

MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO
PARA EDIFICIOS

YANSON ALEXANDER CASALLAS CASTELLANOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2004

MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO
PARA EDIFICIOS

YANSON ALEXANDER CASALLAS CASTELLANOS

Monografía de Grado presentada como requisito para optar al título de
especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director: JORGE RENE SILVA
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2004

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. ASPECTOS GENERALES	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 SITUACION ACTUAL	3
1.2.1 Administración	3
1.2.2 Condición Existente	4
2. GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO	9
2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	9
2.2 MANTENIMIENTO PERIÓDICO	10
2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	11
2.3.1 Análisis de vibraciones	11
2.3.2 Análisis de aislamientos en motores eléctricos	13
2.3.3 Análisis de lubricantes	16
2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	17
2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	20
2.6 METODOS PARA ORGANIZAR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	22
3. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO	23
3.1 FUNCION BASICA Y PLANEACION ESTRATEGICA DE MANTENIMIENTO	26
3.2 PLANEACION Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO	28

3.3 REPUESTOS DE LOS EQUIPOS Y MANEJO DE INVENTARIOS	32
3.4 LUBRICACION DE LOS EQUIPOS	33
3.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO	35
3.6 TECNOLOGIA DE MANTENIMIENTO	37
3.7 PERSONAL DE MANTENIMIENTO	39
3.8 SISTEMAS DE INFORMACION	40
3.9 IMPLEMENTACION DEL MODELO GERENCIAL	43
4. SISTEMAS DE INFORMACION APLICADO AL MODELO GERENCIAL	46
4.1 ANALISIS DE CRITICIDAD	46
4.1.1 Disponibilidad	48
4.1.2 Confiabilidad	51
4.1.3 Mantenibilidad	52
4.2 INSPECCIONES DE RUTINA	52
4.2.1 Actividades de Lubricación	53
4.2.2 Actividades Mecánicas	54
4.2.3 Actividades Eléctricas	54
4.3 CODIFICACION DE EQUIPO Y REPUESTOS	55
4.4 CAPACITACION	57
4.5 DOCUMENTOS DE TRABAJO	57
4.5.1 Tarjeta Maestra	58
4.5.2 Hoja de Vida	58
4.5.3 Ordenes de Trabajo	58
4.5.4 Solicitud de Herramientas	61

4.5.5 Solicitud de repuestos	62
4.6 ALMACEN DE MANTENIMIENTO	63
4.6.1 Tipos de Existencias	64
4.6.2 Elementos a Almacenar	64
4.6.3 Cantidad de Almacenamiento	65
4.6.4 Tiempos de Pedido	67
4.7 TECNICAS APLICADAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	68
4.7.1 Análisis de Vibraciones	68
4.7.2 Análisis de Lubricantes	68
4.7.3 Prueba de Aislamiento	69
4.7.4 Termografía	69
4.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL	69
4.8.1 Panorama de Riesgos	69
4.8.2 Seguridad Industrial Propuesta	74
4.8.3 Procedimientos de Inspección y Control	74
4.8.4 Beneficios	78
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFIA	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Satisfacción del cliente	6

Tabla 2. Clases de equipos rotativos	12
Tabla 3. Niveles de severidad	12
Tabla 4. Variación de la resistencia aislante con Kt	14
Tabla 5. Valores de índice de polarización mínimo recomendado	16
Tabla 6. Desarrollo de 12 pasos para TPM	21
Tabla 7. Indicadores de gestión	30
Tabla 8. Costos de mantenimiento	36
Tabla 9. Análisis de criticidad	47
Tabla 10. Matriz de riesgo para equipos	48
Tabla 11. Parámetros de disponibilidad	49
Tabla 12. Disponibilidad de equipo crítico	50
Tabla 13. Factores de confiabilidad	51
Tabla 14. Valores de confiabilidad	51
Tabla 15. Valores de mantenibilidad para equipos	52
Tabla 16. Codificación de lubricantes	53
Tabla 17. Codificación de la periodicidad en la lubricación	54
Tabla 18. Codificación de equipo	56
Tabla 19. Codificación de repuestos	56
Tabla 20. Tarjeta maestra	59
Tabla 21. Hoja de vida	60
Tabla 22. Orden de trabajo	61
Tabla 23. Solicitud de herramientas	62
Tabla 24. Solicitud de repuestos	62
Tabla 25. Costos de almacenamiento	65
Tabla 26. Cantidad de almacenamiento	66
Tabla 27. Tiempos de pedido	67
Tabla 28. Panorama de riesgos	70
Tabla 29. Aspectos de seguridad industrial	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Iceberg de los costos producidos por los daños	5
Figura 2. Organigrama Administración Torre Colpatria	7
Figura 3. Organigrama Jones Lang LaSalle	8
Figura 4. Mantenimiento Correctivo	10
Figura 5. Mantenimiento Periódico	11
Figura 6. Sistema de mantenimiento	17

Figura 7. Enfoque de medidas contra fallas	19
Figura 8. Mantenimiento Productivo Total	20
Figura 9. Proceso de mantenimiento	23
Figura 10. Modelo Gerencial de Mantenimiento	25
Figura 11. Función básica de mantenimiento	26
Figura 12. Planeación y programación de mantenimiento	29
Figura 13. Manejo de inventarios	32
Figura 14. Proceso de lubricación	34
Figura 15. Gestión de costos en presupuestos	36
Figura 16. Tecnología de mantenimiento	38
Figura 17. Potencial humano	39
Figura 18. Sistemas de información	41
Figura 19. Ciclo Deming de calidad	43
Figura 20. Mapa de procesos de mantenimiento	44
Figura 21. Interrelación de procesos en mantenimiento	45
Figura 22. Evaluación de la matriz de riesgo	49
Figura 23. Codificación de lubricante en la máquina	54
Figura 24. Código de equipo	55
Figura 25. Código de repuestos	56
Figura 26. Organización del almacén	63
Figura 27. Principales riesgos en edificios	71

RESUMEN

TÍTULO: MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA EDIFICIOS*

AUTOR: YANSON ALEXANDER CASALLAS CASTELLANOS**

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento en Propiedades, Sistemas de información, Gerencia, Gestión de Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo presenta un análisis de los factores más importantes de la función mantenimiento para ser aplicado en empresas administradoras de propiedades, se evalúan las condiciones actuales de funcionamiento, se presenta un diagnóstico y se propone el Modelo Gerencial de Mantenimiento.

La evaluación se realiza con base a parámetros como: Organización, Administración, Planeación, Uso de sistemas de información, Documentación Técnica, Costos de Mantenimiento, Infraestructura, Equipo, Servicios de Terceros, Atención al cliente, Personal, Diagnóstico de Condición, Gestión de Repuestos, Seguimiento a Labores, Seguridad Industrial e indicadores de Gestión.

