacidad administrativa, existen importantes posibilidades de reducción de costos; entre otras, las siguientes:

- ◆ Reducción de labores innecesarias por medio de una acción preventiva, métodos mejores y herramientas perfeccionadas.
- ◆ Mayor productividad en la mano de obra mediante una planeación y programación más eficaces de una evaluación del desempeño.
- ◆ Mejor control en máquinas paradas, piezas de repuesto.

CAPITULO I

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.

I. Administración en el mantenimiento.

Es indiscutible que en el ámbito mundial, la actividad humana más importante que existe, es que el hombre administre racionalmente los recursos presentes en la naturaleza, para conseguir una evolución humana adecuada que permita guiarnos sin tropiezo de consideración hacia nuestro destino; entendiéndose por administración racional, la creación de empresas que sean verdaderas fuentes de atención de las necesidades humanas, en las que el hombre encuentre los satisfactorés psíquicos y físicos que necesita para vivir en armonía; en una empresa así considerada, esta constituida por equipos humanos (y no por grupos), en donde cada integrante está interesado en obtener resultados de la interrelación de su trabajo con el de los demás, y en donde a su vez, otro y así sucesivamente, hasta que, al fin, se constituye una empresa; todos estos equipos también tienen el mismo interés de los equipos humanos primarios, desde la alta gerencia hasta el último hombre, tendrán la conciencia de estar trabajando por el desarrollo integral de la humanidad y no solo por elaborar el producto que hace la fábrica, ya que esto lo considerarán como un medio para conseguir lo primero, que será el fin que se persigue.

Al pensar de la administración de esta forma, consideremos su enfoque, de que administrar es conseguir resultados por medio de terceros; por tanto la buena administración de empresas está enfocada a conseguir una adecuada evolución humana.

1. Función de ingeniería de mantenimiento.

La función del departamento de ingeniería de mantenimiento es proporcionar los servicios técnicos de ingeniería requeridos para la operación segura de la planta.

2. Responsabilidades del departamento.

1. Trabajo de ingeniería de mantenimiento planeado, reparaciones, instalaciones.
2. Generación, distribución de energía y otros servicios.
3. Administración y supervisión de grupos técnicos.
4. Trabajo de ingeniería y supervisión de proyectos, dentro del alcance de este grupo.
5. Administración de otro equipo de servicio delegado al grupo.
6. Consulta técnica sobre problemas mecánicos de supervisión.
7. Establecimiento y mantenimiento de registros adecuados que se refieran a aspectos de llevar y contabilizar el equipo de la planta y de más bienes.
8. Desarrollo de todas estas funciones en forma segura y eficiente.

3. Los objetivos de ingeniería de mantenimiento.

- a) Proporcionar seguridad de que no va a haber paros durante las operaciones de producción.
- b) Mantener al equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones.
- c) Mantener al equipo en su máximo de eficiencia de operación.
- d) Reducir al mínimo el tiempo ocioso que resulta de los paros.

- e) Reducir al mínimo el costo del mantenimiento que esté de acuerdo con las especificaciones anteriores.
- f) Mantener un alto nivel de ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado por el departamento.

La obtención de estos fines requiere:

1. La provisión de un grupo de ingeniería adecuadamente asesorado y supervisado.
2. Un programa firme de mantenimiento preventivo.
3. El mantenimiento de refacciones adecuadas, de acuerdo con las condiciones normales.
4. Investigación de las causas y remedios de los paros de emergencia.
5. Mantenerse informado acerca de las prácticas de la industria, avances técnicos, nuevos métodos, equipos y materiales.
6. Estrecha cooperación con la operación de la supervisión, para satisfacer los requisitos de equipos y programación.

La responsabilidad para un uso continuo y económico del equipo de producción se encuentra en la supervisión de las operaciones, para proporcionar estos servicios, los ingenieros se asignan para asegurar que el trabajo se realiza en forma rápida y económica, de acuerdo con los programas de producción, con las prácticas de seguridad y con alto nivel técnico de ingeniería.

4. Organización del departamento de mantenimiento.

Al establecer una organización para manejar la ingeniería de mantenimiento, se debe recordar que no hay una organización "óptima" que pueda ser usada en todos los casos. La organización debe diseñarse para satisfacer las situaciones específicas técnicas, geográficas y de personal. Sin embargo, hay algunas reglas básicas que deben ser usadas al establecer una organización para la acción efectiva del grupo, tomándose en cuenta los factores del problema de mantenimiento que deben considerarse al desarrollar una organización no debe establecerse una relación artificialmente burocrática que pueda obstaculizar al departamento, es importante también que existan líneas de autoridad y responsabilidad reconocidas. Una organización debe de estar definida, basándose en algunos conceptos como son:

1. Una división razonable y clara de la autoridad. La división de la autoridad puede ser funcional, geográfica o basada en la experiencia, o una combinación de las tres.
2. Las líneas verticales de autoridad de responsabilidad deben ser tan cortas como sea posible. El uso de asistentes debe de ser reducido al mínimo, al menos que se pueda hacer una clara división entre asistentes. Los intereses de la organización eficiente están en el uso de cualquier nivel sólo como medio de transmisión de información a la parte superior e instrucción a la inferior.
3. Mantener informado a un solo individuo. La organización más efectiva es la que limita de tres a seis la cantidad de personal que informan a un supervisor.

◆ Morrow. Manual de mantenimiento industrial, tomo I. Pag.21.

5. Tipos de administración de mantenimiento.

A. Administración por averías.

Algunas industrias recurren a la técnica de mantenimiento por averías como la decisión administrativa programada, esta técnica es consumir un mínimo de mano de obra y dinero para mantener el equipo en funcionamiento. La mayoría de las reparaciones consisten en ajustes rápidos, hasta que la condición del equipo exige la reconstrucción, el ajuste general o la reposición.

B. Mantenimiento preventivo.

Las operaciones de producción especial que no tienen equipo para remplazo en línea, cuenta con un programa muy eficiente de lubricación, inspección y ajuste. El personal debe de estar capacitado para desempeñar esas funciones en forma programada.

C. Mantenimiento predictivo.

Planear el mantenimiento que programe la sustitución o reparación de manera que tengan lugar cuando no se está produciendo. Las fallas imprevistas de esa clase de equipo dan lugar a pérdidas masivas y a la alteración de los programas.

D. Mantenimiento planeado y programado.

Consiste en llevar a cabo las operaciones o interrupciones indicadas por los sistemas de vigilancia de mantenimiento preventivo y predictivo, al fin de minimizar el tiempo improductivo de las máquinas y maximizar el rendimiento del personal de mantenimiento.

E. Mantenimiento combinado.

Se recurre a todas las técnicas administrativas, ya mencionadas.

- ◆ Gabriel Salvend. Manual de ingeniería industrial. Vol. 1. Pag. 555-557.

6. Función de mantenimiento.

Es la función que se encarga de atender y conservar en buen estado los medios físicos (instalación y equipos) de la empresa, necesarios para trabajar en condiciones óptimas, a medida que aumenta la mecanización y la automatización, el costo de mantenimiento aumenta, por lo que las funciones de mantenimiento son de las principales en una empresa industrial, el mantenimiento pasa de ser una actividad auxiliar para convertirse en una función que contribuye al nivel de la productividad, con el aumento del costo del dinero, la función financiera de la empresa puede considerar más oportuno el ahorrar capital mediante acciones de mantenimiento que invertir en instalaciones nuevas.

7. Tres tipos de agrupación de las actividades de mantenimiento.

- A. Mantenimiento directo. Este es en especial el de los trabajos que comprende la corrección y prevención de las fallas del equipo.
- B. Mantenimiento indirecto. Comprenden las actividades de modificar o modernizar el equipo, instalaciones, etc.; pendiente a evitar o reducir fallas y alargando su vida del equipo.
- C. Mantenimiento general. Abarca todo el trabajo de mantenimiento rutinario y correctivo que se aplica a las instalaciones.

La carga que origina esta actividad tiene poca relación con la utilización del equipo de producción o con el volumen de la producción se le considera independiente de ambos.

8. Actividades de mantenimiento.

1. **Inspección.** Consiste en la revisión del equipo instalado, para observar el estado en que se encuentra, con el objeto de detectar algunas fallas.
2. **Servicio.** Tiene la finalidad de mantener en buen funcionamiento las propiedades físicas de la empresa (limpieza, lubricación).
3. **Reparación.** Son aquellos trabajos para corregir defectos o fallas en los equipos e instalaciones, etc.
4. **Reemplazo.** Consiste en sustituir un elemento que ha fallado o que esta pronto a fallar.
5. **Modificación.** Son todas aquellas alteraciones en el diseño con el objeto de evitar fallas.

9. Clasificación del trabajo de mantenimiento.

Las clasificaciones contribuyen a un rápido análisis de los costos, ya que separan los costos reales de mantenimiento con las actividades no relacionadas dentro de la conservación de la maquinaria, equipos e instalaciones de servicio existente. Sin embargo; cabe aclarar que la clasificación no capacita para determinar cuáles máquinas implican un fuerte costo de mantenimiento. El procedimiento simplifica la clasificación del trabajo de mantenimiento según el tipo de actividad.

La enumeración se codifica mediante dos dígitos, ejemplo:

1. **Mantenimiento preventivo (04):**
 - a) **Inspeccionar y ajustar.**
 - b) **Aceitar y engrasar.**
 - c) **Sustituir las partes desgastadas o estropeadas.**
 - d) **Limpiar.**

2. Reparaciones (05):

- a) De urgencia.
- b) Habituales; además en situaciones de piezas que no son el resultado del mantenimiento de prevención.
- c) De rutina en edificios, patios e instalaciones de servicio.

3. Revisión mayor (06):

- a) Renovación de maquinaria y equipo.
- b) Renovación de edificios, patios e instalaciones de servicio.

4. Construcciones nuevas (07):

- a) Modificación en maquinaria y equipos instalados, o adiciones a éstos.
- b) Modificación en edificios patios e instalaciones de servicio, o adiciones a esto.
- c) Instalaciones de nueva maquinaria o equipo.

5. Seguridad (08):

- a) Construcción, instalación o alteraciones que signifiquen una mayor seguridad.

6. Fabricación (09):

- a) Fabricación de piezas o equipos empleados para reparaciones, renovaciones o construcciones.
- b) Construcción de piezas o unidades empleadas en forma directa en la elaboración de los productos de la fábrica.

10. Sistema de mantenimiento.

A. Mantenimiento correctivo.

En este tipo de mantenimiento las características es la corrección de las fallas a medida que se van presentando, sea por síntomas claros y avanzados o por el paro del equipo, instalado, etc.

Actualmente este tipo de mantenimiento es utilizado, existe un costo de rendimiento menor, debido a sus equipos y piezas que han trabajado al máximo de su vida, se considera el aumento en los costos indirectos que surgen a raíz de este tipo de mantenimiento.

Las actividades dentro de un sistema de mantenimiento correctivo pueden agruparse en dos clases desde el punto de vista técnico:

1. **Mantenimiento rutinario.** Los recursos en este sistema se emplean en mantenimiento correctivo de emergencia y el resto de mantenimiento rutinario, que es la corrección de fallas que no afectan mayor mente a los sistemas.
2. **Mantenimiento correctivo de emergencia.** Se originan por las fallas de equipos, instalaciones, edificios, que requieren en plazo breve de ser corregidos.

B. Mantenimiento preventivo.

La característica de este mantenimiento es evitar que las fallas ocurran mediante el servicio y reparación o reposición programada; o en última instancia, es la detención de las fallas en su fase inicial y la corrección en el momento oportuno.

El mantenimiento preventivo consiste:

- a) ¿Qué debe inspeccionarse?
- b) ¿Con qué frecuencia o periodicidad se debe inspeccionar y evaluar?

c) ¿Con qué frecuencia se debe dar mantenimiento preventivo?

d) ¿A qué componentes se le debe asignar una vida útil?

e) ¿Cuál debe de ser la vida útil de estos componentes?

Las actividades fundamentales son:

1. Lubricación: La característica principal de todos los planes de mantenimiento preventivo es el programa de lubricación. Debe de ser establecido y administrado por personal versada en la lubricación del equipo.

2. Inspección: Se usa para efectuar inspecciones en forma programada, para informar sobre el estado del equipo.

Esta información indica los factores como, vibraciones, calentamiento y desgaste, da lugar a cambios de dicho equipo, la gerencia puede valorar la importancia de esos cambios y disponer de una revisión o una suspensión de la operación para llevar acabo anticipadamente la reparación o reemplazo.

C. Mantenimiento predictivo.

Es la técnica que permite la reparación o reemplazo justo antes de que se produzca la falla. Por regla general una industria comienza a reducir las horas hombre de inspección para mantenimiento preventivo, implantando la vigilancia de equipos con parámetros y limitaciones establecidos en el equipo, debido a las vibraciones, el calor o la presión, existen aplicaciones específicas del mantenimiento predictivo, el cual requiere de usos de dispositivos de vigilancia. Se encuentran en la tabla 1.2, en la mayoría de los casos no hay mucha diferencia.

♦ Ing. R. Avila. Temas selectos de mantenimiento. Pag. 5.3 – 5.8.

11. Dispositivos de vigilancia en el mantenimiento preventivo y predictivo.

Tipo de mantenimiento	Preventivo	Predictivo
Análisis	Historia de reparación de quipos. Estimada de la vida útil.	Evaluación completa de equipo. Establecen un perfil normal de operación.
Detención de anomalía de operación.	Chequeo visual periódico de los componentes de trabajo interno. Periodo de fallas teóricas basados en registros anteriores de mantenimiento. Aviso pequeño o nulo previa a la falla.	Monitoreo constante mientras se opera el equipo. Detección de fallas inminentes en su etapa inicial, permite ajustar el horario para la acción correctiva. Aviso automático de las fallas.
Determinación de fallas inminentes.	Al momento del paro para mantenimiento, estudio causa-efecto, en el interior de la máquina. Evaluación histórica de los registros de mantenimiento.	Un análisis completo y un reporte documental mientras el equipo trabaja. Causa más probable de las fallas inminentes mientras opera el equipo.
Indicadores de presupuesto de mantenimiento.	Aproximación de costos pasados de mantenimiento Almacenamiento de partes de reemplazo para la peor falla posible.	Evaluación detallada de costos y ahorro de mantenimiento. Mayor precisión en la evaluación de reemplazo de partes.

Tabla 1.2 dispositivos de vigilancia.

CAPITULO II.

COSTOS, GASTOS Y PRESUPUESTO EN EL MANTENIMIENTO.

I. Costos.

Se define como la renuncia a un bien o el sacrificio del mismo en términos monetarios realizado o por realizar, para lograr un objetivo específico, en el contexto de las actividades de una empresa.

Los bienes que se sacrifican pueden consistir en recursos monetarios, bienes tangibles, como un derecho. El costo es uno de los recursos escasos, los que se pueden obtener libremente no exigen ningún sacrificio para su adquisición.

1. Elementos de costos que intervienen.

A. Equipos. Se consideran aquellos artículos adquiridos como unidades o fabricados en el taller de la planta como un solo conjunto.

Esto puede variar desde una válvula reductora de uso múltiple puede considerarse una herramienta; mientras que una válvula de aplicación especial, se considera una pieza de equipo.

B. Los suministros. Son aquellos artículos llevados normalmente a un departamento de mantenimiento o en los almacenes de la planta. Incluye artículos como tuercas, tubos, accesorios para tubos, refacciones sueltas, metal en hojas y otros artículos comprados normalmente por mayoreo.

C. Mano de obra. Es el tiempo de todos los técnicos empleados en una tarea específica. Se considera normalmente el tiempo empleado por un técnico o un obrero en la ejecución real del trabajo requerido.

D. Los servicios exteriores. Están generalmente en la mano de obra ejecutada por medio de proveedores, alquiler de equipo o servicios de ingeniería.

E. Los gastos indirectos del departamento de mantenimiento. Estos cubren los gastos de operación del departamento de mantenimiento que no se puede cargar directamente a unidades específicas del trabajo, los gastos indirectos de supervisión e ingeniería.

En el mantenimiento y la depreciación de herramienta mecánica; el costo del suministro, tal como brocas, limas, guantes, seguros, vacaciones y otros similares también se consideran como gastos indirectos del departamento de mantenimiento.

F. Gastos indirectos de la planta. Incluyen gastos administrativos, cualquier otro gasto que es parte operativa de la compañía, pero que no se puede localizar

G. conveniente en un departamento o actividad específica.

2. Costos directos e indirectos en el mantenimiento.

A. Costo directo. Este método, también denominado direct costing, tiene en cuenta sólo aquellos costos variables que son directamente asignables con facilidad al servicio correspondiente.

a) Los materiales directos. Forman parte del producto terminado y que se puede cargar directamente a éste.

b) La mano de obra directa. Es la empleada directamente en el proceso.

B. Directo por mantenimiento.

- ◆ Materiales usados en el mantenimiento incluyendo, refacciones gastadas.
- ◆ Mano de obra empleada.
- ◆ Renta de equipo especial.
- ◆ Precios totales de trabajo contratados en el exterior incluyendo, desmontaje, montaje, embarque y desembarque, transporte. Precio pagado por trabajo más impuesto etc.

C. Directo por no dar mantenimiento.

- ◆ Producción no hecha por equipo involucrado parado.
- ◆ Transporte parado por no tener producción que entregar.
- ◆ Accidentes y salud del personal.
- ◆ Litigios, quejas, demandas.

D. Costos indirectos. Son modificaciones o cambios para eliminar fallas repetitivas, estos costos deben reflejarse en el equipo como una partida adicional en los costos de inversión.

E. Indirectos para poder dar mantenimiento.

- ◆ Mano de obra ociosa o no productiva del personal del departamento de mantenimiento.
- ◆ Supervisión.
- ◆ Mano de obra de personal auxiliar que se requiera, por ejemplo, vigilancia.
- ◆ Indirecto del equipo principal y auxiliar incluyendo, amortización de reserva, seguro, etc.

Por consideraciones tales como:

- Baja fiabilidad y seguridad.
- Mantenimiento.
- Disponibilidad.
- Refacciones en el mercado.
- Mano de obra para reparación.
- Comandos obsoletos.
- Modelos nuevos con mayor rendimiento, sencillos de operar, seguridad y estandarización.
- ◆ En la administración incluye, locales, energía, fluidos, teléfonos, área de almacén, muebles, servicios, sindicatos, etc.
- ◆ Refacciones en existencia.
- ◆ Materiales gastables en existencia.

F. Indirectos por no dar mantenimiento.

a) A corto plazo.

- ◆ No factura o facturaciones retrasadas.
- ◆ Multas por entrega incompleta.

b) A mediano plazo.

- ◆ Reducción de ventas.
- ◆ Desmotivación de personal.

c) A largo plazo.

- ◆ Pérdidas de penetración en el mercado.

En el mantenimiento rutinario al equipo productivo, los costos se recuperan a través de los costos de operación.

a) Materiales indirecto:

◆ Abastecimiento para la planta.