El Modelo Gerencial de Mantenimiento se propone para cualquier empresa administradora de propiedades teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos y la experiencia del autor como Coordinador de Mantenimiento en la Torre Colpatria.

El resultado de este trabajo redundará en la eficiencia y uso apropiado del recurso más valioso que tiene una empresa como es su gente.

* Monografía

** Escuela de Ingeniería Mecánica. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Jorge René Silva Larrotta, Ingeniero Mecánico

SUMMARY

TITLE: MANAGERIAL MODEL OF MAINTENANCE FOR BUILDINGS*

AUTHOR: YANSON ALEXANDER CASALLAS CASTELLANOS**

KEY WORDS: Property Maintenance, Maintenance information system, Maintenance Management, Maintenance administration.

DESCRIPTION

The present work presents an analysis of the most important factors in the function maintenance to be applied in administrating companies of properties, the current conditions of operation are evaluated, a diagnosis is presented and it intends the managerial pattern of maintenance.

The evaluation is carried out with base to parameters like: Organization, Administration, Programming, Use of Systems of Information, Technical Documentation, Costs of Maintenance, Infrastructure, Team, Services of Third, Attention to the Diagnostic Client, Personal, of Condition, Administration of Reserves, Pursuit to Works, Industrial Security and Indicators of Administration.

The Managerial Pattern of Maintenance intends for any administrating company of properties keeping in mind the acquired knowledge and the author's experience like Coordinator of Maintenance in the Colpatria Tower.

The result of this work will redound in the efficiency and appropriate use of the most valuable resource that he/she has a company like he/she is its people.

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Jorge René Silva Larrotta, Mechanical Engineer

INTRODUCCION

La necesidad que en los últimos años han tenido las empresas colombianas en la implantación de programas de mantenimiento, ha llevado a que se incurra en excesos como el de hacer listado de partes y piezas claves de las máquinas sin haber realizado un estudio sobre la conveniencia de tipo económico para introducirlas en el plan general de mantenimiento. Como resultado de esto se están aumentando los costos, lo que resulta en contravía a la filosofía y principios del mantenimiento.

El sector administración de edificios pertenece al ramo de las empresas prestadoras de servicios que dependen de la calidad de estos para afianzar un lugar en el mercado y además ante la evidencia de la competitividad actual, la gestión de mantenimiento debe estar encaminada a generar confiabilidad del sistema de prestación de servicios, por medio de actividades de planeación, organización, dirección y ejecución de métodos de conservación de los equipos e instalaciones.

Dentro de los aspectos principales que se sugieren en este proyecto esta la organización e implementación de un modelo gerencial para el área de mantenimiento cuyo objetivo sea el de elevar y mantener la calidad del servicio prestado, bajo un nivel de costos rentable que eliminara en un alto porcentaje el mantenimiento correctivo que eleva los costos y detiene la atención de servicio al cliente.

Se busca eliminar la presencia de los mas frecuentes problemas en mantenimiento a través del desarrollo de un plan, que ayude a prevenir adecuadamente y a tiempo, las averías o fallas en instalaciones y equipos, redundando esto en beneficio económico y de operación para los edificios.

Por medio del desarrollo de este proyecto, se entrega a la administración y a los colaboradores una ayuda para la conservación de equipos e infraestructura utilizados para la prestación de servicios.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

Mantenimiento en edificios es un servicio que se ofrece a clientes internos y externos el cual se mide con criterios de cumplimiento y calidad, que como en cualquier otra actividad empresarial se maneja con costos, los cuales deben ser manejados de la mejor forma para cumplir especificaciones y necesidades de clientes, personal, infraestructura, equipos y medio ambiente. El presente modelo gerencial de mantenimiento se aplica a la torre Colpatría localizada entre la carrera 7 con calle 26 en la Ciudad de Bogotá.

El Edificio Colpatría tiene una estructura de características especiales denominada “tubo dentro del tubo”, con una modificación especial al establecer conexiones de pórtico entre las columnas internas y las externas. La Torre de 48 pisos se cimentó sobre 24 caissons que descansan sobre una capa resistente a 50 metros de profundidad promedio, cada uno de los pisos de la torre tiene un área total de placa construida de 717.11 m², con espacios útiles que giran alrededor de los 600 m² dependiendo de la altura.

En la parte posterior del edificio se construyó una amplia plataforma, conformando un volumen estructural independiente, la cual dispone de un área de sótano, dos pisos destinados a comercio y servicios financieros, seis niveles para aparcadero de vehículos y dos pisos de cubierta para oficinas. Los locales comerciales dan frente a la carrera 7, plazoleta del edificio y a la carrera 9.

La instalación eléctrica se realizó en tubería conduit, subestación propia y tablero general de control para 2400 Kw instalados, tableros generales de distribución, instalaciones eléctricas y telefónicas para todos los pisos en tubería conduit, planta eléctrica de emergencia de 800 Kw ubicada en el sótano alimenta ascensores, iluminación de las zonas comunes, parqueadero, bombas de agua y red contra incendio; strip telefónico central para 900 líneas y tableros parciales de automáticos para cada piso. El sistema eléctrico esta compuesto por dos transformadores que reciben energía de 11.400 voltios; el primero la reduce a 208 voltios, mientras que el segundo a 440 voltios; un transformador de 500KWA que reduce de 440 a 110 voltios es utilizado exclusivamente para el alumbrado.

La instalación del acueducto es red en tubería de acero y galvanizada, red de tubería para el servicio exclusivo del equipo contra incendio, red de tubería de acero para alta presión y hierro galvanizado para presiones normales; en

cuanto a la red hidráulica y el sistema contraincendio, el agua tomada directamente de la red pública abastece un tanque fabricado en concreto, ubicado en el sótano con capacidad real de almacenamiento de 297 metros cúbicos dotado de 6 bombas verticales eléctricas automáticas de trabajo alterno.

Las líneas de alta presión es tubería de acero de 5" desde el piso 35 hasta el 46; en cuanto a los sistemas automáticos de detección / extinción, la Torre cuenta con una red de rociadores automáticos que al detectar calor por encima de los 68 grados centígrados se estalla la ampolla dejando automáticamente libre la salida del agua.

Un tanque de almacenamiento de agua contra incendio de 68 Mt³ se encuentra ubicado en el piso 48; adicionalmente la red contra incendio cuenta con dos siamesas, una cerca del parqueadero y otra en la Carrera 7. La red hidráulica contra incendio puede ser alimentada desde allí.

Las condiciones de salubridad es desagüe sobre el terreno en tubería de Gress de varios diámetros, según necesidades. Eliminación de agua negras por bajantes y colectores de asbesto cemento.

Shut para basuras, sistema de cambio de aire mediante equipos colocados en el sótano, piso 18, 33 y 48. Los servicios de ventilación separados para zonas de servicios sanitarios y oficinas; gabinetes con hidrantes, mangueras y extintores; sprinkles contra incendio e instalación de detectores de humo en todos los pisos, escaleras en concreto reforzado y helipuerto.

Existen quince ascensores electromecánicos Atlas con un motor cada uno que pesa nueve toneladas en desplazamiento a una velocidad promedio de 5 metros por segundo, con capacidad para 20 personas o 1.350 Kgs. Con reguladores electrónicos que desconectan automáticamente el sistema accionando el freno cuando se sobrepasa la velocidad de 357 metros m/min.

1.2 SITUACION ACTUAL

1.2.1 Administración.

Actualmente la administración del Edificio la tiene **JONES LANG LASALLE** (JLLS), firma líder a nivel mundial en servicios de bienes raíces e inversión, trabajando con más de 100 mercados alrededor del mundo, la compañía proporciona servicios globales integrados con alta experiencia. El rango de servicios incluye Administración de Propiedades, evaluación y consultoría, actividades relacionadas con transacciones, administración de proyectos y servicios de administración de inversiones a nivel local, regional y global para inversionistas y corporaciones usuarias.

Jones Lang LaSalle fue creada en 1999 por la unión de los socios de LaSalle, una Empresa de negocios localizada en Chicago y la empresa Jones Lang Wooton ubicada en Londres, con 217 años de funcionamiento y la matriz de soporte en Chicago Jones Lang LaSalle opera en América, Europa y Asia del Pacífico ofreciendo un rango de servicios a las instituciones, inversionistas y corporaciones.

A través de la capacidad de soluciones corporativas, la Compañía reúne equipos interdisciplinarios de especialistas para satisfacer las necesidades de los clientes para administrar instalaciones, construcciones y asistir en proyectos y transacciones para sus portafolios. Los profesionales en servicios de inversión tienen experiencia en administración de arrendamientos, administración de propiedades, administración de inversiones, venta y adquisición, financiación y asesoría de portafolios.

1.2.2 Condición Existente

Actualmente el departamento de mantenimiento de la administración Torre Colpatria atiende los requerimientos de 14 pisos de área común, 6 pisos de área privada, 11 locales, sótano y parqueadero, además los trabajos y urgencias que contratistas externos no realizan en 26 pisos privados.

Los problemas de mantenimiento encontrados en edificios son:

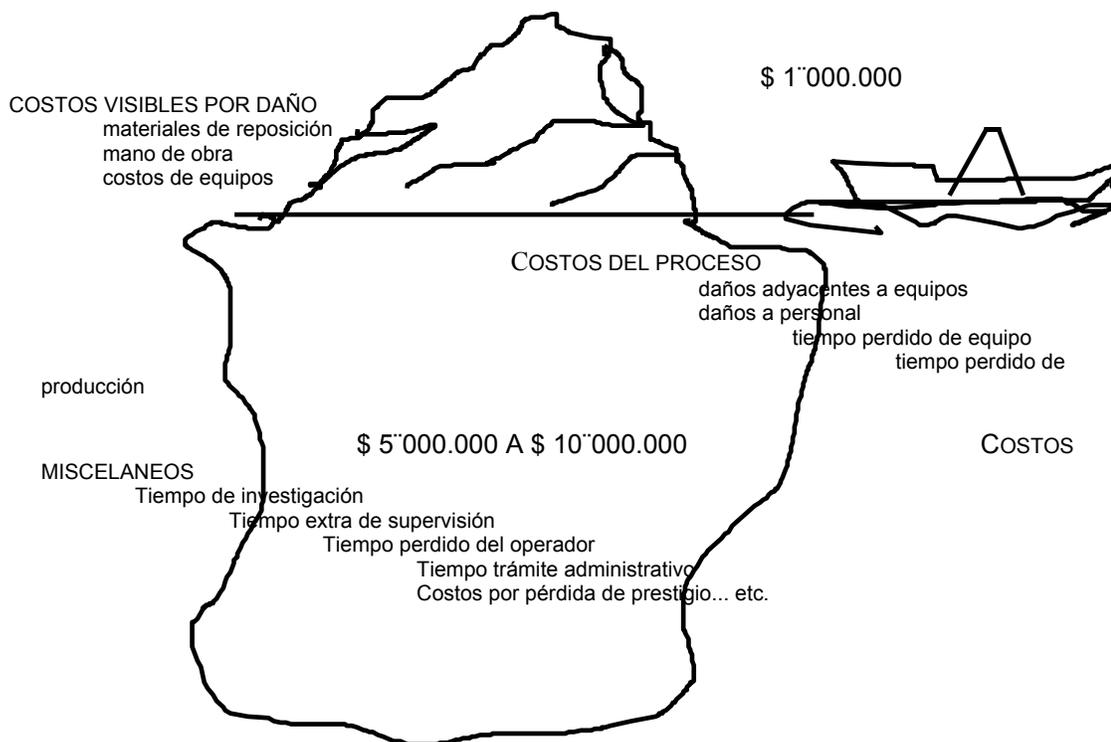
- Baja disponibilidad en sistemas de información.
- Baja disponibilidad de equipos.
- El costo y el tiempo destinado al mantenimiento son elevados.
- No existen manuales de procedimientos.
- Falta de infraestructura para el manejo de la información.

- Insatisfacción del cliente.
- Seguridad industrial no aplicada para labores de mantenimiento.
- Falta de estructuras administrativas para organizar labores y personal.
- Especificaciones de servicio no cumplen especificaciones de calidad.
- Deficiente selección de personal.
- Desconocimiento de manual de funciones.
- No existe seguimiento a trabajos realizados en pisos y oficinas.
- Mantenimiento a maquinaria no es registrado.
- No existen manuales de equipos.
- No existe mantenimiento preventivo.
- La planeación en mantenimiento es mínima.
- No existe mantenimiento predictivo.
- No existe una adecuada selección de proveedores.
- Inadecuado manejo del almacén.
- No se manejan indicadores de gestión.

Los anteriores inconvenientes generan daños insignificantes o desastrosos en el servicio, personas, propiedad y entorno ya que interrumpen el trabajo y reducen las utilidades; por lo cual los costos totales de reparación son altos. Figura 1¹.

¹ ALVAREZ RUEDA, Angel., Modelo Gerencial para el control administrativo de fallas y perdidas en equipos, Universidad Industrial de Santander, especialización en Gerencia de Mantenimiento. Pág 19, Bucaramanga, 2000

Figura 1. Iceberg de los costos producidos por los daños



Una encuesta de satisfacción realizada en oficinas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Satisfacción del cliente²

SATISFECHO	NO SATISFECHO
60% con el servicio	25% por tiempo
5% es susceptible a mejorar	10% por materiales
65%	35%
Total	100%

El porcentaje de mejoramiento en el área de mantenimiento debe contemplar:

- Mejorar el trato a los propietarios y residentes por parte del personal.
- Crear índices de satisfacción al cliente.