◆ Lubricantes.

b) Mano de obra indirecta:

◆ Supervisión.

◆ Superintendencia.

◆ Inspección.

◆ Salarios de empleados.

◆ Trabajo defectuoso o experimentales.

c) Otros gastos indirectos:

◆ Renta.

◆ Seguros contra perdidas y daños.

◆ Impuestos.

◆ Depreciación de la planta.

◆ Mantenimiento y reparación.

◆ Energía eléctrica.

◆ Herramienta manual

3. Clasificación respecto a su actividad.

En el cuadro figura II.1, indica la clasificación y acumulación de los costos con respecto a las actividades que dan lugar a estos.

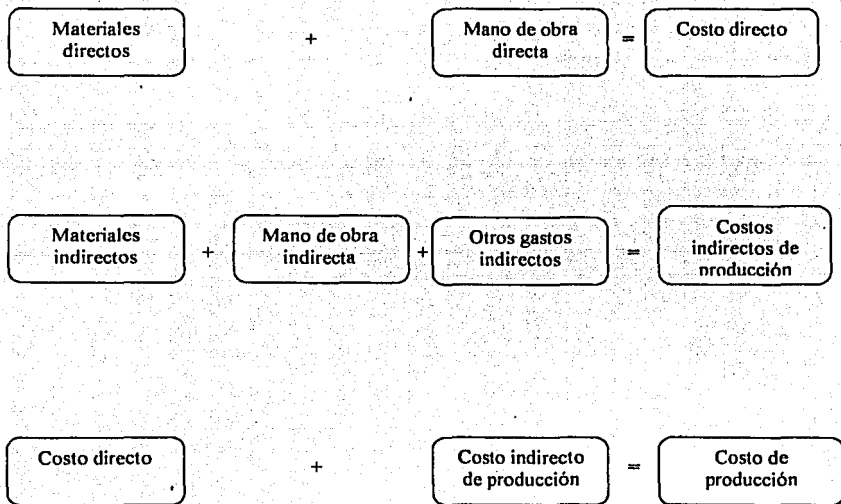


Figura II.1. Clasificación con respecto a su actividad.

II. Gastos.

La función de mantenimiento se suele desarrollar dentro de ciertos límites en cuanto a los gastos que origina. Estos límites pueden asumir la forma de fondo de presupuesto en dinero por mes o por año, o bien mediante presupuesto flexible que admite ciertas variaciones en el volumen de gasto.

1. Gastos del departamento de mantenimiento.

Hay cinco categorías generales de los gastos del departamento de mantenimiento:

1. Suma o adición al capital. Esto implica al costo total del trabajo realizado por el departamento de mantenimiento, la adición de los haberes o activos de la compañía. Cada compañía tiene amplitud considerable para interpretar las regulaciones o reglamentos federales dentro de sus propios procedimientos y políticas contables, una pieza completamente nueva de equipo se define con facilidad como adición al capital, ya sea comprada o construida, convierte en un gasto de capital, como tal se deberá dar vida por depreciación, y se agregarán cargos de amortización a los gastos indirectos fijos de la planta en proporción a su costo.
 - a) Equipo nuevo. El capital invertido en equipo se puede definir como una unidad nueva y separada de bienes o una extensión distinta de una unidad existente de bienes.
 - b) Mejoras y progresos. Se define como alteraciones, modernizaciones, o cambios estructurales de un edificio o unidad de equipo que resultarán en prolongar la vida útil de un bien existente.

- c) Reemplazo. Es una sustitución en género o clase de unidad o parte principal que resulta en una vida útil más larga de la unidad de propiedad. Una pieza de repuesto puede tener un valor mayor o menor que su predecesora, como resultado de esta reposición, ya sea toda la unidad original o una porción mayor ceda de existir y su lugar es tomado por una unidad completamente diferente cuya vida probable se espera exceda del remanente de la pieza original del equipo, se debería considerar un gasto de capital con cargos de depreciación.
2. Gastos de reparación y mantenimiento. Esta categoría incluye todos los gastos que acumulan para mantener a la planta y a su equipo en condición de operación satisfactoria.
- a) Reparación por interrupción. Es el gasto realizado en "reparar cosas cuando se rompen". Sea considerado esta categoría como la misión primaria de mantenimiento, y en esta área se hacen los mayores esfuerzos para reducción de costos. Cuando existe un programa de mantenimiento preventivo, con frecuencia es necesario decir si una suspensión de trabajo planeada para mantenimiento es parte del gasto de mantenimiento preventivo o clasificada apropiadamente como gasto de reparación por interrupción que se evita a toda costa.
- b) Inspecciones de rutina y mantenimiento preventivo. Debe incluirse como parte del gasto de reparación, la lubricación se considera como parte del programa de mantenimiento preventivo.
- c) Conservación. Este mantenimiento se segrega de las otras categorías, puesto que generalmente requieren operaciones rutinarias que pueden planearse y presupuestarse con anterioridad, estos gastos son los resultados de la pintura, mantenimiento del

edificio. Excepto cuando dicho trabajo se requiere para mantener las normas de seguridad de la planta.

Los tres grupos anteriores, es mantenimiento por paro, mantenimiento preventivo y mantenimiento de conservación, deberán convertirse en parte de gasto de fabricación integrando la parte de mantenimiento.

- d) Reemplazo por desgaste.
 - e) Reparación del edificio.
3. Gastos de desmantelamiento. Esta clasificación incluye del equipo obsoleto o abandonado. Debería incluirse solamente cuando se remueve una unidad completa o una porción mayor, y tal costo está sobre aquel capitalizado en una instalación nueva.
 4. Costos de la producción y distribución de servicios, incluyendo electricidad, vapor y aire comprimido.
 5. Gastos variados para incluir partidas, tales como:
 - a) Trabajo experimental ya cancelado.
 - b) Limpieza de equipo.
 - c) Servicio de conserjería.
 - d) Remoción de basura.
 - e) Otros servicios incluidos en la actividad del departamento de mantenimiento que no esté en ninguna de las categorías anteriores.

◆ Gabriel Salvend. Manual de Mantenimiento Industrial, Pag. 433.

2. El ICGM.

El ICGM. Es un índice de clasificación de los gastos de mantenimiento, procedente de valores numéricos; es una herramienta que permite clasificar los gastos de mantenimiento interrelacionando los recursos sujetos a estos trabajos, con clase o tipo de trabajo por desarrollar en ellos, por consiguiente, que el índice ICGM se compone de dos factores denominados:

1. Cada pieza de equipo o unidad en la organización. (clave de máquina)
2. Cada trabajo o proyecto de mantenimiento a realizar. (clave trabajo)

El índice se obtiene de la multiplicación de estos de factores.

Por lo tanto, tenemos:

$$\text{Índice ICGM} = \text{clave máquina} \times \text{código trabajo.}$$

3. Gastos de mantenimiento.

Los gastos de mantenimiento se basan en reglas más equivalentes y lógicas, mediante el empleo de ICGM, consiste en una clave de equipo, que vincula capacidad, beneficio y confiabilidad; el costo calculado de reparación y un factor de trabajo que toma en cuenta el aumento de costos diferidos, producción perdida, calidad, trabajo extraordinario y riesgo en cuanto a su seguridad; gran parte de las conjeturas quedan eliminadas al planearse las prioridades en los gastos de mantenimiento, ello da por resultado mejores decisiones. El sistema forma parte del programa de planeación a largo plazo, ayuda a fijar los patrones necesarios y contribuye a mejorar las decisiones de la administración de mantenimiento y a impulsar las funciones de producción y mantenimiento.

4. Finalidad del sistema.

- ◆ Fijar la importancia relativa de los trabajos de mantenimiento, día a día, con el fin de que los de mayor importancia sean programados y terminen antes.
- ◆ Ayuda a la administración de la corporación a asignar fondos correctamente para solventar los gastos de mantenimiento.
- ◆ Auxiliar en la clasificación de los equipos, instalaciones y construcciones de la empresa, determinan si son "vitales", "importantes" o "triviales", para definir la clase y cantidad de trabajo de mantenimiento que se le debe proporcionar.

5. Clasificación relativa de cada pieza de equipo o unidad.

Clave de equipo. La importancia relativa de cada pieza de equipo se establece mediante el empleo de factores básicos seleccionados las condiciones básicas y típicas para la clasificación de equipos, son:

- a) Factores de porcentaje de utilización. El grado de utilización del equipo, es la primera consideración básica para establecer la clave de equipo, porque un equipo que trabaja toda la jornada tiene más importancia que el que se usa rara vez. Esto se basa en el tiempo disponible que se emplea, el termino "disponible" designa las 24 horas del día, por siete días, para contar con una base comparativa común. Para que sea practica.

En el caso de equipos que se use itinerarios de temporada o ciclos, el factor de capacidad máxima debe aplicarse con suficiente anticipación para completar el trabajo de que se trate, mientras se dispone todavía de tiempo ocioso y tener el equipo listo cuando se le necesite.

Los puntos de porcentaje de capacidad asignados a varios porcentajes de utilización aparecen en la figura II.1

Porcentaje	
De capacidad	Puntos
100	10
90	9
80	8
70	7
60	6
50	5
40	4
30	3
20	2
10	1
más de 0	0

Fig.II.1 Puntos de porcentaje de capacidad.

- b) Factor de porcentaje de rentabilidad (utilización y beneficio), se aplica este factor a cada pieza de maquinaria que actúe en el proceso de fabricación, suele admitirse que esto pueda ser materia de utilización y utilidad ambos factores tienen que combinarse para que fluya debidamente el índice.

Es evidente que diez piezas de equipo, con una contribución individual de un décimo del total de utilidades, tienen que ostentar un factor de 10, ver la figura II.2.

El determinante es el porcentaje del total de utilidad producida por una pieza de equipo, entre más reducida la fábrica, mayor será el efecto que cada pieza de equipo causará en el índice.

Porcentajes unidad monetaria	
de utilidades percibida	puntos
10	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
0	0

Figura. II.2. Porcentaje de puntos por utilidad de fábrica

- c) Factor de proceso. Este factor tiene por objeto conferir importancia al equipo que afecta a otro, como el usado en operación de línea, así como en calderas, generadores, líneas de transmisión de energía, equipos de mantenimiento.

Otras máquinas	
afectadas	Puntos
Cantidad involucrada	
hasta un máximo de 100.	
Más de 10	10
9	9
8	8
7	7
6	6
5	5
4	4
3	3
2	2
1	1
0	0

0Figura. 11.3. Puntos por otras máquinas afectadas.

6. Aplicación

La tarjeta de registro de equipo. Esta tarjeta contiene todos los detalles relativos a las máquinas. Con información que proporcionan el supervisor, se determina la clave de equipo clasificando cada factor y determinando el producto de los tres factores. El factor de porcentaje de utilización (capacidad), el factor de porcentaje de rentabilidad y el factor de proceso por máquina, se mantiene constante por un cierto periodo. Sin embargo, esta clasificación deberán revisarse periódicamente y ser conservadas al día en las tarjetas. La multiplicación de los factores da la clave del equipo. Esta última abarca de 0 a 100, con lo que se conoce la importancia relativa del equipo, figura. II.4.

Puntos de referencia. Conservan la sencillez de la clave y tiene una aplicación uniforme a los factores. Esto se hace mediante aplicaciones de prueba, con el objeto de incluir la mayor diversidad posible de claves de categoría, deberán escogerse varias áreas de la fábrica y aplicarles los factores. Una tabulación, una comparación objetiva y el ajuste de los resultados proporcionaran una serie amplia de puntos de referencia que servirán de guía para la clasificación de todo el equipo.

Lista de clasificación de equipo. La aplicación de los tres factores a cada máquina o unidad de equipo, da una clave. La lista que tabula estas claves en orden de clasificación numérica es de utilidad como instrumento para determinar las unidades de mayor importancia. Una clave demasiado alta para cualquier otro sistema de servicio, requiere de otros estudios o fuentes como alternativa.

La clasificación relativa de equipo es apenas una parte de ICGM, que también refleja la importancia de los trabajos de mantenimiento en cualquier instante.

(REVERSO DE LA TARJETA DE REGISTRO DE EQUIPO) CLAVE DE EQUIPO					
PORCENTAJE DE CAPACIDAD		PORCENTAJE DE RENTABILIDAD		FACTOR DE PROCESO	
PORCENTAJE DE CAPACIDAD	PUNTOS	PORCENTAJE EN UNIDAD MONETARIA DE UTILIDAD POR FÁBRICA	PUNTOS	OTRAS MÁQUINAS AFECTADAS	PUNTOS
				MÁS DE 10	CANTIDAD HASTA MÁXIMO DE 100
100	10	10	10	10	10
90	9	9	9	9	9
80	8	8	8	8	8
70	7	7	7	7	7
60	6	6	6	6	6
50	5	5	5	5	5
40	4	4	4	4	4
30	3	3	3	3	3
20	2	2	2	2	2
10	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
PUNTO DE FACTOR DE CAPACIDAD		PUNTO DE FACTOR DE RENTABILIDAD		PUNTO DE FACTOR DE PROCESO	
CLAVE DE EQUIPO =					

Fig. II.4. Reverso de la tarjeta de clave de equipo.

7. Clasificación relativa de cada trabajo o proyecto de mantenimiento.

La consideración básica para la fijación de los factores del ICGM, es el costo, porque la ejecución del trabajo de mantenimiento causa gastos y pérdidas en la producción. La clasificación de la clave de trabajo comprende:

a) Aumento en el costo de mantenimiento diferido. Este factor refleja el monto de costo creciente de mantenimiento en que se espera incurrir, si no se completa la reparación. Este costo consiste en el aumento de mano de obra directa y el material del equipo para repararlo, el costo de producción que se pierda por el tiempo transcurrido en la compostura necesita ser incluido, ver figura. II.5.

Porcentaje de aumento	Puntos basados sobre el costo original de mantenimiento.				
	Hasta				
	\$100	\$200	\$300	\$400	\$500
Hasta 10	0	1	2	3	4
20	1	2	3	4	5
30	2	3	4	5	6
40	3	4	5	6	7
50	4	5	6	7	8
60	5	6	7	8	9
70	6	7	8	9	10
80	7	8	9	10	11
90	8	9	10	11	12
100	9	10	11	12	13

Fig.II.5. Costo de mantenimiento diferido.

a) Costo de producción perdida. Cuando el volumen o la calidad de producción se ven disminuidos por no llevar a término el trabajo de mantenimiento, el costo reincidido por horas de operación, se toma en cuenta al evaluar la importancia del trabajo. En este caso también, la estimación debe basarse en el daño probable, no en el daño máximo o mínimo. Si éste es gradual, se divide la pérdida total probable por el número de horas que se necesitan para llegar a una pérdida absoluta, La figura II. 6 muestra puntuaciones fijadas para costos de pérdida de producción por hora. Si la unidad se ve afectada por un fallo repentino (paro), se estimará el costo probable del paro. Se considera solamente el exceso de costo que puede evitarse con una pronta reparación.

Cada daño probable al equipo, producto o material; se calcula en costos por paro, en lugar de costos por hora, Solo se tomaran los costos que resulten específicamente del paro.

b) Costo de calidad. La tabla de costos de la producción muestra también los puntos fijados para el costo de calidad perdida por hora de operación de la máquina; si tanto la producción como la calidad se ven involucrados, los puntos correspondientes serán agregados a cada uno de esos renglones. La figura II.6 también se utiliza para la producción y la calidad perdida. Al evaluar el daño a los productos; con base al costo de reposición menos el valor salvado, esto mide el costo de tiempo continuo de paro, no el daño que pueda sobrevivir por la interrupción.

Si la unidad sigue trabajando por debajo de lo normal se calcula el costo por hora de seguir trabajando así,

Costo calculado por hora	Puntos
\$	
0-2	1
2-4	2
4-6	3
6-8	4
8-10	5
10-12	6
12-15	7
15-20	8
20-25	9
Más de 25	10

Fig.II.6 Costo de producción perdida por hora.

c) Costos del exceso de mano de obra (o mano de obra ociosa).

En muchos casos se puede seguir operando una máquina defectuosa, agregándole mano de obra directa. En otros casos una máquina en esas condiciones puede ocasionar que su operador permanezca ocioso, este hecho tiene que ser tomado en cuenta para apreciar la importancia del trabajo de mantenimiento. Figura 11.7.

Costos calculados		Costos calculado	
por ocurrencia (\$)	puntos	por ocurrencia (\$)	puntos
0 - 15	1		
15 - 25	2	615 - 765	70
25 - 35	3	765 - 1.015	90
35 - 45	4	1.015 - 1.255	115
45 - 55	5	1.255 - 1.500	140
55 - 65	6	1.500 - 2.000	175
65 - 95	8	2.000 - 2.500	225
95 - 125	11	2.500 - 3.000	275
125 - 155	14	3.000 - 4.000	350
155 - 205	18	4.000 - 5.000	450
205 - 225	23	5.000 - 6.000	550
225 - 305	25	6.000 - 7.500	675
305 - 395	35	7.500 - 10.000	875
395 - 505	45	10.000 - 15.000	1.250
505 - 615	55	15.000 - 20.000	1.750

Fig.11.7 costos del exceso de mano de obra.

d) Clasificación de seguridad. Este factor comprende la seguridad de los individuos debe considerarse seriamente hasta donde se pone en peligro la seguridad del trabajador si no se lleva a cabo la reparación. Una valoración lógica y sistemática del peligro en cada caso, hace que se enfoque en forma debida los riesgos graves. Esto demuestra la importancia de considerar cuidadosamente los trabajos de mantenimiento los que se involucran en la seguridad personal. La amenaza a la seguridad personal con relación a trabajos específicos de mantenimiento, se evalúa ver la figura II.8 mediante la consideración de dos factores principales: La probabilidad de un accidente y la gravedad de daño. Fig.II.8

Gravedad de un posible accidente (tiempo perdido)	Puntos de clasificación de prioridad									
	Probabilidad de accidente									
	No Posibilidad		Posible		Probable			Inminente		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hasta una semana			50	150	250	350	450	500	750	1000
Hasta seis semanas		100	250	400	550	750	1000			
Hasta tres meses	100	250							Emergencia – Paro	
Pérdida de pie, mano, etc.									Emergencia – Paro	
Incapacidad total o Pérdida de la vida									Emergencia – Paro	

Fig.II.8

8. Determinación de ICGM.

El ICGM se elabora en la forma por medio de la figura II.9. El factor de trabajo es la suma de los puntos de:

- a) Aumento en el costo por mantenimiento aplazado.
- b) Costo de producción perdida.
- c) Costo de calidad.
- d) Costo de exceso de mano de obra.
- e) Clasificación de seguridad de acuerdo con las tablas de puntuación.

El producto de los puntos de factor de trabajo y la clave del equipo especificada en la tarjeta de equipo, establecen, el ICGM. Obsérvese que la magnitud de las cifras de ICGM puede cambiar o modificar los puntos asignados a los factores.