² Muestra realizada a 40 oficinas en diferentes pisos

- Mejorar la calidad de los trabajos.
- Manejar índices de accidentalidad.
- Realizar rutinas de mantenimiento.
- Analizar las causas de mantenimientos correctivos.
- Conocer las debilidades y fortalezas del clima organizacional.
- Cumplir lo mejor posible horarios asignados.
- Crear programas de capacitación.
- Ofrecer materiales de calidad.
- Estandarizar procedimientos.
- Tener un buen sistema de información.
- Crear procesos administrativos para generar mecanismos de control.
- Crear programas de salud ocupacional.
- Selección efectiva de personal.
- Realizar proyectos de ahorro en servicios públicos.
- Mejora de áreas de trabajo.
- Análisis en adjudicación de contratos.
- Seguimiento a proveedores.
- Crear una planeación estratégica para mantenimiento.
- Manejo adecuado de almacén

Para realizar un buen programa de mantenimiento se recalca que las personas que se encuentran en el área de mantenimiento son conocedoras en su oficio y son pieza fundamental para implementar los programas de mantenimiento preventivo.

La figura 2 y 3 representan el organigrama de la Administración Torre Colpatria y JLLS.

Figura 2. Organigrama Administración Torre Colpatría

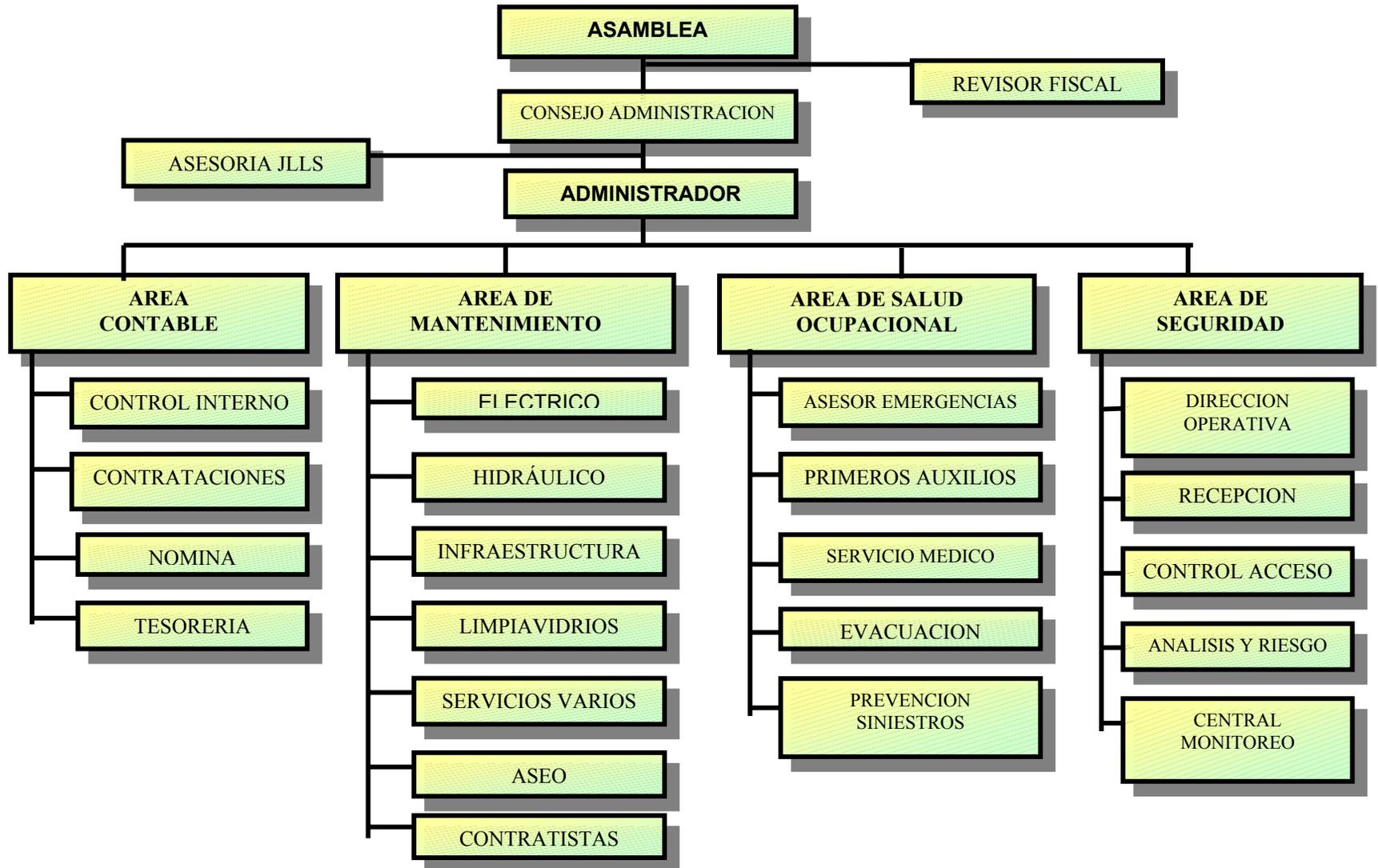
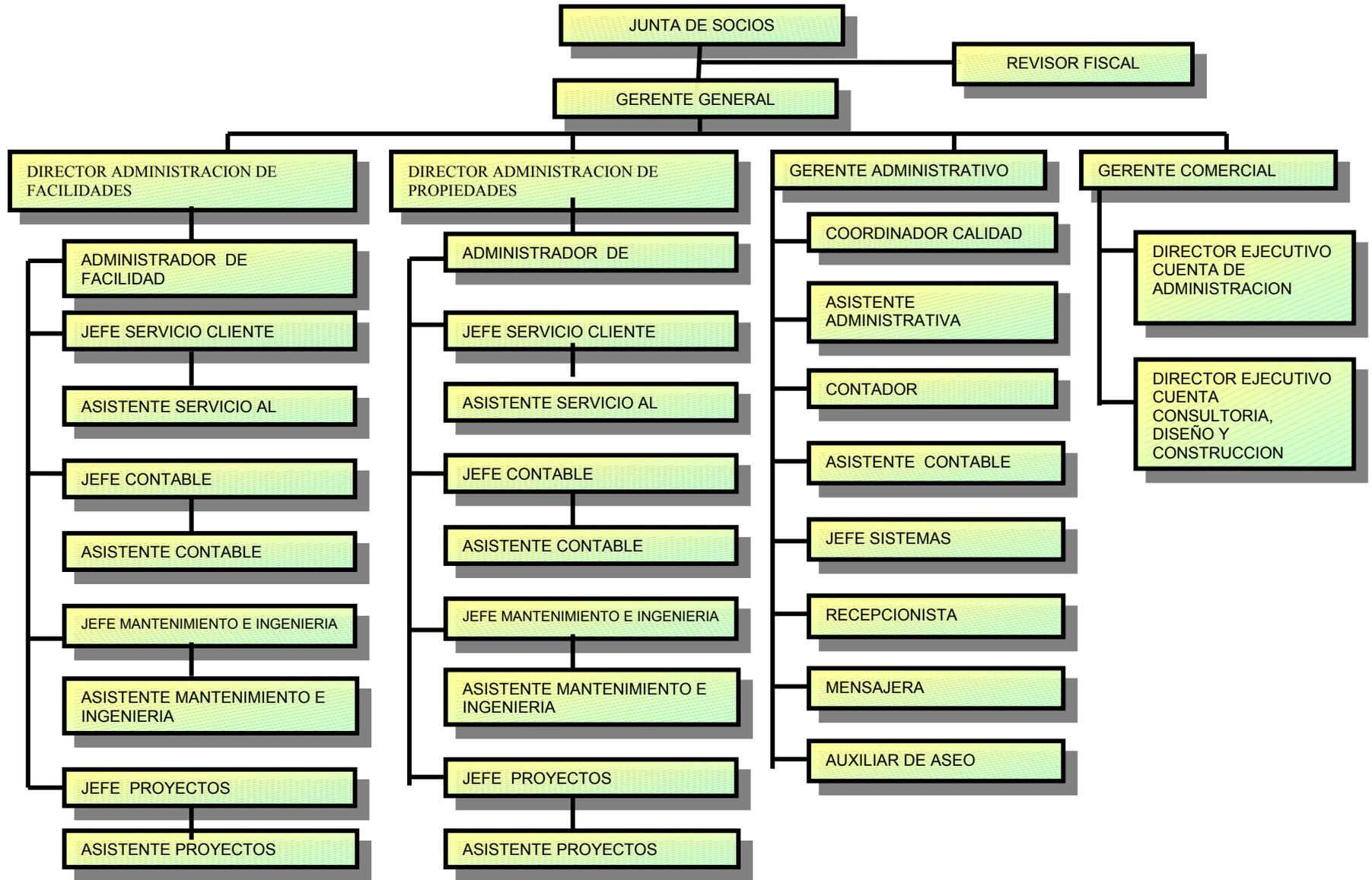