INDICE ICGM													
W No	FECHA	DEPTO	DESCRIPCION										INDICE ICGM
CALCULO DEL FACTOR DE TRABAJO													
1 AUMENTO DEL COSTO DIFERIDO						2 COSTO DE PRODUCCION PERDIDA		3 COSTO DE CALIDAD		4 COSTO DE MANO DE OBRERA EXCEDENTE			
Aumento de porcentaje	Puntos basados en costo original					Costo por hora		Costo por hora		COSTO POR CANTO			
	Ta \$100	\$200	\$300	\$400	\$500	Calculado	Puntos	Calculado	Puntos	Calculado	Puntos	Calculado	Puntos
10	0	1	2	3	4	0-2	1	0-2	1	0- 15	1		
										15- 25	2	615- 765	70
20	1	2	3	4	5	2-4	2	2-4	2	25- 35	3	765- 1,015	90
										35- 45	4	1,015- 1,255	115
30	2	3	4	5	6	4-6	3	4-6	3	45- 55	5	1,255- 1,500	140
										55- 65	6	1,500- 2,000	175
40	3	4	5	6	7	6-8	4	6-8	4	65- 95	8	2,000- 2,500	225
										95-125	11	2,500- 3,000	275
50	4	5	6	7	8	8-10	5	8-10	5	125-155	14	3,000- 4,000	350
										155-205	18	4,000- 5,000	450
60	5	6	7	8	9	10-12	6	10-12	6	205-255	23	5,000- 6,000	550
70	6	7	8	9	10	12-15	7	12-15	7	255-305	28	6,000- 7,500	675
										305-395	35	7,500-10,000	875
80	7	8	9	10	11	15-20	8	15-20	8	395-505	45	10,000-15,000	1,250
										505-615	55	15,000-20,000	1,750
90	8	9	10	11	12	20-25	9	20-25	9				
100	9	10	11	12	13	Más de 25	10	Más de 25	10				

3. CLASIFICACION DE RIESGO DE SEGURIDAD											CALCULO DEL INDICE ICGM					
Gravedad de un posible accidente (tiempo perdido)	PUNTO DE CLASIFICACION DE PRIORIDAD										Revisión de factor de trabajo		Puntos		b) Costo de reparación calculado	
	Probabilidad de accidente										1. Aumento de costo diferido					
	No posibilidad										2. Costo de prod. perdida					
	Probable										3. Costo de relleno					
Improbable										4. Costo de mano de obra excedente				c) Clave de equipo		
Puro										5. Riesgo de seguridad				Evaluación de la jerarquía de equipo		
Puro										a) Total puntos						
Puro										Indice ICGM (a) x (b)		[] x [] = []				
Hasta 1 semana																
Hasta 6 semanas		100	250	400	550	750	1000									
Hasta 3 meses	100	250	Estrategia				Puro									
Pérdida de pir. mano, etcétera	Estrategia										Puro					
Incapacidad total o pérdida de la vida	Estrategia										Puro					

Fig.II.9 cálculo del ICGM

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Ejemplo. Tarjeta de clave de equipo.

Una máquina tubuladora, la cual se encarga de lavar las piezas del chasis del vagón, el cuales depende de la línea de montaje de chasis, es deficiente la calidad de lavado y requiere de arreglos antes de que sean montadas, la máquina referida trabaja 16 hrs. Diarias, 5 días a la semana emplea 4 operarios. Las piezas lavadas por la maquina representa el 40% de los componentes del chasis, que representa una utilidad al taller de material rodante ticoman, la capacidad es de:

$$(5 \text{ días} \times 16 \text{ hrs.}) / (7 \text{ días} \times 24 \text{ hrs}) \times 100 \% \text{ o sea el } 48 \%$$

El factor se basa en % en el tiempo disponible que se emplea. El término " disponible " se designa las 24 horas del día, por 7 días, para contar con una base comparativa común. Para que sea práctica, la capacidad se basará en un promedio por un lapso normal de operación permanente. En la figura II.1. Los puntos de porcentaje de capacidad. Este porcentaje tiene asignado 5 puntos.

La máquina turbuladora de piezas de chasis representa un 40 % de los componentes del chasis que a su vez viene a constituir un 17 % de las utilidades de taller de material rodante ticoman, el porcentaje de rentabilidad será.

$$17 \% \times 40 \% , \text{ o sea } 6.8 \text{ que son } 7$$

En la figura II.2 los puntos de rentabilidad. Este porcentaje tiene asignado 7 puntos de utilidad de taller. Ya que son los 14 operarios los que dependen de la máquina turbuladora de lavado de piezas, el factor de proceso es de 14, según la figura II.3.

La clave de equipo es: 5 (puntos de capacidad) x 7 (puntos de rentabilidad) x 14 (factor de proceso) , lo que da la clave de equipo = 490

Calculo del ICGM.

Supongamos que la máquina de referencia necesita una reparación de \$500 y que el porcentaje probable de aumento por mantenimiento aplazado es de 20 %. Los puntos de mantenimiento aplazado, según la figura II. 5 son de 5.

El costo de la producción perdida se calcula en \$6 por Hora y el de calidad en \$18 también por hora. De acuerdo con la figura II.6 a esto corresponde 3 y 8 puntos respectivamente.

El exceso de la mano de obra causado por la aceptación de las piezas mal lavadas por una máquina defectuosa, monta a \$ 1.350 hasta el termino de lavado, según la figura II. 7 son 140 punto.

El riesgo de seguridad es nulo. En consecuencia, el factor de trabajo es:

	Puntos	acción inmediata los punto
Mantenimiento aplazado	5	0
Producción perdida	3	10
Calidad	8	0
Exceso de mano de obra	140	0
Seguridad	0	0
Total de puntos de factor de trabajo	<hr/> 156	<hr/> 10

En este caso, el ICGM es:

$$156 (\text{ puntos de factor de trabajo }) \times 490 (\text{ clave del equipo }) = 76,444$$

Si se emprende una acción inmediata para reparar la máquina a fin de hacer desaparecer la deficiencia de operación, el ICGM descende será:

$$10 (\text{ puntos el factor de trabajo }) \times 490 (\text{ clave de equipo }) = 4900$$

La comparación apunta que existe una clara ventaja en apresurar la ejecución del trabajo.

III. Presupuestos.

El presupuesto. Es una expresión cuantitativa porque se asignan unos recursos para alcanzar objetivos en un período; es formal porque debe de ser aceptado por la administración, adopta estrategias porque se deberá definir "COMO" se realizarán las diferentes actividades de la empresa escogiendo aquellas que mejor convengan para lograr los objetivos; deberá "organizar" personas y recursos; "ejecutar" y "controlar" para determinar si los planes no se quedan únicamente en mente de quienes los propusieron y por último usar procedimientos de oficina y técnicas especiales para formular y controlar los presupuestos.

Para el manejo de un presupuesto en una empresa se requiere que sus finanzas estén bien equilibradas, lo cual significa que siempre se puede hallar en condiciones de hacer frente a sus compromisos y obligaciones, obteniendo de los recursos que disponga, el mejor provecho posible, mediante una inversión o manejo de los mismos.

La dirección de una empresa bien organizada financieramente, debe tener previsión al hacer las inversiones y toda clase de gastos, basando su actuación en un plan previamente establecido por medio del cual prevea o presuponga cuál será el resultado de sus gestiones.

1. Clasificación de los presupuestos.

A. Presupuesto fijo o periódicos.

- ◆ Se presupuesta cada comprobante de gastos de mantenimiento.
- ◆ Se estima el número de horas – hombre por especialidad u oficio y los totales resultantes, se aplican las tasas de suelo adecuadas.
- ◆ Estimulación de costo de costo de los materiales para mantenimiento suministro y servicio para el periodo.
- ◆ Se agrega asignación para el personal ejecutivo y administrativo.
- ◆ Se autoriza y controla.

B. Presupuesto flexible.

- ◆ Se aplica basándose en la producción por unidades predecibles y con relación al costo global.
- ◆ Asignan presupuestos en periodos de menos actividad.
- ◆ Participa en su preparación, el departamento de manufactura y el departamento de mantenimiento.
- ◆ Se divide el número planeado de horas de mantenimiento sobre el total presupuestado y da una tasa de costo por hora, que servirá para cargar el costo de mantenimiento al departamento que reciba el servicio.
- ◆ Se compara el costo real del trabajo de mantenimiento con las horas reales por la tasa presupuestada por hora y se analizan variaciones.

C. Presupuesto escalonado.

- ◆ horas – hombre – horas de trabajo o en otras unidades.
- ◆ Se establece el trabajo de mantenimiento que se requiera en cada área de operación.
- ◆ Se estima trabajo no programado y probable por desarrollar.
- ◆ Costos de trabajos por proyectos, reconociendo variaciones o su desarrollo.
- ◆ Se compara con otras estimaciones presupuestal.

2. Presupuesto de reparación.

El presupuesto de reparación, o pronóstico de costos, se convierte en presupuesto general de un departamento de operación, junto con otros como materia prima, mano de obra y gastos directos.

Los presupuestos de reparación se pueden clasificar dentro de tres tipos:

- a) Aquellos limitados a un costo total fijo por unidad de tiempo.
- b) Aquellos que se establecen a un costo unitario por unidad de producción.
- c) Una modificación de los casos anteriores, empleando normas de grupo, que se pueden determinar en costos totales por unidad de tiempo por unidad de producto.

Los tiempos cubiertos por los presupuestos de mantenimiento, en muchas organizaciones se establecen con un año de anticipación, permitiendo que se hagan ajustes periódicamente semestrales, trimestrales o, en algunos casos mensuales. En tales ocasiones la compensación se hace para las condiciones que han cambiado desde la preparación del presupuesto original, generalmente los intervalos de tiempo para estas reaperturas para los ajustes de presupuesto no se controlan por el departamento de mantenimiento y son aceptadas como una política del departamento de contabilidad.

Cuando aparecen variaciones incontrolables dentro de estos periodos, algunos de estos departamentos de mantenimiento establecen un presupuesto interno para controlar a corto plazo y asegurar satisfactoriamente el presupuesto anual oficial al término de su periodo.

Esto se aplica a los presupuestos de reparación, los presupuestos para los centros de servicios o para las áreas que producen servicios pueden establecerse usualmente con exactitud considerable sobre una base anual. Como las reparaciones pueden resultar una variación considerable de las normas de mes a mes debido a los cambios temporales u otros factores, y algunos departamentos de mantenimiento pondrán metas mensuales para los servicios que pronostican una variación de presupuesto anual con el objeto de asegurar una adherencia a dicho presupuesto al fin de su periodo.

3. Preparación de un presupuesto de reparación.

Para la preparación de un presupuesto de reparación, se puede dividir en dos partes:

- A. Cubriendo los presupuestos de reparación, esto es, el elemento del costo que es parte directa del costo de fabricación.
- B. Cubriendo los presupuestos del costo de servicio o de los departamentos de producción enteramente dentro de los grupos de mantenimiento.

Los grupos principales involucrados en la preparación de los presupuestos de reparación, que en la mayoría de las organizaciones se puede llamar al:

- ◆ Departamento de ingeniería de mantenimiento.
- ◆ Departamento de producción.
- ◆ Departamento de contabilidad.

El departamento de ingeniería de mantenimiento tiene mayor participación en esto que los otros departamentos. La participación del departamento de contabilidad está influida considerablemente por los procedimientos contables utilizados y la disponibilidad de la información adecuada a esa actividad. Normalmente la contribución del departamento de contabilidad en la preparación de los presupuestos de mantenimiento, así como otros presupuestos de operación, es consolidación y correlación de los datos, además de una cierta función de vigilancia más que la responsabilidad para iniciar este presupuesto. Entre el mantenimiento y la producción puede variar ampliamente la participación en algunos presupuestos de reparación, son elaborados exclusivamente por un departamento o el otro. Esta elección, es de la gerencia considerando responsable al departamento para la operación del presupuesto que se ha preparado. El costo final, sin embargo, debería estimarse por la ingeniería de mantenimiento, este departamento funciona como una fuente de información relativa a las necesidades anticipadas de reparación, interpretando el departamento de operación esta información en términos de presupuesto de reparación.

Para establecer los presupuestos, es una fuente importante de información básica al preparar el presupuesto de reparación es la experiencia en costos. Es de gran valor al predecir costos futuros si su empleo está equilibrado por la consideración de las variables cuyo efecto está cambiando o de las nuevas variables que se pueden anticipar entre estos factores están:

- ◆ El nivel de actividad.
- ◆ La edad del equipo.
- ◆ Los suministros de mantenimiento.

Si se va a basar un presupuesto de reparación enteramente en el funcionamiento anterior, deberán aplicarse índices de los costos de los equipos y mano de obra. La exactitud del presupuesto se incrementa con la cantidad de detalles al examinar los hechos históricos.

Otra diferencia útil es aquella entre mano de obra y suministros, una solución principal con un estudio comprensivo de un programa planeado de reparación. En este tipo, se segregan aquellos elementos de costos que son razonablemente uniformes, tales como lubricación e inspección y reposición de equipos con vida fija.

Estas soluciones requieren la disponibilidad de muchos datos históricos del funcionamiento del equipo y ayuda del departamento de producción para anticipar la variación del uso anterior de este equipo.

La cantidad de detalles y estudio de preparación de un presupuesto debería controlarse por la mejora esperada al pronosticar la precisión y el valor real de tal incremento para la compañía y para el departamento de mantenimiento.

CAPITULO III.

CONTROL DE LAS FUNCIONES DE MANTENIMIENTO

I. Disponibilidad del equipo y distribución de los tiempos de reparación.

Respecto a componentes aislados y sistemas, se tienen elementos no reparables, esto es, elementos que funcionan una sola vez, cuando nos referimos a un solo ciclo de funcionamiento – falla – reparación. Es más frecuente en las instalaciones industriales de aparatos que durante su vida cumplen numerosos ciclos, los parámetros de fiabilidad también son calculables aunque con mayor dificultad matemática. En este caso adquiere mayor importancia otros parámetros, en el caso concluyen dos términos:

1. Frecuencia de las fallas
2. Tiempo necesario para la reparación.

A estos parámetros se les llama disponibilidad, está relacionada directamente con la posibilidad de utilización de las instalaciones, vista desde un punto de vista técnico, esto es excluyendo la causa de paro por política empresarial. La disponibilidad puede atribuirse a dos interpretaciones:

1. Representa el porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de sistema productivo, calculada sobre un periodo de tiempo largo.
2. La probabilidad de que en un instante cualquiera el sistema (reparable) este en funcionamiento. Dicha probabilidad es generalmente en función del tiempo transcurrido a partir de que el sistema es nuevo.

En este caso el valor es constante en el tiempo y vale lo que la relación porcentual entre tiempo de funcionamiento y tiempo total.

La fórmula de la disponibilidad A viene dada:

$$A = UT / (UT + DT)$$

Donde:

UT= up – time. Representa el tiempo en el que el sistema está realmente disponible para el funcionamiento, esto es, puede ponerse en servicio (independientemente del hecho de que se decida hacerlo funcionar o no).

DT = down – time. Representa el tiempo de servicio imputable a causas técnicas.

El tiempo fuera de servicio de una instalación debido a una falla es el resultado de numerosos factores.

En una primera clasificación los tiempos de mantenimiento se pueden subdividir:

- ◆ Tiempo consumido en el diagnóstico de falla.
- ◆ Tiempo consumido en la reparación de falla.
- ◆ Tiempo consumido en el control de la reparación.

Puede pensarse en una subdivisión de los tiempos más analítica, que tengan en cuenta las operaciones individuales llevadas a cabo por el equipo de reparación, permitiendo investigar mejor el fenómeno.

Se llega así a la siguiente subdivisión del tiempo total:

- ◆ Tiempo de reparación.
- ◆ Tiempo de localización de falla.
- ◆ Tiempo de desmontaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- ◆ Tiempo de la obtención de las piezas y materiales necesarios.
- ◆ Tiempo de ajuste y calibración.
- ◆ Tiempo de montaje.
- ◆ Tiempo de comprobación de buen funcionamiento del componente de reparado.
- ◆ Tiempo de limpieza recogida.

Existen numerosos factores que influyen en la duración total de la reparación, uno de ellos son factores del diseño, otros de naturaleza de organización, otros corresponden a la practica operativa entre los factores propios del diseño se pueden detectar:

- ◆ Complejidad de la máquina.
- ◆ Configuración de los componentes.
- ◆ Peso de los componentes.
- ◆ Diseño de los componentes.
- ◆ Miniaturización de los componentes.
- ◆ Visibilidad de los componentes.
- ◆ Accesibilidad de los componentes.
- ◆ Reemplazo de los componentes.
- ◆ Facilidad de desmontaje de los componentes.
- ◆ Facilidad de montaje de los componentes.

Entre los factores de naturaleza en organización:

- ◆ Adiestramiento de la mano de obra.
- ◆ Dirección de la mano de obra.

- ◆ Disponibilidad de los equipos de operación.
- ◆ La logística de las instalaciones y los servicios, en el grado de descentralización del servicio de mantenimiento.
- ◆ Disponibilidad de documentación (manual de las máquinas, planos, diagramas, etc.).

Factores operativos podemos citar:

- ◆ Habilidad de la mano de obra.
- ◆ Herramientas de que se disponen.
- ◆ Instrumento de medida de que se disponga.
- ◆ Procedimiento de preparación del trabajo o de intervención de emergencia.

El análisis que precede se refiere al caso de intervención de la aparición de la falla, en el caso más general, el tiempo fuera de servicio de una instalación industrial durante cierto período es el resultado de la suma del tiempo debido a las intervenciones de mantenimiento preventivo o periódico y del tiempo debido a las operaciones de mantenimiento correctivo.

N_g = El número de operaciones de mantenimiento correctivo en el periodo analizado.

N_p = El número de operaciones de mantenimiento preventivo en el mismo periodo.

$MTTR_g$ = El tiempo medio por operación de mantenimiento correctivo.

$MTTR_p$ = El tiempo medio por operación de mantenimiento preventivo.

El tiempo total de paro viene dado a horas.

$$(MTTR_p)(N_p) + (MTTR_g)(N_g)$$

El tiempo fuera de servicio (Down - Time) imputable al mantenimiento puede considerarse formado según la figura (III.1)

Tiempo fuera de servicio (Down - Time)

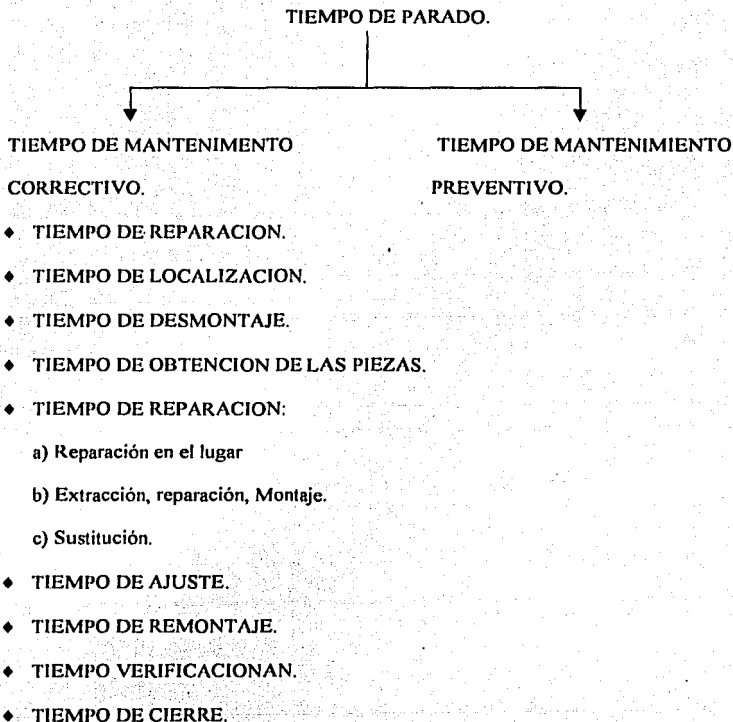


Fig. III. I. Tiempo fuera

- ◆ Ing. Vicente Mayagoitia. Administración de mantenimiento industrial. IPN. ESIME.

II. Control y medición de las máquinas.

1. Técnicas de control.

A. Mantenimiento por averías.

De modo general, maximiza el rendimiento de los costos de la mano de obra directa con desembolso mínimo por el costo del capital, esto es:

- a) El costo de las horas de máquinas perdidas, en términos de la unidad perdidas de producción y su efecto en las utilidades.
- b) Los efectos de productividad de la mano de obra directa en aquellos casos, en que la operación está controlada o regulada manualmente de la pérdida de producción de la mano de obra directa se debe minimizar.

B. Mantenimiento preventivo.

Minimizar el rendimiento de capital invertido en las industrias controladas por procesos o por equipos, dando lugar:

- a) Prolongar la vida económica del equipo de capital mediante la utilización eficiente de los sistemas de lubricación, los programas de inspección de mantenimiento preventivo a los programas de ajuste y de operación.
- b) Minimiza los efectos de las interrupciones imprevistas debido a fallas del equipo las averías se deben reducir al mínimo.
- c) Llevar registros a través de tiempo del equipo y conservar datos de rendimiento de las máquinas indispensables para identificar y tomar las medidas necesarias al respecto, los cambios ocurridos en el estado de equipo que indique reparación o ajuste necesarios.

C. Mantenimiento predictivo.

Se lograr un servicio continuo, sin interrupciones, mediante la vigilancia y la prolongación de unidades de apoyo que se hagan cargo de la operación en línea y fuera de la línea.

Se debe evitar las fallas imprevistas del equipo, los costos de esas fallas son excesivos y pueden dar lugar al colapso económico, al fracaso de la empresa o ambos. El parámetro que garantizan es la predecible.

D. Mantenimiento planeado y programado.

La característica es la existencia de una reserva documentada de proyectos de trabajo de mantenimiento. Por lo general, se proyectan las necesidades de mano de obra, material y equipo de mantenimiento de doce a dieciocho meses.

Estos proyectos son necesarios porque habrá que hacer pedidos de partes como repuestos y contratar por fuera mano de obra especializada, con meses de anticipación, esto a su vez exige el almacenamiento de material.

2. Técnicas de medición.

A. Mantenimiento por averías.

El objetivo principal del mantenimiento basado en las averías es que el equipo continúe funcionando. Las técnicas para medir la eficacia de este tipo de mantenimiento son:

- a) Registro de utilización del equipo. Todas las averías se registran, en un cuaderno o mediante un sistema de orden de trabajo, en los efectos de la utilización continuada en el rendimiento de la mano de obra directa.

- b) **Análisis de variación de la mano de obra directa.** Cada vez que se tiene que suspender una operación para dar mantenimiento, los operadores tienen tiempo perdido. Los informes detallados de las variaciones de la mano de obra directa se analizan para determinar el efecto de las averías en los costos de mano de obra directa.
- c) **Muestreo de trabajo.** Ayuda a determinar los efectos causales del tiempo improductivo.
- d) **Sistema de información manufacturados.** Se recurre al sistema electrónico de información para analizar el rendimiento de las operaciones de la mano de obra directa.

B. Mantenimiento preventivo.

La administración que recurre al mantenimiento preventivo abarca las mediciones:

- a) La vida económica del equipo.
- b) La variación directa de la mano de obra.
- c) La reparación y el inventario de las partes de repuesto.
- d) La productividad del personal de mantenimiento.

La evaluación de las técnicas que se aplican en este tipo de mantenimiento varía de una a otra industria.

C. Mantenimiento predictivo.

Pronosticar el comportamiento del equipo, a fin de evitar las fallas no programadas. El desarrollo y la aplicación de equipo necesario para tales sistemas de vigilancia a sido muy amplios, las siguientes son algunas de esta técnicas:

- a) **Vigilancia de la vibración.** Los dispositivos analizadores de vibración.
- b) **Vigilancia de calor.** Se realiza mediante dispositivos basándose en rayos infrarrojos.

- c) Vigilancia del equipo eléctrico. Existen sistemas de protección para equipo eléctrico, interruptores termomagnéticos, relevador de sobrecarga, etc.
- d) Vigilancia de circulación y presiones. Los sistemas hidráulicos y neumáticos están diseñados para operar con diferentes presiones. Los cambios notorios en las presiones o en flujos indican posibles problemas con los componentes, es posible pronosticar las fallas trazando gráficas de los cambios y analizándolas.
- e) Vigilancia de corrosión. Las mediciones se llevan a cabo de forma constante y se hacen proyecciones a las futuras fallas. Estas proyecciones dan el tiempo necesario para planear y programar la reparación.

D. Mantenimiento planeado y programado.

Los cuatro factores que intervienen en la medición de la eficiencia de mantenimiento planeado y programado son los siguientes:

- a) Atraso. El tipo y tamaño de los atrasos documentados deben de ser evaluados constantemente los cambios importantes pueden indicar las necesidades de ajustar los programas de la mano de obra o equipo.
- b) Cumplimiento de los programas. La capacidad del departamento de mantenimiento determina el trabajo programado dentro del plazo previsto, es de mayor importancia.
- c) Productividad. El mantenimiento planeado y programado con registro de atraso, permite medir la productividad del personal de mantenimiento.
- d) Niveles de personal. Un porcentaje en la relación con las horas de mano de obra directa los activos utilizados, otras establecen niveles de personal por tipo de trabajo.

- ◆ Gabriel Salvend. Manual de ingeniería industrial. Vol 1

CAPITULO IV
INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO APLICADO AL TALLER
ELECTROMECAÁNICO EN TICOMAN.

Los síntomas más notorios de la falta de administración en el mantenimiento en el STC, son los numerosos paros imprevistos, las horas extras frecuentes, la falta de un programa de reposición de recursos obsoletos, la inexistencia de estadísticas o herramientas de control, la ausencia de planes integrales de mantenimiento tanto programada como contingente y, en fin, todo aquello que desconcierte al personal de mantenimiento.

Por otra parte se tiene la necesidad de mejorar día a día las habilidades administrativas, debida a la creciente automatización.

I. Responsabilidades y organización.

El departamento de ingeniería de mantenimiento, proporciona seguridad de que no va a haber paros durante las operaciones de producción, manteniendo el equipo en condiciones satisfactorias para lograr seguridad en las operaciones obteniendo su máxima eficiencia de operación, reduciendo así el mínimo tiempo ocioso que resulta de los paros reduciendo también al mínimo el costo de mantenimiento y manteniendo un alto nivel de ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado por el departamento, la provisión de un grupo de ingeniería adecuadamente asesorado y supervisado, apegándose a un programa firme de mantenimiento preventivo y de refacciones adecuadas, investigando la continua de las causas y remedios de los paros de emergencia, obteniendo una estrecha cooperación con la operación de supervisión, para satisfacer los requisitos de equipo y programa.

La responsabilidad para un uso continuo y económico del equipo se encuentra en la supervisión de las operaciones. Sin embargo es responsabilidad del grupo de ingeniería del departamento de ingeniería de mantenimiento, organizar los programas de mantenimiento preventivo, manejar la eficiencia del equipo necesario para satisfacer los requisitos de producción programados, para proporcionar estos servicios, los ingenieros se asignan para asegurar que el trabajo se realiza en forma rápida y económica, con las practicas de seguridad y con un alto nivel técnico de ingeniería, el mantenimiento repercute en todos niveles, es frecuente que se introduzcan, modificaciones en el modo de realizar cierto trabajo, en la utilización de ciertos materiales o en cierto tipo de organización.

En la organización, dentro del departamento de ingeniería de mantenimiento se establece una división razonable y clara de la autoridad manteniendo la cantidad óptima de personal que informa a un solo individuo, implicando una estructura flexible, el nivel adecuado de información para el departamento de ingeniería en mantenimiento, se obtiene en su máxima efectividad en informar a un nivel que sea responsable de la mayor parte de los grupos.

El papel del ingeniero con adiestramiento técnico, en la organización de mantenimiento, se utiliza en una obtención de una máxima ventaja de su experiencia y adiestramiento profesional.

En consideración un técnico debe de estar en la línea para ser efectivo y que la función del ingeniero se combine resultando:

1. Una utilidad máxima de la preparación técnica del ingeniero.
2. Mantiene un tratamiento profesional para los problemas de mantenimiento.
3. Se tiene un mejor manejo de los problemas técnicos utilizando técnicos en mantenimiento profesional A, en los grupos.
4. Se reduce la organización de ingeniería al obtener personal altamente capacitado.

Las distintas funciones de las unidades de mantenimiento deberán ser delineadas con toda precisión, ejemplo de quehaceres básicos de mantenimiento son los siguientes.

1. Seleccionar y capacitar a personal calificado para que lleve al cabo los distintos deberes y responsabilidades de la función proporcionando replazo de trabajo calificado.
2. Planear y programar en forma conveniente la labor de mantenimiento.
3. Disponer de las máquinas, equipo en general, para realizar las labores de mantenimiento planeado.
4. Conservar, reparar y revisar maquinaria y equipos de producción, herramientas eléctricas portátiles y equipos para el manejo de materiales, manteniendo todas las unidades respectivas en buen estado de funcionamiento.
5. Conservar y reparar locales, instalaciones, mobiliario, equipo de oficina, etc.
6. Instalar, redistribuir o retirar maquinaria y equipo, con miras a facilitar la producción.
7. Revisar las especificaciones estipuladas para la compra de nueva maquinaria, con objeto de asegurar que estén de acuerdo con las ordenanzas de mantenimiento.

8. Escoger y proveer a la aplicación, en los plazos requeridos, de los lubricantes necesarios para la maquinaria y equipo.
9. Iniciar y sostener los programas de conservación para la adecuada utilización de aceites y grasas lubricante, aceite de lubricación para cortes y desgaste, así como aceites hidráulicos,
10. Proporcionar servicio de limpieza en toda la fábrica, en relación con las maquinarias, equipos y sistemas de elaboración.
11. Proporcionar servicio de aseo en toda la fabrica.
12. Juntar, seleccionar y deshacerse de desperdicios, combustibles, metales y material que puede volverse a utilizar.
13. Preparar estadísticas para su incorporación a los procedimientos y normas de mantenimiento, tanto locales como de toda la corporación.
14. Solicitar herramienta, accesorios, piezas especiales de repuesto para máquinas, todo equipo necesario para efectuar la función de mantenimiento.
15. Preparar solicitudes de piezas de reserva para maquinaria y equipo, revisar la lista de esta clase de artículos según sea necesario, y controlar el programa de conservación de partes de repuesto y materiales de mantenimiento.
16. Cerciorarse que los inventarios de piezas de reserva, accesorios de mantenimiento y partes de repuesto especiales sean conservados en un nivel óptimo.
17. Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad y cuidar de que se observen las normas de seguridad para calderas, hornos, etc.

El nivel adecuado de información para el departamento de ingeniería de mantenimiento es informar al nivel de gerencia, el personal de inspección informan a un nivel que les permitan actuar independientemente al departamento que sirven.

Bajo ciertas circunstancias, esta independencia puede ser necesaria para efectuar adecuadamente la función de ingeniería de mantenimiento. La necesidad de autoridad definida en forma detallada a menudo se sobrestima para los grupos de servicio o de consulta. La ejecución basada sólo en el ejercicio de autoridad no puede ser tan efectiva como la ejecución basada en un esfuerzo cooperativo.

Ingeniería de mantenimiento debe informar a un nivel que sea responsable de la mayor parte de los grupos.

En la fig. IV. 1 se muestra un organigrama del S.T.C. a nivel gerencia en instalaciones fijas y de vías.

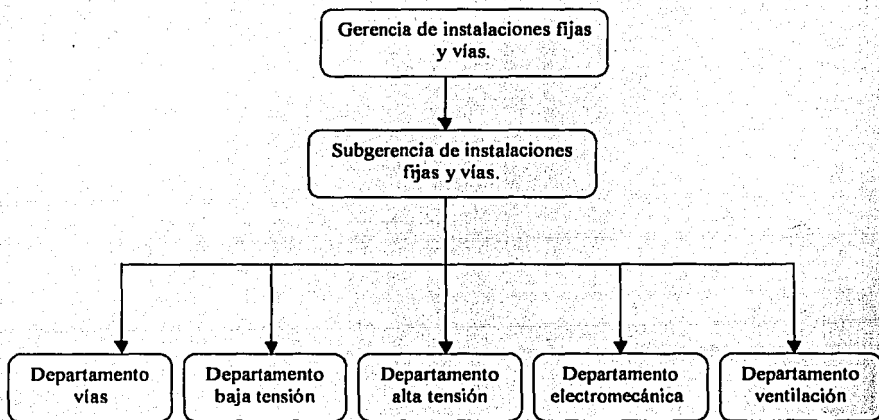


Fig.IV.1

En la fig. IV. 2 se muestra un organigrama en el ámbito de departamento de ingeniería de mantenimiento.

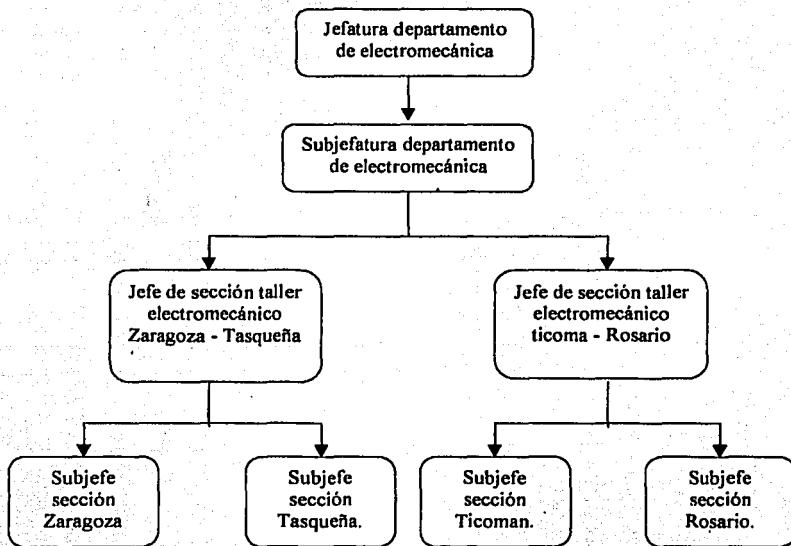


Fig.IV.2

En la fig. IV.3 se muestra la organización en el taller electromecánico.

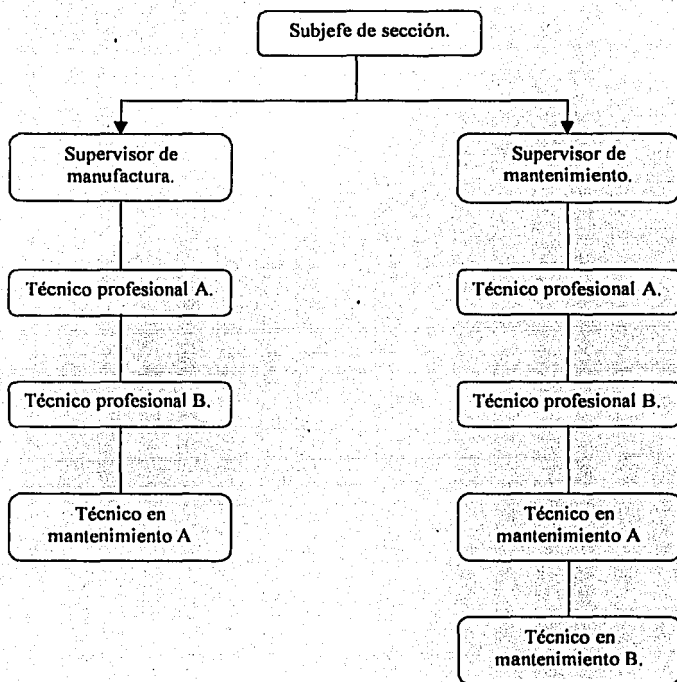


Fig. IV.3.