Figura 3. Organigrama Jones Lang LaSalle



2. GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Como los equipos e instalaciones no se pueden mantener en buen funcionamiento por si mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituya así una organización de mantenimiento.

El mantenimiento debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos aumentando su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial.
- Garantizar la seguridad industrial.

2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Esta encaminado a corregir fallas que se presenten en determinado momento; en este tipo de mantenimiento el equipo es quien determina las paradas, su función primordial es poner en marcha la maquinaria lo más rápido y con el mínimo costo posible. Las etapas a seguir cuando se presenta un problema de mantenimiento correctivo son:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.
- Supervisar las actividades por desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuestos de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

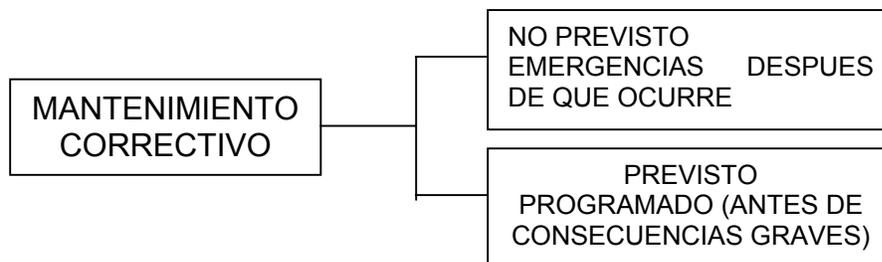
El mantenimiento correctivo muchas veces es inevitable, así se haya implantado un programa de mantenimiento preventivo, ya que en cualquier momento se pueden presentar fallas que no fueron previstas.

Las desventajas que tiene el mantenimiento correctivo son:

- Mayor requerimiento de personal en las reparaciones.
- Los costos de reparación son mayores.
- Existen paros impestivos.
- Mayor tiempo de reparación.
- Disminuye la calidad del servicio.
- Los equipos pueden sufrir daños irreparables.
- Causa problemas ambientales o de seguridad.
- Desperdicia energía.
- Requiere reparaciones frecuentes.
- Ocasiona malestar en el personal.
- Es difícil hablar de gestión de mantenimiento.

Sin embargo, el mantenimiento correctivo no es solo esperar a que un equipo tenga una falla para iniciar la reparación, ya que siempre el mantenimiento termina en correctivo. Figura 4.

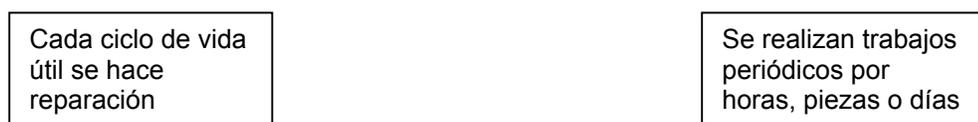
Figura 4. Mantenimiento Correctivo

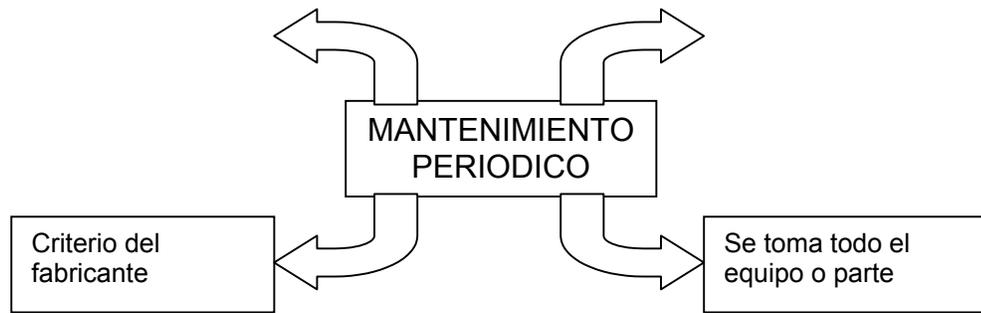


2.2 MANTENIMIENTO PERIODICO

Este tipo de mantenimiento, se realiza después de un periodo de tiempo generalmente largo, consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores; para implantarlo, se requiere una excelente planeación entre el área de mantenimiento y las demás áreas de la empresa, para lograr llevar a cabo las acciones en el menor tiempo posible. Generalmente la decisión de implantarlo esta en manos de la gerencia debido a la complejidad y a los altos costos que se manejan. Figura 5.