II. Localización geográfica e interior.

I. Localización geográfica dentro de la delegación G. A. MADERO Colonia LINDAVISTA.

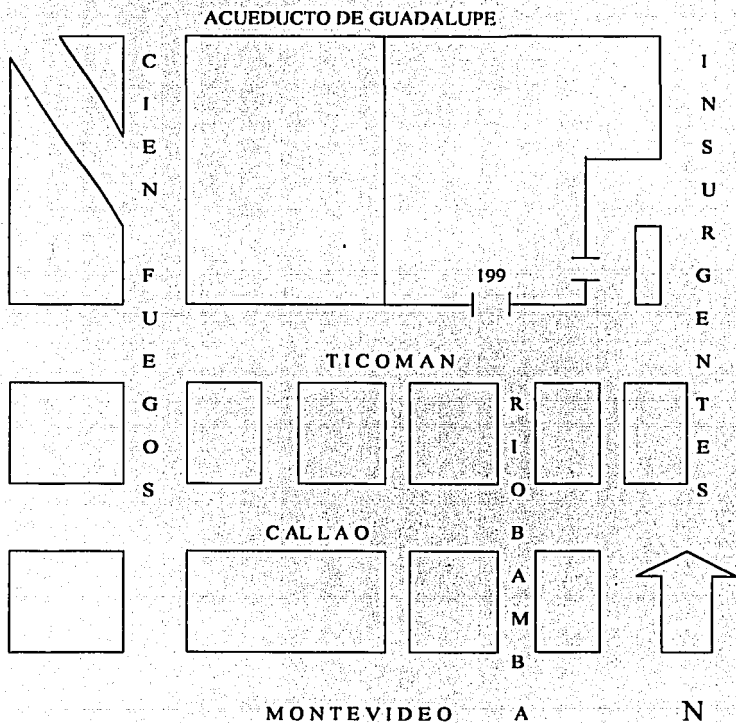
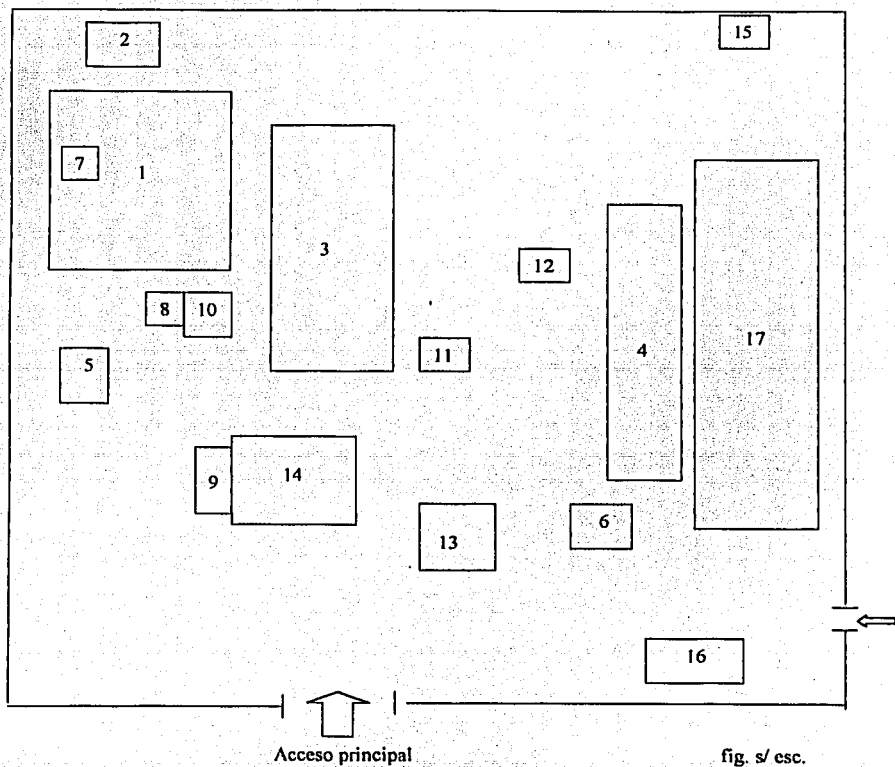


fig. s/esc.

2. Localización interior.



TALLER EN GENERAL

3. Taller en general.

- 1. Taller mantenimiento mayor**
- 2. Taller de zapatas**
- 3. Taller mantenimiento menor**
- 4. Taller de vías**
- 5. Oficinas de mantenimiento mayor**
- 6. Oficina de taller electromecánico**
- 7. Taller de mantenimiento electromecánico**
- 8. Área de caldera Myrgo**
- 9. Área de caldera Cleyton**
- 10. Área de compresores**
- 11. Cuarto de bombas para agua potable**
- 12. Grúa torre**
- 13. Área de almacenes generales**
- 14. Servicios generales**
- 15. Puesto de maniobra**
- 16. Clínica**
- 17. Garaje de trenes**

4. Localización de los equipos.

Se encuentran en diferentes áreas dentro del taller Ticomán.

a) Área de mantenimiento mayor.

En esta área se le da servicio de mantenimiento correctivo a los vagones del metro, desde su desarmado hasta su armado. El taller de mantenimiento de electromecánica se encarga de dar servicio de mantenimiento a los equipos a su cargo ubicados en esta área los cuales son:

- ◆ Grúas viajeras.
- ◆ Grúas radiales.
- ◆ Polipasto.
- ◆ Tinas turbuladoras.
- ◆ Cámaras de sopleteado para vagones.
- ◆ Cámara de sopleteado para motores eléctricos.
- ◆ Puentes transbordadores.
- ◆ Conjunto de baterías de gatos.
- ◆ Carcamos.
- ◆ Red de aire.
- ◆ Ventilación mecánica.
- ◆ Grupo de compresores.
- ◆ Extractores de gases.
- ◆ Cuarto caldera.

b) Área de zapatas.

Se encarga de hacer las zapatas para los frenos del metro, los equipos se encuentran localizados son:

- ◆ Máquina impregnadora de zapatas.
- ◆ Polipastos.
- ◆ Extractor de aserrín

c) Área de mantenimiento menor. En esta área se encarga de dar mantenimiento preventivo y correctivo al tren, los equipos que se ubican en esta área son:

- ◆ Red de aire en fosas y locales técnicos.
- ◆ Polipastos.
- ◆ Máquina extractora de polvos.
- ◆ Máquina lavadora de trenes.
- ◆ Cuarto de bombas.

d) Área de vías.

Realiza mantenimiento a los equipos de combustión interna de diesel y gasolina los cuales se ocupan en el primer turno, para dar mantenimiento a las vías del tren, se localiza equipo de electromecánica los cuales son:

- ◆ Grúa torre.
- ◆ Cárcamo.
- ◆ Red de aire.

El departamento de mantenimiento tiene a su cargo equipos electromecánicos en el taller de ticóman, los cuales son tabla IV.4:

Nombre del equipo.	Característica.	Equipos existentes.
Grúa torre	500tn	1
Grúas puente	3,7.5tn.	22
Grúas radiales	.5tn.	9
Polipastos.	1tn	9
Tinas turbuladoras.	Lavado de chasis	5
Cámara de sopleteado.	Vagones, piezas	7
Máquina impregnadora.	Zapatas.	1
Puente transbordador.	Vagones.	3
Batería de gatos.	80tn por grupo de cuatro	12
Carcamos de bombeo	Agua de filtración	11
Máquina lavadora.	Trenes	1
Compresores.	Pistones	3
Sistema de red de aire.	Tomas de aire y vasos filtro	350 grupos
Torre de enfriamiento.	Tiro mecánico inducido	1
Máquina extractora de polvo.	Túnel de sopleteado	1
Calderas Clayton, Myrgo.	Serpentín y fluxes.	2
Sistema de agua potable	Bombas	5
Extractor de gases.	Tinas turbadoras	2
ventilación	Mecánica	34
Extractor.	Aserrín	1

Fig.IV.4

III. Realización del mantenimiento preventivo y correctivo.

Para la realización del mantenimiento se requiere de la fuerza de trabajo, al determinar el número de personas, tanto supervisores como técnicos con diferente categoría en los tres turnos.

Las consideraciones que se toman para un programa de mantenimiento son:

- ◆ Un número menor de larga escala de reparación y menor número de reparaciones repetitivas.
- ◆ Reducción de costos.
- ◆ Eliminación de desembolsos de contado por reparaciones prematuras.
- ◆ Identificación de las piezas con un alto costo.
- ◆ Control de refacciones
- ◆ Mayor seguridad para los trabajadores.
- ◆ Menos pago en horas extras.

1. Mantenimiento preventivo.

En la práctica es imposible utilizar un sistema de mantenimiento 100% preventivo ó 100% correctivo. Cuando se aplica un sistema de mantenimiento correctivo se realiza muchas operaciones, tales como: limpieza, lubricación, que son operaciones de mantenimiento preventivo. Al emplear una parte de los recursos en la corrección de las fallas que se presentan durante la operación del equipo, instalaciones, etc.; lo cual es mantenimiento correctivo.

La necesidad de trabajo o servicio en forma ininterrumpida y confiable obliga a ejercer una atención constante sobre el grupo de mantenimiento, para que en caso de que surjan problemas imprevistos, esto sea lo menos frecuente o trascendente posible.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo, con la experiencia que gana, cataloga la causa de algunas fallas típicas y llega a conocer los puntos débiles de instalaciones y máquinas.

Las políticas generales del mantenimiento preventivo son:

- ◆ Cuando se da servicio para mantener en operación el equipo y evitar que falle.
- ◆ Para reemplazar equipo que falle.
- ◆ Para reemplazar equipo por otro que satisface mejor nuestras necesidades.

El plan de mantenimiento preventivo no es más que las hojas descriptivas de las operaciones que deben efectuarse y la periodicidad que deben realizarse cada una de ellas, para un determinado equipo.

Básicamente lo que se debe inspeccionar:

- ◆ Mecanismos debido al desgaste, corrosión o vibración.
- ◆ Expuesto a intemperie, equipos.
- ◆ Fugas, como son los sistemas, neumáticos, hidráulicos.
- ◆ Elementos reguladores o controles de fuerza, presión, temperatura, etc.

Respecto a la vida útil:

- ◆ Asignar vida útil a unidades en las cuales una falla pone en peligro a personas, equipo costoso o difícil de adquirir.
- ◆ Asignar vida útil a unidades o componentes de equipo mayor, que por la complejidad de su construcción una reparación es bastante tardado así como su costo.

Recursos técnicos:

- ◆ Recomendaciones del fabricante. Los fabricantes del equipo dan recomendaciones más o menos amplias respecto al mantenimiento del equipo, así como algunos problemas comunes y la manera de corregirlos.
- ◆ Recomendaciones de otras instalaciones similares. Las recomendaciones por experiencia sobre instalaciones iguales o similares son también muy útiles, aún cuando no apliquen el sistema de mantenimiento preventivo, debe de tenerse en cuenta muy especialmente las condiciones de operación que puede ser igual o totalmente diferentes a las propias.
- ◆ Experiencias propias. Es muy útil la experiencia propia sobre la operación del equipo o de equipos similares, pues se conoce sus características y sus puntos débiles, se recomienda se establezca un sistema de documentos para los puntos b y c.
- ◆ Análisis de Ingeniería. Cuando los datos proporcionados por a, b, y c no son suficientes, se recurre al análisis de ingeniería, que no es más que el estudio detallado de las instalaciones, sus características de construcción y operación.

2. Mantenimiento correctivo.

Las diferentes fases del mantenimiento correctivo desde su origen hasta su terminación en un equipo son de la manera siguiente:

- ◆ Se presenta la falla, la cual se manifiesta durante la operación, generalmente se descubre por aviso, o sea por problema reportado. A veces se detecta por inspección. Los operadores conocen o pretenden conocer las características y funcionamiento del equipo suficiente para dar indicaciones acerca del trabajo necesario para corregir la falla; esto en ciertos casos es de gran ayuda, pero no es fiable al 100% ya que el diagnóstico no es siempre acertado.
- ◆ Se solicita la ejecución del trabajo por los medios y procedimientos usuales.
- ◆ En el momento posible, el encargado de mantenimiento ordena el análisis que debe de ser ejecutado por una persona suficientemente capacitada para:
 - Inspeccionar el equipo, para evaluar la falla realizarla en el sitio o mandarlo a taller.
 - Planear el trabajo necesario para corregirlo.
 - Estimar la mano de obra necesaria.
 - Estimar el material o refacciones necesarias.
 - Estimar la forma y tiempo de conclusión del servicio.
- ◆ El encargado de mantenimiento ordena la ejecución del trabajo especificando el grado de supervisión.
- ◆ Ejecutado el trabajo se hace la inspección final, incluyendo pruebas funcionales.
- ◆ Se entrega el equipo, en condiciones funcionales para seguir operando en forma segura y eficiente documentando y cerrando el servicio.

Diagrama de flujo de mantenimiento figura IV. 5

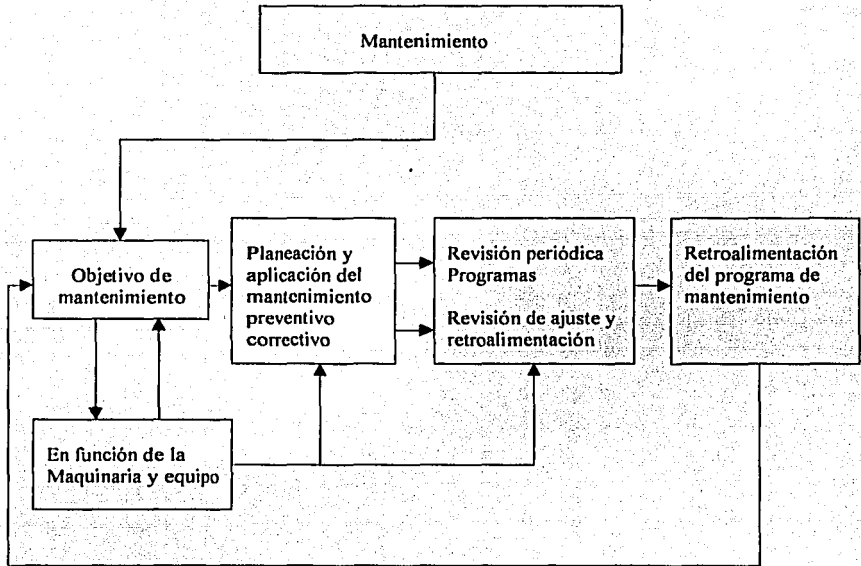


Fig. IV. 5. Diagrama de mantenimiento.

Diagrama de flujo de un mantenimiento preventivo y correctivo figura IV.6

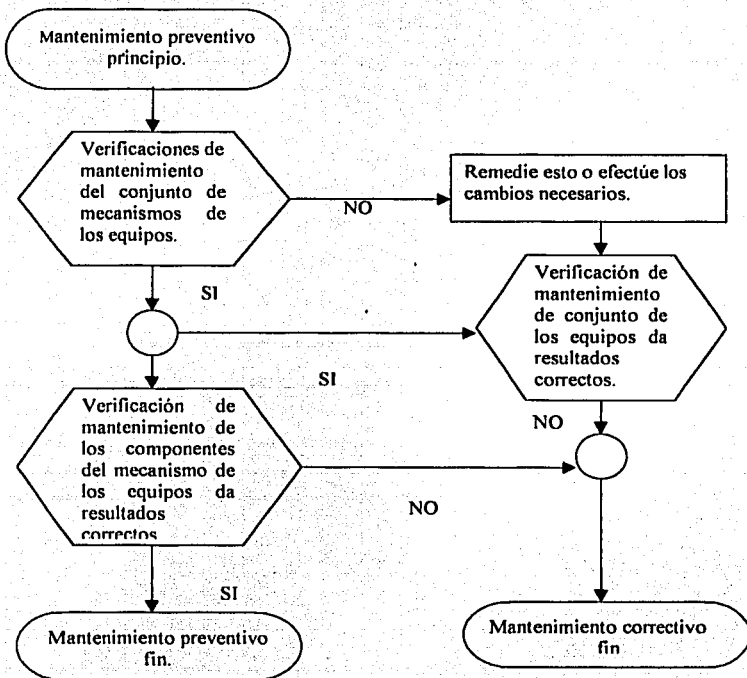


Fig. IV.6. Diagrama de mantenimiento preventivo y correctivo

Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo en el sitio figura IV.7.

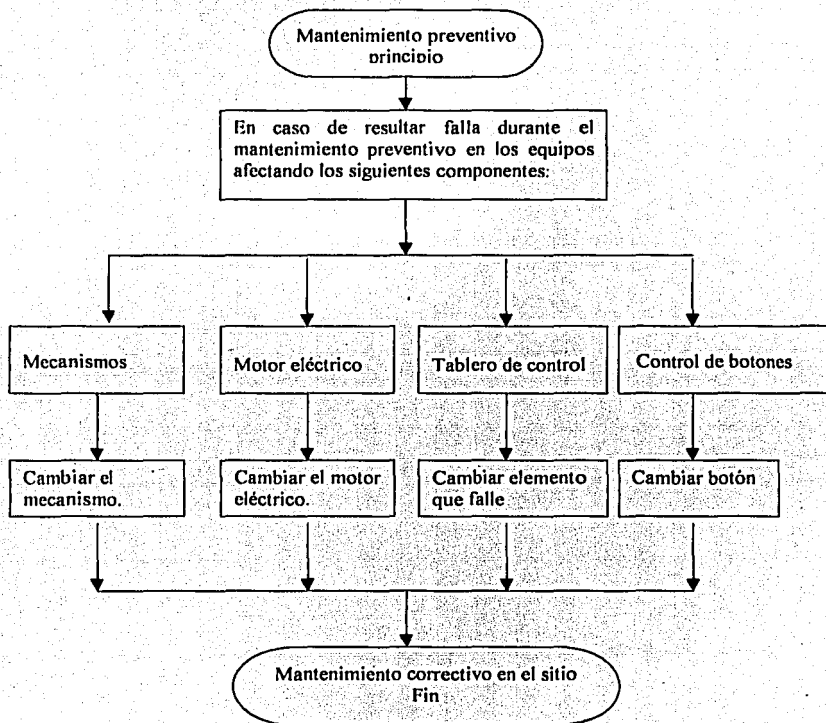


fig. IV.7. Mantenimiento correctivo en el sitio

Diagrama de flujo de mantenimiento correctivo para taller de manufactura figura IV. 8

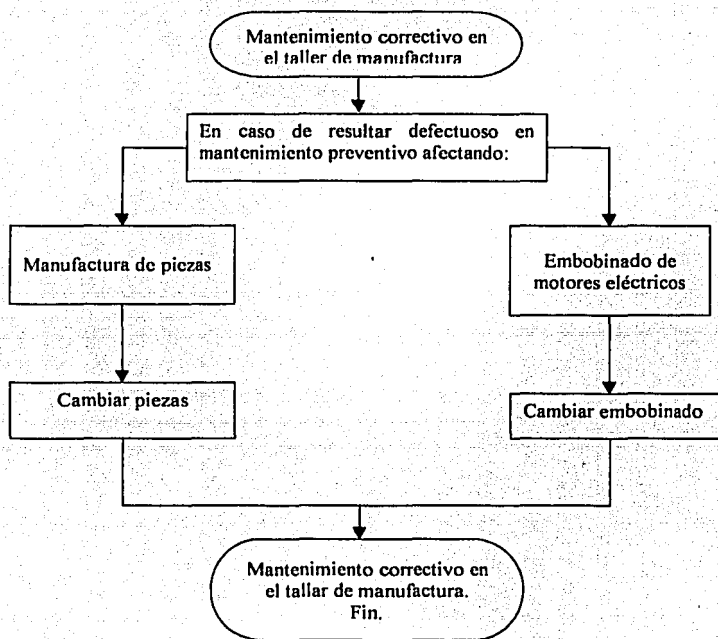


Fig.IV.7.Mantenimiento correctivo en taller de manufactura.

IMPLANTACIÓN DE LAS FUNCIONES DE CONSERVACIÓN INDUSTRIAL EN EL STC.

Conservación industrial; es al definir como:

“La actividad humana que mediante la aplicación del conocimiento científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existente en el hábitat humano”.

En la actualidad, el personal de conservación tiene necesidad de poseer profundos y especializados conocimientos y no sólo debe de dominar su técnica sino también la administración de ésta, la conservación trata de la defensa del recurso (preservación) y de la defensa del servicio que proporciona el recurso (mantenimiento).

Los recursos generales que existen en la empresa analizando cada uno de ellos son:

- Equipos. Se llama así a todo tipo de maquinaria: eléctrica, mecánica, calderas, herramientas, etc.
- Instalaciones. Se le llama así a los sistemas de generación, distribución y control de todo tipo de energía (eléctrica, térmica, acústica, hidráulica, mecánica, neumática, etc.)
- Construcciones. Se llama así a los edificios, carreteras, vías férreas, acueductos, etc.

La actividad de un departamento de conservación se clasifica en:

- A. Inspección: Consiste en la observación de los recursos, con objeto de obtener información sobre sus estado físico o de funcionamiento.
- B. Reparación: Son los trabajos efectuados para corregir los daños que se hayan suscitado en un recurso, o los defectos de fabricación el mismo o una de sus partes. Es importante no confundir los trabajos reparación con los de corrección de una falla, pues esta última puede necesitar de todas las actividades mencionadas.

- C. Rutinas: Son los trabajos de preservación y mantenimiento, que se considera necesario hacerlo periódicamente para tener una buena apariencia, duración y funcionamiento de los recursos.
- D. Cambio: Consiste en sustituir una máquina o componente que por cualquier concepto haya dejado de ser confiable, por otro u otro exactamente igual, pero en buenas condiciones de funcionamiento.
- E. Modificación: Son los trabajos que se consideran necesarios para reformar el diseño o las propiedades físicas de los recursos, a fin de eliminar fallas repetitivas originadas por su diseño o fabricación defectuosa.

Las labores de conservación en la fábrica deben de ser distribuidas en tres tipos de personal.

1. Conservación ligera. Consiste en pequeñas labores de conservación del recurso por atender, tales como limpieza, lubricación parcial, apriete de tornillos o partes que afloje por el uso natural de los recursos y todo aquello que signifique un trabajo sencillo de conservación. Esta labor debe ser asignada al usuario de recurso.
2. Conservación común. Prácticamente todas las labores que se llevan acabo en la fábrica exceptuando las contenidas en los puntos 1 y 3. Estas se asigna al personal de conservación de la fábrica.
3. Conservación pesada. Son trabajos que por su complejidad, especialización o cuestiones económicas, se considera preferible darlos a talleres especializado, y por tanto son asignados a terceros, en el punto 2 y 3, debe de quedar bajo la responsabilidad de la gerencia de conservación.

Otras funciones que es conveniente asignar a los departamentos de conservación de toda empresa, son las siguientes:

- ◆ Seguridad industrial.
- ◆ Recuperación de materiales.
- ◆ Reducción de contaminantes.
- ◆ Almacenamiento de basura.

El objetivo del mantenimiento industrial. Es garantizar el funcionamiento eficaz de los recursos empleados, manteniendo el servicio de dichos recursos dentro de límites de calidad preestablecido manifestando la importancia del servicio y su calidad, definiendo estos dos conceptos:

Servicio: Es la utilidad que presta un recurso, para lograr la satisfacción de una necesidad humana.

Calidad de servicio: Es el grado de satisfacción que se logra dar a una necesidad humana, mediante la prestación de un servicio, esta se mide por el número de falla recibidas de los usuarios, éste es un parámetro tan importante que debe de ser utilizado, con el objeto de conocer el comportamiento de los recursos sujetos a conservación.

La conservación se divide en dos grandes ramas:

1. La preservación. Es la actividad humana encargada de evitar daños a los recursos existentes en el hábitat humano.
2. El mantenimiento. Es la actividad humana que garantiza el funcionamiento eficaz de los recursos empleados por el hombre.

En práctica, cualquier departamento de mantenimiento, lleva acabo trabajos de preservación, estos departamentos deberían llamarse departamentos de conservación y en caso necesario, si el volumen e importancia de trabajo de preservación, dividir en dos funciones a fin de racionalizarse (preservación y mantenimiento).

Si por un momento para aclarar el concepto, consideramos que existen dos tipos de personal, unos para mantenimiento y otros para preservación, llegando a la conclusión que el personal de mantenimiento, su objeto debe de garantizar la continuidad del servicio dentro de los limites de calidad prefijados que están suministrados los recursos de la empresa, el enfoque de mantenimiento debe de dirigirse hacia el servicio y su calidad esperada, esto es mantener la calidad de servicio

Mantenimiento de servicio: El concebir nuestro recurso (equipos, instalaciones, y construcciones) como un medio para conseguir un fin, nos permitirá orientar adecuadamente los trabajos que sobre ellos se realicen tendiente al mantenimiento de servicio que prestan. Es necesario puntualizar que existe una relación muy estrecha entre máquina y servicio, es el que mantenemos dentro de la calidad que deseamos.

Gráfica de calidad de servicio: Una vez que la máquina esté trabajando, se proporciona un servicio con calidad óptima esperada (M), trazando una gráfica de calidad en la fig. 1, pero con forme pasa el tiempo, las pruebas e inspecciones nos indican que ésta se va demeritando (punto 1, 2 y 3); esto da lugar en cada ocasión, a efectuar los arreglos necesarios en la máquina, hasta obtener la calidad óptima (atendiendo los tres punto); debe calificarse como mantenimiento preventivo, ya que en ello se previene que la calidad de servicio continúe dentro del margen esperado.

Sin embargo si la máquina no se atiende a tiempo por cualquier causa, el servicio que puede suministrar, al salirse por ejemplo en el límite superior (punto 4), la máquina se sobre excede; o, si rebasa el límite inferior (punto 5), la máquina no tiene un rendimiento adecuado. Los trabajos que se realicen en este momento a la máquina, para volver a colocar dentro de su margen de funcionamiento esperado deben calificarse como mantenimiento correctivo, puesto que se está corrigiendo la deficiencia del servicio.

También se da el caso de que el servicio se pierda del todo del servicio (punto 6), efectuando labores de mantenimiento correctivo.

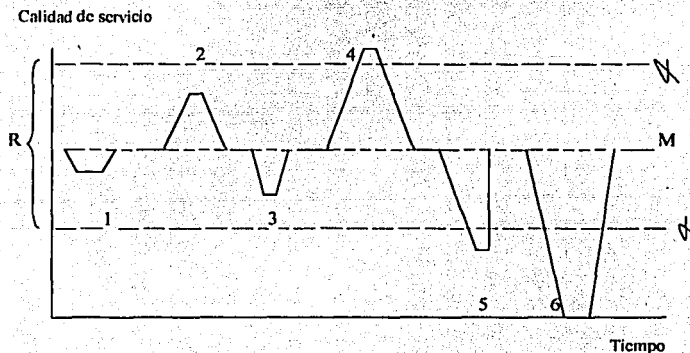


Fig. 1. gráfica de calidad de servicio.

C.A= Calidad de servicio

T = Tiempo

M = Calidad óptima

R = Margen aceptable de calidad de servicio.

Tomando en cuenta que con este enfoque, es el servicio al que se mantiene o se corrige; ya no se tiene que pensar lo que se le hizo a la máquina, a la hora que fue hecha la labor, por quién fue hecha, el costo de la misma, etc; para calificar dichas labores como mantenimiento correctivo o preventivo.

Para conocer si terminado el trabajo es de mantenimiento correctivo o preventivo, basta con preguntarse:

¿Qué tipo y calidad de servicio espero de la máquina, y cual es el nivel inferior y superior de dicha calidad? (margen).

¿Sé esta fuera del margen esperado?

De esto deducimos, que el centro de interés en los trabajos de mantenimiento industria, es la de mantener dentro del margen de calidad de servicio esperado, el funcionamiento de los equipos, instalaciones o construcciones que integran una empresa.

La nueva filosofía de mantenimiento, determina que solo hay dos tipos de mantenimiento industrial:

1. **Mantenimiento correctivo:** Que se define como la "actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones; cuando a consecuencia de alguna falla, han dejado de presentar la calidad de servicio esperada"
2. **Mantenimiento preventivo:** Que se considerara como "la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones; con el fin de garantizar que la calidad del servicio que esto proporciona, continúe dentro de los límites establecido".

Deben considerarse todos los tipos de mantenimiento que de una u otra forma tengan la misión de conservar la calidad de servicio, tales como:

Mantenimiento periódico, progresivo, analítico, técnico, predictivo.

La preservación, también se divide en correctiva y predictivo, de acuerdo a lo siguiente:

1. Preservación correctiva: Son los trabajos de rehabilitación que se han desarrollado en un recurso, cuando éste se ha degenerado o ha sido atacado por agente nocivos.
2. Preservación preventiva: Son los trabajos desarrollados en un recurso, a fin de evitar su degeneración, o que se ataca por agentes nocivos.

Por lo anterior analizado, se puede dejar asentado la figura 2, lo siguiente:

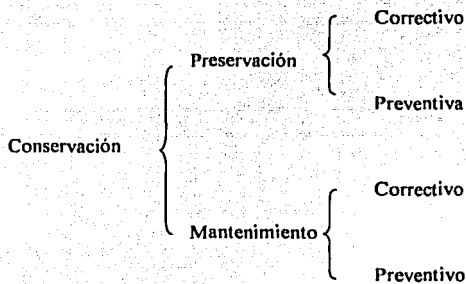


Fig. 2. la conservación

Cuando se toca el punto de conservación, nos referimos a trabajos enfocados exclusivamente a la defensa de los recursos. En el punto de mantenimiento, nos referimos al mantenimiento de la calidad del servicio que proporciona el recurso.

La importancia máxima para el departamento de conservación, es el mantenimiento, ya que este cuida la calidad de servicio que proporcionan los recursos que integra la empresa.

La confiabilidad de los recursos usados en el S.T.C. metro, se puede considerar como norma, media falla por unidad de servicio (equipos) por año; es decir se considera aceptar que un equipo tenga una falla de 0.0416 en un mes esto es:

Equipo: Grúa Puente 1

Número de falla	Frecuencia en el mes	Frecuencia de %
X	X/F	P (X)
15	15/30	0.5

$$0.5 / 12 = 0.0416; \text{ para fines prácticos } 4\%$$

Esto es el índice de calidad esperado y el cual se logra a través de una conservación adecuada aplicada a recursos de tal confiabilidad que permite obtener dentro de un marco económico previamente definido. Se acostumbra a tomar un tolerancia de 10% arriba o debajo de este índice, tal como se muestra en la fig.3.

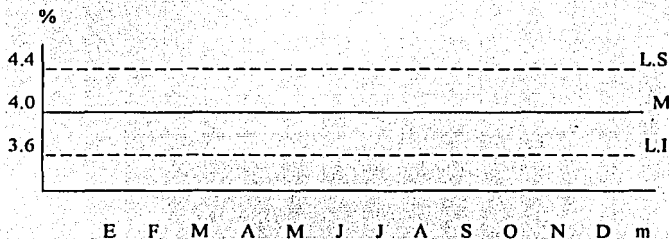


Fig. 3. Margen de calidad esperado.

% = Probabilidad de fallas. m = Mes. L.S = Limite superior. L.I = Limite inferior.

CONSERVACION INTEGRAL

La conservación integral. Es la actividad humana que reúne acciones preventivas y correctivas interrelacionadas dentro de un marco económico, a fin de preservar y mantener los recursos de la empresa en condiciones eficientes, seguras y económicas.

Se desea establecer en el departamento de electromecánica, conservación integral, ya que se han acostumbrado a vivir paros frecuentes, baja eficiencia del funcionamiento del equipo, servicio imputable a la maquinaria, normalmente, no se cuenta con estadísticas o gráficas de control que permita al personal de conservación, cuando menos saber cuáles son sus problemas más importantes. En medio de ese caos, se mueve el personal de conservación, sujeto a presiones y frustraciones. Es necesario, si se desea mejorar la conservación en el S.T.C metro, que además, de tener el pensamiento puestos en los enfoques tácticos y estratégicos de la función, se tenga cuidado de que los recursos humanos estén motivados y preparados técnica y administrativamente para que la labor que van a desempeñar éstos se ejecuten dentro de una estructura que permita atender las tres funciones básicas del conservación integral:

1. Conservación contingente (CC)- trabajo de preservación y mantenimiento correctivo en recursos vitales e importante.
2. Conservación rutinaria (CR)- trabajo de preservación y mantenimiento preventivo en recursos vitales e importantes; incluyendo correctivo en recursos triviales.
3. Conservación por anomalía (CA)- trabajo de preservación y mantenimiento preventivo en cualquier recurso vital o importante que presente una anomalía, pero que siga funcionando dentro de la calidad de servicio.

Estas tres funciones deben de llevarse en el S.T.C metro, dentro de un marco económico, por lo que es necesario contar con una estructura como en la figura A, donde se toma en consideración en forma general las funciones, por lo anterior, al conjunto interrelacionado de estas tres funciones se llama CONSERVACION CONTINGENCIA.

Expresándose de la siguiente manera:

$$CI = CC + CR + CA$$

Donde:

CI : Conservación Integral.

CC: Conservación Contingencias.

CR: Conservación Rutinaria.

CA: Conservación Anomalías.

Pero, como tanto la conservación rutinaria como la de anomalías se programan para atenderlas, tendremos:

Conservación programado $CP = CR + CA$; por lo tanto,

$$CI = CC + CP$$

En la figura 4, se puede observar al conjunto como un módulo capaz de atender todas las actividades de conservación del S.T.C metro, de tal manera que sus dimensiones estarán en razón directa con la cantidad e importancia de los recursos que la constituyen, basta crear el módulo adecuado en cada una de ellas e interrelacionados con un centro de planeación y control de alto nivel que permita planear y controlar resultados en forma general, cada uno de los módulos a fin de manejar la estrategia del sistema y conocer en forma panorámica los resultados individuales y generales del mismo.

Funciones generales de la conservación integral fig. 4.

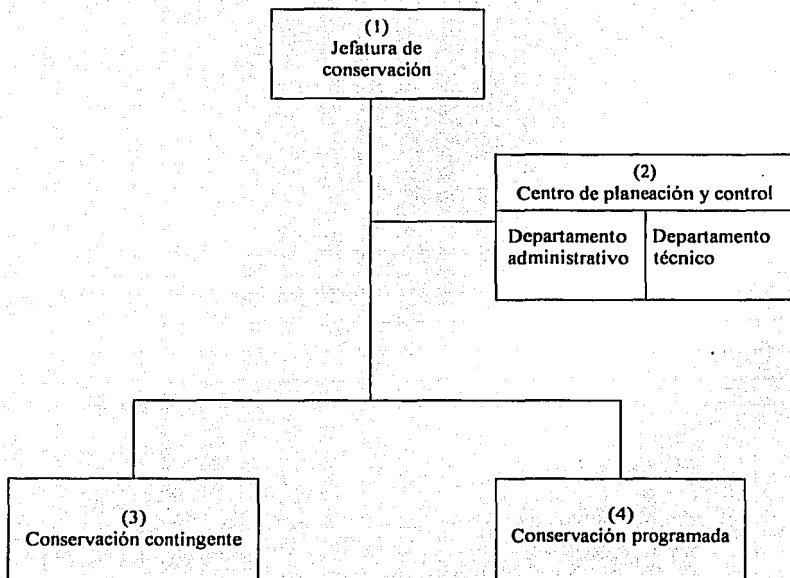


Fig. 4. Funciones de la conservación Integrales

1. Jefatura de conservación (Gerencia, Subgerencia, etc.)

Administra (planear, organizar, integrar, ejecutar y controlar) todas las operaciones de conservación (preservación y mantenimiento) realizadas en el STC, asegurando que todos los recursos humanos, físicos y técnicos a sus órdenes estén proporcionando el margen de calidad de servicio esperado, dentro del marco económico presupuestado.

2. Centro de planeación y control.

Planear, organizar y controlar, todas las operaciones administrativas y técnicas que deban realizar en esta jefatura, interrelacionando los recursos humanos, físicos y técnicos, etc, para que de esta acción resulte un aumento constante en la productividad de los equipos, instalaciones y construcciones pertenecientes al S.T.C metro, dentro de un marco económico esperado.

3. Conservación contingente.

Atender en forma inmediata las emergencias que se susciten en los recursos vitales e importantes del S.T.C metro, basándose para el objeto en los "planes de contingencia" desarrollados por el centro de planeación y control, para que de esta acción resulte la rehabilitación inmediata de la calidad de servicio que han dejado de prestar las máquinas afectadas, a fin de proteger la economía del S.T.C metro.

4. Conservación programada.

Atender en forma programada toda labor de preservación y mantenimiento que debe ejecutarse en los equipos, instalaciones y construcciones del S.T.C metro, como resultado, una conservación económica y adecuada de los mismos.

Seguramente habrá que hacer cambios muy profundos en la organización actual del departamento de mantenimiento del S.T.C metro, y tener conciencia de que los resultados esperados, no se obtendrán de inmediato, sino que serán a través de uno o dos años, dependiendo con la rapidez con la que asimilen los recursos humanos sus nuevas funciones y del interés que los mismos pongan al ayudar en el cambio cuya planeación debe involucrarseles. No es recomendable hacer cambios en la organización, que no haya sido planeado integral y minuciosamente, aplicando el criterio de Desarrollo Organización (DO). En forma general, el Desarrollo Organización comienza por un estudio a fondo, en primer lugar, de la cultura administrativa que tiene el personal; enseguida, de la estructura organizacional actual y, por último, de los resultados obtenidos hasta la fecha con la forma de administración que está siendo aplicada. Mediante el análisis de esta información y a través de pláticas con alta gerencia, el responsable de Desarrollo de organización hace una planeación estratégica, cuando menos a cinco años, considerando al S.T.C metro, aunque se pretenda reorganizar el departamento de "mantenimiento", a fin de conocer como, será afectada ésta por los cambios que se espera realizar.

Considerando el cambio en el departamento de mantenimiento actual por un departamento de conservación que permita atender en forma integrada las necesidades de conservación que tienen los equipos existentes, la principal función de este nuevo departamento es la conservación integral expresada antes en la siguiente forma:

Conservación Integral(CI) = Labores Contingencias(LC) + Labores Programadas(LP)

Por tanto, la organización de este departamento de conservación debe contestar con agilidad y eficacia a la atención de las demandas arriba citadas.

CONSERVACIÓN CONTINGENTE (CC)

Debido a que el servicio el que se mantiene, el mantenimiento correctivo, por la importancia de su atención, se divide en:

- **Mantenimiento contingente.** Cuyos trabajos se aplican recursos vitales e importantes en caso de falla y se atienden por medio de los planes de contingente.

Tiene por objeto la recuperación inmediata del servicio de calidad, que se coloque en los límites esperados, bien sea que para el efecto se haga o no arreglos provisionales, por lo que el personal de conservación debe efectuar trabajos sólo indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o hacer otros trabajos adicionales que quite tiempo, para volverla poner en funcionamiento con una adecuada confiabilidad, que permita su atención complementaria, cuando el mencionado servicio ya no se requiera a la importancia de éste sea menor y, por tanto, se minimicen las pérdidas.

- **Mantenimiento correctivo programado.** El cual se aplica a los recursos triviales y se atiende por medio de programas de visitas (conservación programadas).

El 60 o 70 % de los recursos existente en la empresa, prestan un servicio que, un que necesario, es trivial; por tanto, si en un momento dado éstos fallan, el impacto negativo que experimentan será insignificante, por lo que es posible diferir su atención para cuando sea más económico ocuparse de ello. Esto hace factible que se pueda programar su inspección en forma global y en muchas ocasiones será posible corregir alguna de las fallas que se vayan encontrando. En la fig. 5. Se presenta un ejemplo de un programa anual de visitas, exclusivamente de recursos triviales, el cual se debe elaborar por el centro de planeación de conservación.

SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN
PROGRAMA ANUAL DE VISITAS

RECURSOS POR INSPECCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁQUINA EXTRACTOR DE POLVOS	X		X		X		X		X		X	
MÁQUINA IMPREGNADORA		X			X						X	
CÁMARA DE SOPLATEADO	X						X					
CÁRCAMO DE BOMBEO		X				X				X		
VENTILACIÓN MÉCANICA	X			X			X			X		
GRÚA TORRE MÁQUINA		X						X				
LAVADORA DE TRENES								X				

Fig.5. Programa anual de visita para recursos triviales.

Tomando como base este programa, al final de cada mes, se elabora el programa mensual de visitas del mes siguiente, en el cual se define el o los días en que cada recurso debe ser inspeccionado, Un ejemplo de este programa se muestra en la figura.6.

SISTEME DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN

PROGRAMA MENSUAL DE VISITA

RECURSOS POR	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
INSPECCIONAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MÁQUINA EXTRACTOR DE POLVOS																															
MÁQUINA IMPREGNADORA																															
CÁMARA DE SOPLETEADO																															
CARCAMO DE BOMBEO																															
VENTILACIÓN MÉCANICA																															
GRÚA TORRE																															
MÁQUINA LAVADORA DE TRENES																															

Fig.6. Programa mensual de visitas para recursos triviales.

CONSERVACIÓN PROGRAMADA(CP).

La conservación programada consiste en labores de preservación y mantenimiento preventivo en recursos vitales e importante, así como preservación y mantenimiento correctivo en recursos triviales. Esto significa que sólo vamos a programar aquellos trabajos que por su índole se efectúan cuando la calidad de servicio vital o importante no ha sido afectada y cuando el servicio aunque sea afectado, sea trivial.

Los cambios en las condiciones físicas de los componentes de una máquina causarán variaciones en la calidad de servicio que esté o deba estar suministrando, mediante el establecimiento de parámetros y normas adecuadas, así como de los sistemas que permiten conocer las variaciones, podremos saber el momento más adecuado, para intervenir sobre los equipos y restaurar su nivel de calidad.

En el mantenimiento preventivo se pretende dividir en cinco tipos bien definido, un análisis de ello resulta un orden de acuerdo a su grado de confiabilidad, la cual va en razón directa con su costo.

Los trabajos de mantenimiento preventivo deben de ser aplicados exclusivamente a los recursos vitales e importantes de taller, con el objeto de obtener resultados eficaces y económicos; para esto será necesario que la rutina sea elaborada tomando en cuenta el grado de confiabilidad que con respecto al servicio se espere del recurso analizado, en todos los caso se debe tomar en cuenta **LOS FACTORES DE RIESGO**. Las particularidades que tiene el mantenimiento preventivo, se muestran en la figura 7.

Las particularidades del mantenimiento preventivo.

TIPO DE MANTENIMIENTO	CARACTERISTICAS	REQUISITOS PARA SU APLICACIÓN
PREDICTIVO	<ul style="list-style-type: none"> -Diagnostico permanente. -Trabajos efectuados solo si se requiere. -Alto costo de implementación. -Económico y altamente confiable. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de equipo automático de diagnostico . -Alta confiabilidad y seguridad en las operación.
PERIODICO	<ul style="list-style-type: none"> - Periodicidad de rutinas establecida por horas trabajadas. -Cambio de parte por término de vida útil o fuera de especificación. -Poco económico, pero confiable. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de equipo o de tiempo ocioso suficiente para no afectar el servicio. -Alta confiabilidad -Conocer la vida útil de las partes
ANALÍTICO	<ul style="list-style-type: none"> -Diagnostico permanente. -Cambio de parte por término de vida útil o fuera de especificación. -Confiabilidad y economía mediana. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores y personal para tomar lectura y análisis. -Disponer de equipo o de tiempo ocioso suficiente para no afectar el servicio. -Mediana confiabilidad. -Contar con estadísticas que permitan análisis seguros
TÉCNICO	<ul style="list-style-type: none"> -Periodicidad de rutinas establecida por horas trabajadas. -Cambio de parte por término de vida útil o fuera de especificación. -Confiabilidad y economía mediana 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de equipo o de tiempo ocioso suficiente para no afectar el servicio. -Mediana confiabilidad. -Contar con estadísticas que permitan análisis seguros
PROGRESIVO	<ul style="list-style-type: none"> -Periodicidad de rutina establecida por oportunidades de tiempo ocioso, -Cambio de partes sólo por fuera de especificación -Económico, pero poco confiable. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer periódicamente de cortos tiempo ociosos del equipo. -Poca confiabilidad. -Contar con la relación de fallas y recomendaciones del fabricante, para la atención del equipo.

Fig. 7 Particularidades del mantenimiento preventivo.

Factores de riesgo.

Los factores de riesgo, se debe tomar en cuenta cuáles son las causas de fallas más comunes en los que se han de mantener, mencionando los siguientes:

- a. **DISEÑO.** Se puede conocer este tipo de falla, después de que haya funcionado por algún tiempo el recurso.
- b. **FABRICACIÓN.** Debido a eficiencia del control de calidad del fabricante.
- c. **TRANSPORTE.** Por golpes, almacenamiento deficiente o estiba inadecuado.
- d. **INSTALACIÓN Y CONSERVACIÓN.** Por deficiencia en la mano de obra, mala interpretación de planos o por no tomar en cuenta la mantenibilidad del recurso.
- e. **AMBIENTE CIRCUNDANTE.** Por existencia de humedad, polvo, temperatura o pH inadecuados.
- f. **OPERACIÓN.** Debido a la operación o mala voluntad del usuario del recurso.
- g. **AMPLIACIONES.** Por deficiencia en la mano de obra, mala interpretación de planos o por no tomar en cuenta la mantenibilidad del recurso.
- h. **DAÑOS POR TERCEROS.** Debido al descuido o mala voluntad de terceras personas o accidentes naturales.
- i. **ENVEJECIMIENTO.** Debido pérdidas en las características físicas y químicas del recurso.

Aunque la conservación programada, es la respuesta a la productividad de la fabrica, el abuso de ella es contra productente para los resultados, pues no sólo se aumentan los costos de conservación sino ocasionado el demérito de la máquina o recursos por atender en la figura 8, en la cual se puede observar que, conforme aumenta la conservación disminuye el costo, llegando un momento en que es necesario un gran aumento en los costos de conservación para obtener una pequeña mejoría en los costos de paro.

Si se continua aumentando los costos de conservación, se llega a incurrir en un abuso de la cantidad de éste sufre las consecuencias obteniéndose, por consiguiente, menos confiabilidad en él, aumentando el tiempo de paro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

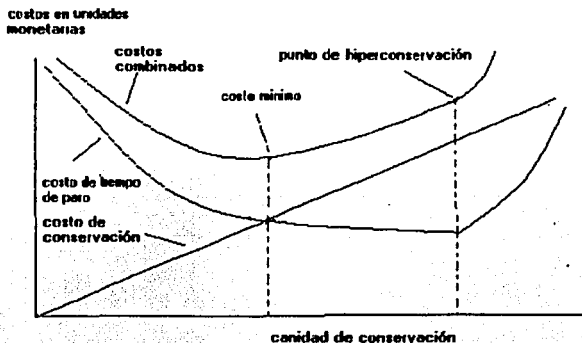


Fig. 8. Punto de hiperconservación.

La conservación industrial comprende tanto la conservación contingente como la programada y que la mayor cantidad de labores se harán a los recursos triviales con conservación programada, ayudando a la economía de la empresa, observando también la diferencia bien delineada en el tipo de recursos vitales, importante y triviales, aunando el tipo de personas que conviene emplear para cada una de dichas acciones, como se representa en la figura 9.

Equipos

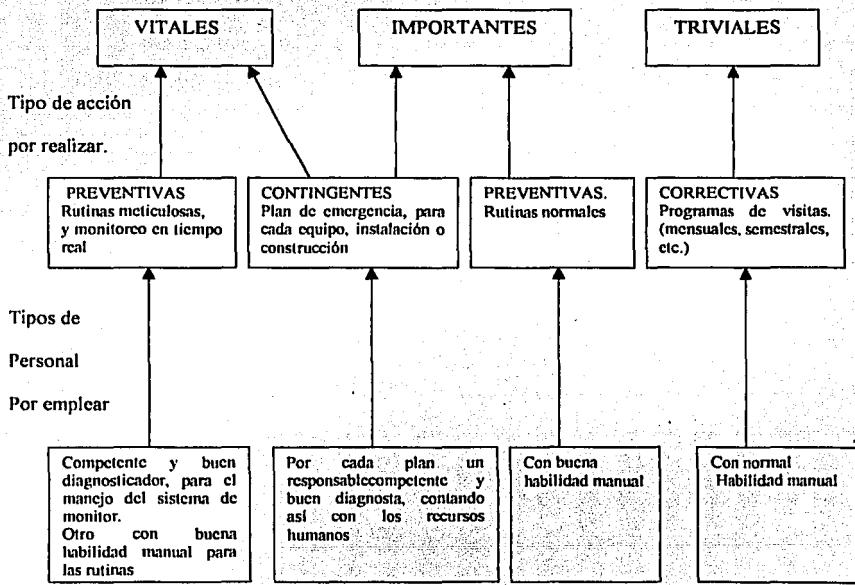


Fig. 9. Panorámica de la conservación industrial

I. HERRAMIENTAS PARA ADMINISTRACIÓN DE CONSERVACIÓN.

El primer paso, es analizar las actividades que hay que realizar en cada uno de los recursos que tenga el S.T.C metro, lo cual proporcionará el inventario de conservación de la misma. Al estudiar dicho inventario y separar por técnicas cada uno de los recursos ahí contenidos, se observará que conjunta grupos bien definidos, cada uno de los cuales forma un inventario para una determinada técnica; así tendremos, por ejemplo, un inventario de recursos electromecánicos, que involucrará todo lo relativo a tableros de control, motores, etc, otro inventario sería el de conservación electrónico, que involucra tableros de control de este tipo, otro inventario, es el de conservación general, el cual contiene lo relativo a; tanques de agua reciclada de lavado de trenes, cisternas de agua potable, limpieza de equipos en general, pintura en general, etc. Estos inventarios serán asignados a personal que domine la técnica, por lo que de aquí nace la jefatura técnica especializada para atender en sus necesidades los recursos contenido en cada inventario.

Estas funciones operativas, son necesarias considerarlas que todas ellas se desarrollan en un marco administrativo adecuado por lo que será necesario planearlas y controlarlas, estructurando dentro del nuevo departamento de conservación un organismo que apoye a las funciones técnicas, ya citadas. En paralelo con este plan, debe analizarse, la organización existente de "mantenimiento" poniendo sus objetivos, políticas y funciones reuniendo todo lo que se considera procedimiento de trabajo, tanto administrativo como técnico, deben de revisarse los análisis de puestos existentes y recopilar los datos necesarios, para asegurarse de que tanto éstos como los procedimientos tengan un contenido realista y actualizado.

Esta será la información que servirá para compararla con el plan estratégico, para poder definir como será el primer cambio de estructura, trayendo un nuevo organigrama.

Para nuestros fines se creen más útiles para desarrollar en forma más práctica y sencillo el trabajo administrativo de conservación. El conocimiento de dichas herramientas y aplicación rutinaria, nos dará resultados predeterminados y nos facilitará no sólo la planeación de conservación sino también su control.

Estos aspectos son los menos atendidos en el S.T.C metro. Tendremos, pues, como nuestras herramientas principales, las siguientes:

A. Índice ICGM

B. Principio de V. Pareto.

C. Inventario de conservación

D. Costo mínimo de conservación

Dentro de los inciso A, B, C, nos da un marco de calidad de servicio, en el inciso D, nos da un marco de plan de contingencias.

El cual será analizando cada una de ellas, pues aunque toda la planeación de conservación industrial debe empezar con el inventario de los equipos, instalaciones y construcciones que se debe atender, es necesario que dicho inventario este jerarquizado, por lo que al tocar el ICGM, se podrá obtener.

Con esto podemos determinar cuáles son los recursos (equipos, instalaciones y construcción) vitales, cuáles los de transición o importantes y cuáles los triviales.

A. INDICE DE ICGM SIMPLIFICADO.

Para establecer este índice en la empresa puede seguirse lo siguiente:

1. Estructurar un comité compuesto por personas de función de conservación, producción y finanzas.
2. Levantamiento de inventario universal, que contenga todo lo que debe de ser atendido para asegurar un funcionamiento adecuado de la empresa.
3. Analizar cada una de las unidades contenidas en el inventario y dar el valor de suma importancia relativa. Obteniendo el " Código Máquina. " Cuando nos referimos a importancia relativa, es la importancia que para la producción tiene el recurso analizado (equipo, instalación o construcción) con respecto a lo demás, calificándolo con puntuación del 1 al 10, con lo cual queda formado nuestro inventario por diez grupos de recursos, cada uno de diferente valor, se debe tener en cuenta factores tales como:

- ◆ Rentabilidad del equipo.
- ◆ Relación que tiene este equipo con respecto a otro.
- ◆ Grado de utilización.

Se observa en la en la tabla A, que la clasificación más alta se asigna a los artículos que proporciona el servicio más importante, del cual no se puede prescindir, se diseña de acuerdo a las necesidades de la fabrica, el tipo de esta y sus recursos.

Tabla A. Criterio por seguir para la elaboración de código máquina.

Código	Máquina	Conceptos
10		Recursos vitales. Aquellos que influyen en más de un proceso, o cuya falla origina un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no esta dispuesto a corregir.
9		Recursos importantes. Son los que están en línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede operar adecuadamente el equipo vital, no existe máquina de reserva.
8		Recursos duplicados situados en la línea de producción. Similar al anterior (9), pero de los cuales si existen reservas.
7		Recursos que intervienen en forma directa en la producción. Tales como: dispositivos de medición, equipos para manejo de materiales.
6		Recursos auxiliares de producción sin reemplazo. Tales como: equipo de aire acondicionado.
5		Recursos auxiliares de producción con reemplazo. Similares al punto anterior, pero que si tienen reemplazo.
4		Recursos de embalaje y pintura. Todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que se tenga reemplazo.
3		Equipos en general. Equipos que influyen indirectamente.
2		Edificios para la producción y sistema de seguridad.
1		Edificios e instalaciones estéticas.

La aplicación del índice de ICGM y de su uso en el S.T.C metro; estableciendo este para atender el equipo, instalaciones, analizando y observando en la tabla A, la clasificación aceptada para cada recurso con problemas es el siguiente:

Problema	Recurso Máquina	Código
1	Ventilación mecánica	4
2	Puente transbordador	8
3	Batería de gatos	9
4	Grúas puente	10

Con este concepto, se podrá decidir sin lugar a dudas cuál problema atender primero, determinando de acuerdo con los valores del código de máquina que le fueron proporcionado, el recurso que debe atenderse de acuerdo a la numeración de los problemas de la tabla A. Sería erróneo atender las fallas de esa manera, debido a que el ICGM es un producto de dos factores o códigos, el cual solo se a proporcionado el código de máquina; por tanto, el siguiente paso es elaborar el código de trabajo.

El código de trabajo, se realizara un listado de los diferentes trabajos que el departamento de conservación tiene que llevar acabo: correctivo, preventivo; en la misma forma que el caso anterior, estos trabajos se dividirán en 10 grupos o códigos, cuidando de asignar un valor del 1 al 10, de acuerdo con la importancia que guardan éstos con respecto a la productividad. La tabla B puede servir de ayuda para facilitar el análisis.

Tabla B. Criterio por seguir para la elaboración del código trabajo.

Código	Descripción de los trabajos por efectuar
10	Paros: Todo aquello que se ejecute para atender las causas de pérdida de servicio o de calidad esperado, proporcionado por las máquinas, instalaciones, vitales e importantes. O aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos.
9	Acciones preventivas urgentes: Todo trabajo tendente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el punto anterior (10) y que pudieron haber surgido por inspección, pruebas, avisos de alarma, etc.
8	Trabajo de auxilio de producción: Modificaciones tendentes a optimizar la producción, o surgidas.
7	Acciones preventivas no urgentes: Todo trabajo tendente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto (10), trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva.
6	Acción preventiva general: Todo trabajo tendente a eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y que no se hayan visualizado.
5	Acciones rutinarias: Trabajo en máquinas o equipos de repuesto, en herramienta de conservación y en atención a las rutinas de seguridad.

Código	-Descripción de trabajos por efectuar
4	Acciones para la mejoría de la calidad: Todo trabajo tendente a mejorarlos resultados de producción y conservación.
3	Acciones para disminución de los costos: Todo trabajo tendente a minimizar los costos de producción y conservación y no éste considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor de potencia eléctrica en fábrica, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en verano, etc.)
2	Acciones de salubridad y estética: Todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles donde personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza de los equipos por atender.
1	Acción de aseo y orden: trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones de conservación.

Para determinar cual es el índice ICGM mayor al cual se le dará prioridad, con lo cual se resolverá más del 80% de los problemas actuales de esta índole, quedando muy pocos casos dudosos.

Solución de la tabla A, anterior problema:

Problema	Recurso	Código Máquina X	Código Trabajo =	Índice ICGM	Prioridad
1	Ventilación mecánica	4	2	8	4
2	Puente transbordador	8	8	64	3
3	Batería de gatos	9	9	81	2
4	Grúas puente	10	10	100	1

Las aplicaciones de este sistema es la elaboración racional de nuestro presupuesto anual para los gastos de conservación, esto es, si consideramos que por un estudio económico nuestra Dirección General determino disminuir nuestro presupuesto de gasto de conservación en un X%, lo que obliga a presupuestar trabajos de esta índole calificados con los ICGM más altos, hasta que estos agoten el presupuesto autorizado; aplicándolo en aquellos trabajos de conservación que lo harán más eficaz.

El ICGM, el código de máquinas, nos sirve como auxiliar combinando con el principio de Pareto se podrá identificar en el S.T.C, los recursos vitales, los importantes y los triviales, al fin de suministrar las labores más adecuadas de acuerdo a la jerarquía, no son constantes durante toda la vida útil de la máquina, ya que puede tener un cambio que aumente o disminuya la importancia y calidad de servicio que debe proporcionar, haciendo una publicación mensual sobre aquellas máquinas que han variado su código de máquina, para contar con un ICGM confiable.

B. PRINCIPIO DE V. PARETO

Plan para minimizar fallas. Es la elaboración de un plan para el año siguiente con el fin de disminuir lo más posible las fallas y tratar que el número de éstas sean sensiblemente menores que el año actual. Al analizar su estadística del año se encuentran las deficiencias en listadas en la tabla 1.

El principio de V. Pareto, el efecto ocasionado por varias causas tiene una tendencia bien definida, ya que el aproximadamente 20% de las causas originan el 80% de las causas restantes son responsables del 20% del resto del efecto.