Figura 5. Mantenimiento Periódico





2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante costosos y sofisticados equipos a partes de maquinaria también costosas, o a las que no se les puede permitir fallar en forma imprevista, por razones de seguridad o por causar cuantiosos daños.

Dentro de las pruebas que se realizan están:

- ◆ De desgaste: para los aceites de lubricación y con espectrofotómetro.
- ◆ De espesor: con ultrasonido.
- ◆ De fracturas: con rayos X y tintas penetrantes.
- ◆ De ruido: con decibelímetro.
- ◆ De vibraciones: con medidores de amplitud, fase y desplazamiento.
- ◆ De temperatura: con rayos infrarrojos.

El mantenimiento predictivo es un apoyo útil a las otras gestiones de mantenimiento, pues los métodos de evaluación de las condiciones de los equipos sin desmontajes ni paros, arrojan resultados altamente confiables.

2.3.1 **Análisis de vibraciones:** La vibración es un movimiento oscilatorio que se origina cuando un punto material que rota se desvía de su posición de equilibrio por acción de una fuerza, éste origina una tendencia a recuperarse con una fuerza proporcional a la que produjo dicha desviación. La vibración se comporta como una onda, y se propaga en dirección radial y axial, las ondas o vibraciones axiales van en sentido paralelo al eje y las radiales van perpendiculares a este; hay también vibraciones torsionales que tienen un sentido angular.

Las principales fallas que generan vibraciones son ³

- Desequilibrio en el montaje o en la forma de las partes rotatorias.
- Desalineamiento de acoples y chumaceras.

³ IX Jornadas Nacionales de Ingeniería de Mantenimiento, ACIEM, Cundinamarca 1990. Pág. 109-110.

- Rodamientos en mal estado.
- Problemas en engranajes.
- Defectos en elementos de transmisión de movimiento.
- Fuerzas electromagnéticas.
- Desajustes y fricciones.
- Mala lubricación.
- Fuerzas recíprocas.

Luego de tomar las mediciones, la información es descargada y analizada según la norma ISO 2372 sobre vibración mecánica de máquinas de 10 a 200 rev/s. Esta norma clasifica los equipos en cuatro clases según la tabla 2:

Tabla 2. Clases de equipos rotativos ⁴

CLASE	CARACTERISTICAS
I	Máquinas de 0-15 Kw.
II	Máquinas de 15-75 Kw.
III	Máquinas de más de 75 Kw. Con fundación rígida y frecuencia natural de la fundación por debajo de la velocidad de giro.
IV	Máquinas de más de 75 Kw. Con fundación flexible y frecuencia natural de la fundación por encima de la velocidad de giro.

Según el valor encontrado de vibración se clasifican los resultados de cada equipo en cuatro niveles de severidad. Ver tabla 3.

Tabla 3. Niveles de severidad ⁵

CONDICION	DESCRIPCION
Bueno	El equipo se encuentra por debajo del límite de alarma y no hay que realizarle ningún tipo de mantenimiento
Satisfactorio	El equipo se encuentra por debajo del límite de alarma y empieza a manifestar algún tipo de problema pero no necesariamente amerita revisión.
Tolerable	El equipo se encuentra por debajo del límite de alarma y amerita revisión menor (puede conducir a inspección inmediata o control según criterio).
Inaceptable	El equipo se encuentra por encima del límite de alarma y necesita revisión inmediata(programar reparación antes de 24 horas).

2.3.2 Análisis de aislamientos en motores eléctricos: Un factor decisivo en un motor, es el aislamiento de sus bobinados, si este se retira la máquina se avería. Para evitar este tipo de daño, por recalentamiento, es necesario limitar la temperatura de los bobinados; esto puede hacerse en parte, al suministrarles una circulación de aire frío, pero finalmente la temperatura máxima del bobinado limita la potencia máxima que la máquina puede suministrar continuamente.

⁴ ICONTEC, Norma ISO 2372. pág. 6

⁵ ICONTEC, Norma ISO 2372. Pág. 7

En raras ocasiones el aislamiento falla por ruptura inmediata a determinada temperatura crítica. En cambio, el aumento de temperatura produce una paulatina degradación del aislamiento, exponiéndolo a que se produzca una falla por otras causas como choque, vibración o tensión eléctrica. La expectativa de vida de un motor con determinado tipo de aislamiento se reduce a la mitad por cada 10 % del aumento que se presenta por encima de la temperatura asignada al bobinado.

La función más importante de los materiales aislantes de la electricidad en una máquina rotatoria es la de aislar cada parte conductora de las otras y de la tierra. Adicionalmente debe cumplir exigencias mecánicas y debe ser capaz de resistir tensiones térmicas y acción química. Las principales propiedades eléctricas de un material aislante son :

- Constante dieléctrica.
- Factor de disipación.
- Resistencia aislante.
- Índice de polarización.

Estos ensayos son no destructivos. La resistencia aislante de un bobinado varía directamente con el espesor del material e inversamente con la superficie conductora.

La ANSI (American National Standards Institute), y la I.E.E.E. (Institute of Electrical and Electronics Engineers), recomiendan pruebas para la resistencia de aislamiento de maquinaria rotativa con potencias superiores a 1 HP.

Los ensayos de resistencia aislante son el producto de un voltaje sobre una corriente directa, medidos desde el comienzo de la aplicación de la diferencia de potencial hasta un periodo máximo de 10 minutos según la prueba (Ley de Ohm).

$$\text{Resistencia} = \text{Voltaje} / \text{Intensidad}$$

Las medidas de resistencia aislante pueden ser erróneas si hay cargas residuales en el material, por lo tanto, antes de la medición, para un ensayo cualquiera se debe descargar a tierra la carcasa de la máquina ; para medir correctamente se conecta el polo positivo del megohmetro a uno de los bornes del motor y el negativo a su masa metálica ; moviendo la manivela del instrumento se desplaza la aguja hasta una posición en la escala, momento en el cual se lee la resistencia del aislamiento.

Las pruebas normalizadas de resistencia aislante son las siguientes:

- HIPOT: Es la tensión aplicada en forma gradual y sucesiva al conjunto de los bobinados contra el frame o núcleo de la unidad. Esta prueba es efectuada con duración de 1 minuto, según norma (NEMA MG 1-3.01.6). De acuerdo con la ANSI/ I.E.E.E. 43 de 1974 después de este tiempo aún existe la corriente de polarización del componente y el valor de la resistencia del aislamiento no varía. Los niveles de voltaje para esta prueba son 250, 500, 1000, 2500 y 5000 voltios. La prueba de alto potencial de corriente continua no es destructiva debido al aumento gradual de voltaje y se aplica teniendo una limitación de la corriente de fuga conocida como Leakage current y por esta razón la disrupción del aislamiento es controlada.