“Si hacemos una lista con todas las causas que contribuyen a la obtención o aparición de cualquier efecto que queramos analizar, y las ordenamos de mayor a menor, de acuerdo a la magnitud de su contribución, encontraremos que el 20% de dicha causas es responsable del 80% del efecto total y que el restante 80% sólo es responsable del 20% del mencionado efecto. El procedimiento para aplicar el principio de Pareto, “ley” del 80 / 20 o del A,B,C.

1. Definir el objeto a analizar.
2. Elaborar una lista con todas las causas que originan el efecto que se analiza, anotando el valor con que cada uno contribuye.
3. Ordene las causas con base a su contribución, de mayor a menor.
4. Sume el total de los valores con que cada uno contribuye para obtener el 100% del valor.
5. Calcule por cada causa, con qué porcentaje contribuye al total.
6. Identifique las causas “vitales” que originan aproximadamente en 80% del efecto y tome acciones cuidadosas e individuales.

7. Identifique las causas de "transición" o "importantes" y tome acciones globales o de grupo.
8. Identifique las causas "triviales" y atiéndelas en forma correctiva y sólo cuando sea necesario.

Con la lista de la tabla 1.1 sea avanzado hasta el segundo paso, pues el primer lugar, nos interesa en este caso analizar las fallas; en segundo lugar, se obtiene una estadística de la lista mencionada, dándole valor a cada causa que contribuye; los puntos 3 al 5, quedando la lista en la siguiente forma en la tabla 1.2. Lista de jerarquizada de fallas, se distinguen tres grupos:

♦ VITALES

De aquí que los primeros les llamaremos "vitales", el factor vital más importante, es la operación deficiente de las máquinas, por lo que se desarrollaría un plan exclusivo para resolver este problema, nombrando a un responsable de la atención del mismo y el cual tendría que investigar a fondo por que los operarios no tienen un comportamiento adecuado, hasta llegar a recomendar e implantar las acciones necesarias a atacar los factores 2 y 3, con lo cual se tendría tres planes individuales con un responsable para cada uno. Con esto cerca del 71% de nuestras fallas van a desaparecer y el tiempo estará mejor utilizado.

♦ IMPORTANTES

Por lo que respecta a factores "importantes", los tres factores que resultaron, con un responsable a cargo, cuya acción no son tan cuidadosas como en el caso de factores vitales.

◆ **TRIVIALES**

Por último, los factores "triviales" pueden en muchos caso hasta olvidarse o hacerse inspecciones, tales como:

- Saber cuáles son los principales problemas que afecta al mantenimiento, cuáles a la productividad.
- Cuáles son las quejas más importantes, cuáles las más frecuentes, en la fabrica.
- Cuáles son las máquinas vitales, cuáles las más importantes y las triviales.

El resultado de este análisis se tendría una panorámica aproximadamente como se muestra en la figura 1. Histograma de la distribución de recursos.

Tabla 1.1 Estadística y jerarquización de fallas de los años 1999 y 2000

Nombre del equipo.	Falla encontradas		Total
	1999	2000	
Grúas puente	189	134	323
Batería de gatos.	178	115	293
Tinas turbuladoras.	52	68	120
Puente transbordador.	30	17	47
Compresores.	22	18	40
Sistema de red de aire.	18	6	24
Grúas radiales	10	12	22
Máquina lavadora.	11	4	15
Calderas Clayton, Myrgo.	5	9	14
Extractor de gases.	3	9	12
Polipastos.	4	7	11
Ventilación mecánica	---	10	10
Máquina extractora de polvo.	3	6	9
Máquina impregnadora.	1	1	2
Cámara de sopleteado.	---	1	1
Torre de enfriamiento.	---	---	---
Carcamos de bombeo	---	---	---
TOTAL			943

C. INVENTARIO DE CONSERVACIÓN.

Es un listado de todos los recursos por atender, serán estos equipos, instalaciones o construcciones, a fin de definir, en primer lugar, su importancia relativa y en segundo, los aspectos de cómo, cuándo y quién los va a atender, para clasificar el inventario de conservación, de una manera más racional, el inventario debe ser estudiado por un comité para determinar el ICGM de cada recurso. De aquí se puede utilizar el código máquina y combinarlo con el principio de V. Pareto, para obtener el inventario jerarquizado (vital, importante o trivial). La manera de hacerlo es la siguiente:

- Con base en listado de recursos, asignar a cada uno su código máquina correspondiente.
- Clasificación de dicho recurso en vital, importante y trivial.

Se agrupo los recursos por conservar como se muestra en la tabla 1.2 inventario jerarquizado por conservación con código de máquina, acomodando los recursos en orden decreciente, tomando como base el código máquina.

Según el principio de V. Pareto, aproximadamente el 20% de las causas son responsables del 80% del efecto total; y el 80% de las causas restantes sólo son responsables del 20%. Podemos hacer la siguiente clasificación. Todos los recursos calificados con código 10 y algunos con código 9 deberán ser considerados como "vitales"; la mayor parte de los calificados con código 9 y los calificados del 8 al 4, así como los más importante del grupo calificado con 3, se consideran como importantes y por último, los restantes serán considerados como triviales; entre estos últimos normalmente se incluye el mayor número de artículos, el inventario podría quedar clasificado como se muestra en la siguiente tabla 1.3 inventario jerarquizado en recursos vitales, importantes y triviales.

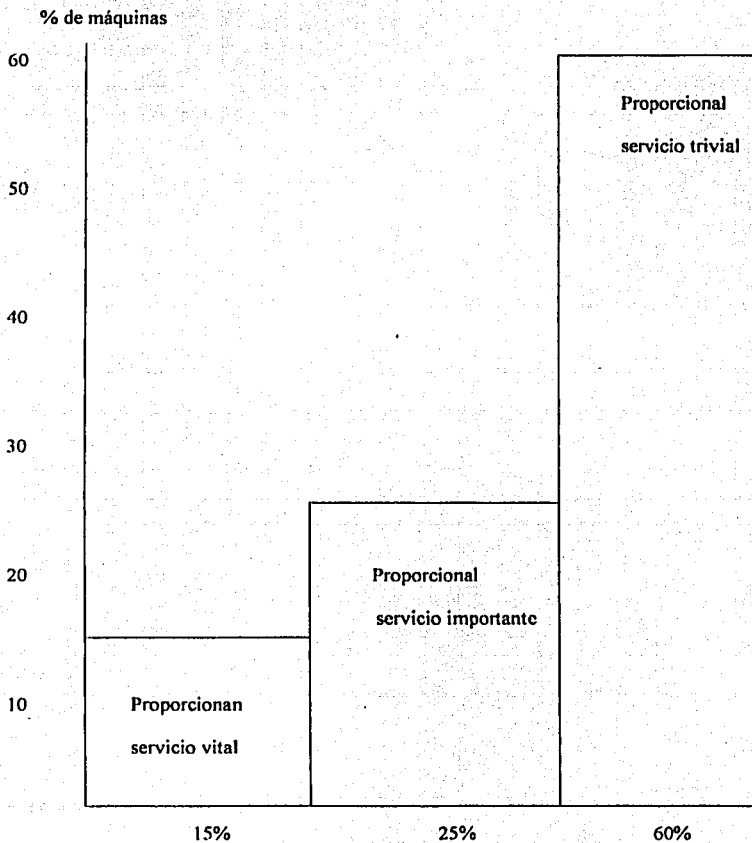
Tabla 1.2 Ejemplo de inventario jerarquizado de conservación por código máquina

Recurso por conservar	Clave de identificación	Código máquina	Clasificación
Grúas puente	GR 1 - 21	10	VITAL
Batería de gatos.	BG 1 - 12	10	VITAL
Tinas turbuladoras.	TT 1 - 5	10	VITAL
Puente transbordador.	PT 1 - 3	9	VITAL
Compresores.	C 1 - 3	9	VITAL
Sistema de red de aire.	SRA 1 - 350	8	IMPORTANTE
Grúas radiales	GR 1-9	8	IMPORTANTE
Polipastos	POL 1-9	8	IMPORTANTE
Calderas Clayton, Myrgo.	CA 1, 2	8	IMPORTANTE
Torre de enfriamiento	TE 1	8	IMPORTANTE
Sistema de agua potable	SAP 1- 5	7	IMPORTANTE
Extractor de gases	EG 1,2	7	IMPORTANTE
Máquina extractora de polvo.	EXPO 1	5	TRIVIAL
Máquina impregnadora.	IMP 1	4	TRIVIAL
Cámara de sopleteado.	CS 7	4	TRIVIAL
Carcamo de bombeo	CB 1 - 11	4	TRIVIAL
Ventilación mecánica	VM 34	4	TRIVIAL
Grúa torre	GT 1	4	TRIVIAL
Máquina lavadora de tren	LT 1	4	TRIVIAL

Tabla 1.3 Ejemplo de inventario jerarquizado en recursos vitales, importantes y triviales

Recurso por conservar	Clave de identificación			
	Código máquina	vital	importante	trivial
Grúas puente	10	X		
Batería de gatos.	10	X		
Tinas turbuladoras.	10	X		
Puente transbordador.	9	X		
Compresores.	9	X		
Sistema de red de aire.	8		X	
Grúas radiales	8		X	
Polipastos	8		X	
Calderas Clayton, Myrgo.	8		X	
Torre de enfriamiento	8		X	
Sistema de agua potable	7		X	
Extractor de gases	7		X	
Máquina extractora de polvo.	5			X
Máquina impregnadora.	4			X
Cámara de sopleteado.	4			X
Carcamo de bombeo	4			X
Ventilación mecánica	4			X
Grúa torre	4			X
Máquina lavadora de tren	4			X

Figura. 1. Histograma de la distribución de los recursos.



Seguendo el principio de Pareto, se daría tres niveles de mantenimiento, de acuerdo con lo siguiente:

1. Recursos vitales. Son los recursos indispensables para la buena marcha del departamento de conservación, son los elementos "vitales", cuyo paro o demérito en la "calidad de servicio que proporcionan", pone en peligro la vida del personal o dificulta la marcha en el taller de conservación.
2. Recursos importantes. Son aquellos equipos, instalaciones o construcciones, cuyo paro o demérito de su calidad de servicio cause molestias de importancia o costo de consideración para el departamento de conservación, a estos elementos será necesario diseñar rutinas de conservación programada normales contemplando el punto de vista económico con respecto a la calidad de servicio que debe entregar.
3. Recursos triviales. Aquellos cuyo paro o demérito en su calidad de servicio no tienen un impacto importante para la buena marcha del departamento de conservación; en este caso sólo se aplica el concepto de conservación programada, aun cuando ya no se tenga la calidad de servicio esperada.

Con esta nueva forma de pensar, se ve que sólo se trata de evitar las contingencias en los servicios vitales e importantes y que los triviales solo se atenderán en forma programada, aun después de perder su calidad de servicio y como estos son el 70% u 80% de los recursos que tenemos a nuestro cuidado.

D. COSTOS MÍNIMOS DE CONSERVACIÓN

La calidad de servicio que debe proporcionar un recurso (equipo, instalación o construcción), está ligado fundamentalmente a costo - beneficio que se obtiene mediante las labores o cuidados que se le suministren al recurso en cuestión; mientras mayor sea el número y calidad de dichas labores, el funcionamiento del recurso será mejor.

Para obtener un punto confiable de referencia, es necesario conocer dos factores:

1. Costo de conservación es ocasionado por el material y mano de obra utilizada en el cuidado de nuestros recursos, para permitir que éstos estén adecuadamente preservados y proporcionen el nivel de servicio estipulado, estos se presentan cada año como el presupuesto de Conservación.

2. Costo de tiempo de paro es incurrido por un funcionamiento fuera de la calidad estipulada de una máquina, instalación o construcción, a cargo del departamento de conservación, tomando en cuenta lo siguiente:

- a. Producción perdida.
- b. Desperdicio.
- c. Deterioro del equipo, instalación o construcción.

La interacción de estos nos da el costo combinado, y este nos muestra cual es el costo mínimo de conservación.

Se podrá construir una gráfica que oriente sobre cual debe de ser la cantidad óptima de conservación que se debe suministrar a un recurso específico o, a fin de conocer, la calidad de los trabajos de conservación que está proporcionando el departamento respectivo.

En la figura 2, se observa que, cuando el costo de paro es igual al costo de conservación, se obtendrá el costo óptimo de conservación y que, con base en esto, se podrá establecer el nivel de costos de conservación de la siguiente manera:

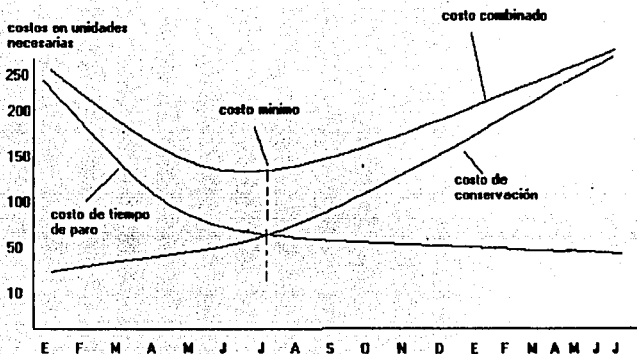
$$\text{Nivel de costos de conservación} = \frac{\text{Costos de paro}}{\text{Costo de conservación}} \times 100$$

Cuando esta razón sea igual a la unidad estaremos en el punto de equilibrio, por lo, que nuestra labor tendrá a conseguir mediante los trabajos de conservación.

La curva de la figura 2, se construye de la siguiente manera, se recibe del departamento de contabilidad la información de costos de conservación y tiempo de paro de una máquina a la que se le daba escasa atención, registrando paros muy frecuentes, se le da mejor atención a dicha máquina, al siguiente mes, se incurre en menos costos de paro y en esta forma, se continua mes a mes, hasta obtener la reducción de valores.

La suma de los costos es el costo total o combinado; también se ha representado por una tercer curva, se observa claramente que el menor costo total resulta cuando el costo de conservación es igual al costo de paro, ya que al aumentar después de este punto el costo de conservación no se logra disminuir el costo de paro en forma tal, que de la suma de éstos se obtenga un valor combinado menor que el anterior, lo mismo sucederá si se reduce el costo de conservación, en cuyo caso se obtendrá en el costo de paro una elevación tal que el costo combinado será mayor que cuando ambos eran iguales. Por lo anterior, si se desea tener un

nivel óptimo de conservación, el departamento responsable debe estar atento de proporcionar a la máquina los cuidados cuyo costo no baje ni rebase el costo de paro.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig.2. Costos mínimos de conservación

CONCLUSIONES.

El mantenimiento es una parte crítica y altamente redituable en el buen desempeño y del desarrollo de las actividades de cualquier empresa, por eso se debe de llevar un buen control del mismo para poder obtener beneficios.

El departamento de mantenimiento debe de responsabilizarse de la conservación de los equipos electromecánicos el cual debe de estar en buenas condiciones de operación en forma eficiente y de tal manera que se presente un mínimo de interferencias con los servicios.

Las actividades de mantenimiento ocasionan costos, pero resultan menores comparados con los beneficios que reditúa el llevar un buen control sobre los trabajos desarrollados y los materiales requeridos.

En seguridad. Los equipos sujetos a mantenimiento operan en condiciones seguras puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.

En su vida útil. Es sensiblemente mayor.

En los costos de reparación. Es posible reducir los costos de reparación utilizando el mantenimiento preventivo.

En inventarios. Se reducen los costos de inventarios, puesto que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y se prevé su uso en el tiempo.

En la carga de trabajo. Se reducen éstas al minimizar las emergencias.

La aplicabilidad. Mientras más complejo sea el equipo y exista la necesidad de confiabilidad, mayor es la necesidad de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento están enfocados, sobre todo, al mantenimiento de calidad de servicio que esperamos de los recursos que integran la empresa, y que además, sólo existiendo dos tipos de mantenimiento, el que corrige la calidad de servicio, cuando esta se pierde (MC, mantenimiento correctivo) y el que prevé que dicha calidad no se pierda (MP, mantenimiento preventivo).

El mantenimiento correctivo debe estar presente en la fábrica por razones económicas en más del 60% de los casos, y considerársele como necesarios para todos los recursos triviales contenidos en el inventario de conservación, pero por ningún motivo debe permitirse en los recursos vitales o importantes; en esto se debe proceder de inmediato a fin de poner la máquina dentro de su calidad de servicio, en el menor tiempo posible.

Lo importante es establecer que para atender el mantenimiento correctivo en recursos vitales e importantes, se emplee solamente personal muy capacitado y con gran habilidad para el diagnóstico y rehabilitación del servicio; para el mantenimiento preventivo en general y el mantenimiento correctivo en recursos triviales, se emplee personal con habilidades manuales, ya que esta labor se desarrollan cuando la máquina no está en servicio o cuando el servicio que ésta presta no tiene gran importancia, es trivial y, por tanto, el trabajo se puede hacer con el personal más indicado, en lugar y momento más adecuado y con los recursos necesarios, ya que esta labor obedece a una labor previa.

Por lo anterior, la implantación de la organización de la conservación integración en el S.T.C metro, es la siguiente:

1. Las fallas en la calidad de servicio (contingencias) se atiende preferentemente, por lo que satisfacen la expectativa del usuario; verdadero objetivo de la conservación industrial.
2. La mano de obra requerida para atender este sistema, está a tal punto racionalizada, que resulta adecuada y siempre menor que la requerida en cualquier otro sistema de conservación actualmente en uso.
3. Las habilidades del personal son adecuadamente administradas, por lo cual se aumenta la calidad de atención o reparación de los recursos y se reduce el costo.
4. Los trabajos de conservación programada que se hacen en los recursos, son de acuerdo a las necesidades reales de S.T.C metro, evitándose trabajos innecesarios.
5. Se aumenta la productividad del personal.
6. Se satisface la vida útil del recurso a un mínimo de costo de conservación.
7. El sistema de control permite conocer fácilmente el estado general del servicio que presentan los recursos, el comportamiento de éstos, el de la mano de obra y el costo de conservación

BIBLIOGRAFIA

- **Análisis económico de proyecto de Ingeniería**
Ing. Carlos Uriegas Torres
Evaluación de los costos
Tomo 4
Facultad de Ingeniería división de estudios superiores
Primera edición, 1975
- **Administración de mantenimiento industrial.**
Organización, motivación y control en el mantenimiento industrial
E.T. Newbrough y personal de Alberto Ramond y asociados inc.
Primera edición julio de 1974
Octava impresión abril 1989
- **Manual de Ingeniería industrial. Vol 1**
Ing. Gabriel salvador
Editorial limusa
Edición 1991.
- **Temas selectos de mantenimiento.**
Ing. Avila Espinoza Ruben
Edición 1983.

- **Manual de mantenimiento industrial.**
L.C. Morrow.
3 ra impresión 1974.
Editorial continental.
- **La productividad en el mantenimiento industrial.**
Ing. Enrique Dounce Villanueva.
1ra edición 1989.
Editorial continental.