La resistencia aislante de la mayoría de los materiales varía inversamente con la temperatura ; para minimizar su efecto se emplea un factor de corrección usando la siguiente ecuación⁶ :

$$R_c = K_t \times R_t$$

Donde :

R_c = resistencia aislante en megaohmnios corregida a 40°C.

K_t = coeficiente de temperatura para resistencias aislantes.

R_t = medida de resistencia aislante en megaohmnios a una temperatura.

El coeficiente K_t puede ser hallado en la tabla 4.

⁶ American National Standard I.E.E.E. Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. 1974, pág. 9.

Tabla 4. Variación de la resistencia aislante con K_t ⁷

TEMPERATURA °C	K_t
0	0,065
10	0,13
20	0,275
30	0,5
40	1
50	2,2
60	4,1
70	8

El mínimo valor de resistencia aislante (R_m), para corriente alterna, en máquinas eléctricas con bobinado se encuentra con la siguiente fórmula⁸ :

$$R_m = KV + 1$$

Donde :

R_m = mínimo valor recomendado de resistencia aislante en $M\Omega$ a 40°C.

KV = voltaje nominal de la máquina en kilovoltios.

Después de la prueba, el motor normalmente se aterriza para evaluar la resistencia aislante entre las partes vivas y la tierra. Esta prueba sirve para determinar la existencia de deterioros en el sistema aislante y da idea sobre el tipo de falla.

- SURGE (comparativa de impulso): Esta prueba se realiza con un Baker D 12000 y consiste en la aplicación de la tensión gradualmente al conjunto de los devanados para verificar el aislamiento entre fases, aislamiento de bobinas y aislamiento entre espiras. De acuerdo a norma (NEMA MG 1-12.05)
- Índice de polarización: Esta prueba indica sus resultados por medio de una gráfica de resistencia aislante contra tiempo; es similar al ensayo anterior de un minuto, la diferencia es que las medidas son tomadas cada treinta segundos por dos minutos y luego cada minuto hasta completar diez minutos al conjunto de los devanados para comprobar el índice de absorción. Cada minuto se toma la medida para comprobar el incremento o disminución de la rigidez dieléctrica determinando eficazmente la presencia de humedad, el índice de polarización mínimo recomendado es de 2 de acuerdo a norma (IEEE Std 43 Secc 9.2)

⁷ American National Standard I.E.E.E. Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. 1974, Pág.11.

⁸ Idem. Pág 14.

Con esta información la curva resistencia - tiempo es trazada y se analizan los siguientes factores:

- Medida de resistencia aislante más alta.
- Índice de polarización: resistencia aislante en diez minutos / resistencia aislante en un minuto.
- Índice de absorción : resistencia aislante en diez minutos / resistencia aislante en tres minutos.

Cuando el índice de polarización es usado para determinar el estado del aislante no es necesario hacer correcciones de temperatura, ya que este factor ejerce poca influencia en las mediciones ; en cambio, la clase de aislamiento que tenga el motor cambia el índice de polarización mínimo recomendado. Ver tabla 5.

Tabla 5. Valores de índice de polarización mínimo recomendado⁹

CLASE DE AISLAMIENTO	INDICE DE POLARIZACION
A	1.5
B	2
F	2

El máximo valor aislante debe aumentar con mediciones posteriores debido al mantenimiento.

Para que las medidas de aislamiento tengan su valor exacto, deben efectuarse inmediatamente después de parar la máquina, así se evitara errores debidos a la condensación de humedad en el embobinado. Durante la medida, la máquina debe desenergizarse. Para comparar pruebas de la misma máquina en tiempos diferentes, deben ser hechas al mismo voltaje.

Otra prueba realizada es la resistencia ohmica para detectar falsos contactos o uniones imperfectas de los empalmes se utiliza un doble Puente de THOMPSON AEMC.

2.3.3 Análisis de lubricantes: Se llama lubricante la sustancia capaz de disminuir el rozamiento entre dos superficies en movimiento. Sus fines son principalmente dos:

⁹ American National Standard I.E.E.E. Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery. 1974, pág. 12.

- Disminuir el coeficiente de rozamiento.
- Actuar como medio disipador del calor producido.

Cada lubricante dentro de sus aplicaciones tiene unas características que deben cumplir:

- Viscosidad.
- Gravedad específica y grados API.
- Grados ISO.
- Demulsibilidad y untuosidad.
- Punto de inflamación y punto de combustión.
- Punto de neutralización.
- Poder anticorrosivo, antioxidante y detergente.

La ventaja del análisis de lubricantes es aumentar la vida útil de la grasa o aceite al evitar cambios prematuros; además de pronosticar fallas en el funcionamiento del equipo. Las casas fabricantes tienen un departamento de análisis de lubricantes con sus propios equipos y especialistas que ponen a disposición de los usuarios de sus productos gratuitamente. Las pruebas normalizadas de lubricantes¹⁰ son las siguientes:

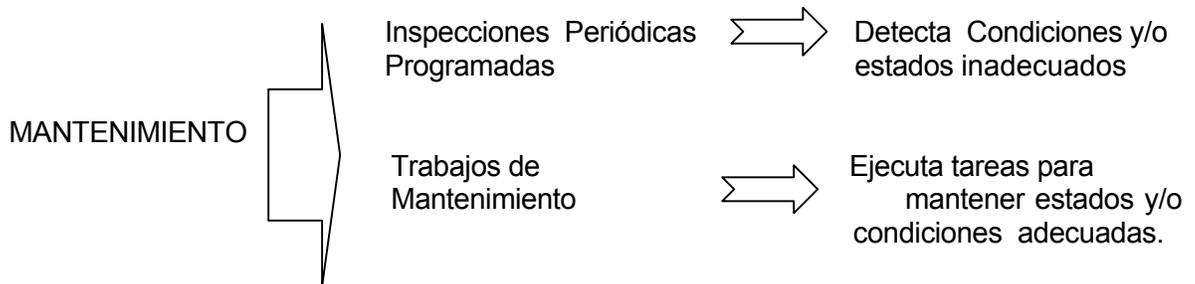
- Gravedad Específica. Prueba ASTM D287-55.
- Viscosidad. Prueba ASTM D88 y D445.
- Punto de neutralización. Prueba ASTM D664-58.
- Insolubilidad en pentano y benceno. Prueba ASTM D83-60T.
- Demulsibilidad. Prueba ASTM D1401 y D2711.
- Punto de inflamación. Prueba ASTM D92-57.
- Porcentaje de cenizas. Prueba ASTM D874.
- Determinación del color. Prueba ASTM D1500-58T.
- Análisis infrarrojo diferencial.
- Espectrofotometría atómica.

2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente (figura 6), sobre el activo fijo de la planta y sus equipos, con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de elementos que pueden ocasionar paros en la producción o deterioro grave de máquinas; mediante la ejecución de ajustes y/o reparaciones, mientras las fallas potenciales están aún en estado inicial de desarrollo.

¹⁰ IX Jornadas Nacionales de Ingeniería de Mantenimiento, ACIEM, Cundinamarca 1990. Pág. 119-120.

Figura 6. Sistema de mantenimiento



Su esencia son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva; se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y se necesita prestarles un servicio adecuado para garantizar el buen funcionamiento, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en los equipos.

El éxito del mantenimiento preventivo, está en el análisis detallado del programa de todas las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, por lo que se debe realizar un buen control. Este tipo de mantenimiento se utilizará en la Torre Colpatria.

Es esencial que la organización posea sistemas de registro, que en definitiva son los cerebros estadísticos que permiten prestar atención según prioridades a los equipos que frecuentemente acusan pérdidas de servicio o atención al cliente por falta de nivel de calidad.

La filosofía del mantenimiento preventivo, está dado por el concepto del límite de vida útil en servicio de los elementos componentes del sector de producción, y/o expiración de los periodos de habilitación en servicio seguro de dichos elementos.

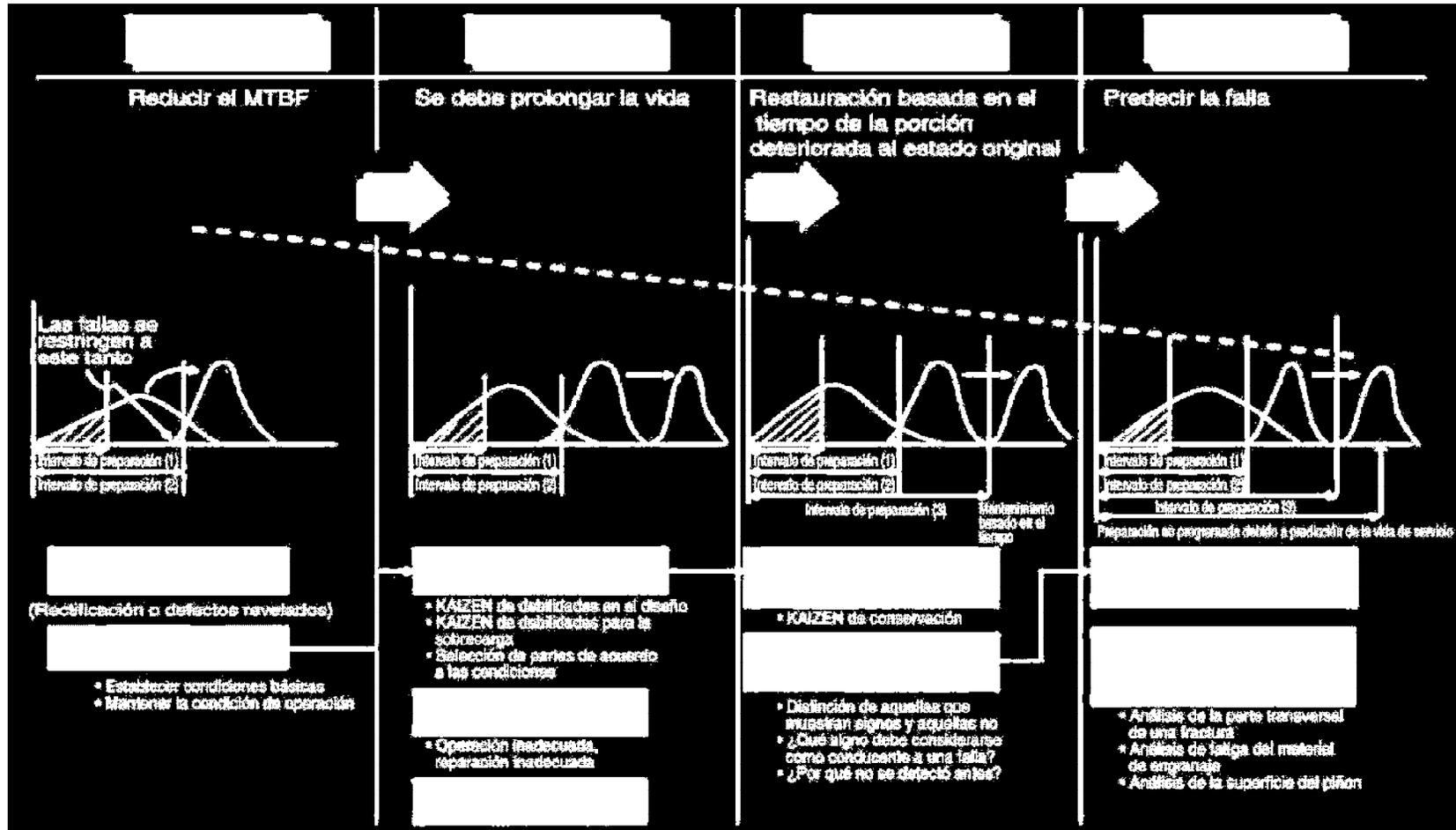
El límite de vida útil en servicio de un determinado elemento, es el tiempo estimado que se prevé en forma racional, que funcionarán dentro de un margen de rendimiento previsto y cercano al óptimo, sin presentar desperfectos. Durante el desarrollo de un ciclo de vida útil, el elemento bajo el sistema de mantenimiento preventivo, es objeto de un régimen de inspecciones periódicas, destinadas a detectar posibles desviaciones del funcionamiento normal del régimen.

Lo que busca el Mantenimiento preventivo es reducir el tiempo medio entre fallas y aumentar los tiempos medios de reparación. La Figura 7 muestra la reducción de fallas en cuatro etapas las cuales se dividen en:

- Fase 1: Reducción del MTBF estableciendo las condiciones básicas y mantener las condiciones de operación.

- Fase 2: Prolongar la vida útil por medio de operación adecuada y reparaciones adecuadas.
- Fase 3: Restauración al estado original a través de una cultura de conservación y distinción de fallas.
- Fase 4: Predecir la falla por medio de equipos de diagnóstico y análisis técnicos de fallas.

Figura 7. Enfoque de medidas contra fallas



Fuente: ARCINIEGAS Carlos. Mantenimiento Productivo Total. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. 2004

2.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (T.P.M.)

Nació en Japón en los años setenta, bajo la idea de un mantenimiento preventivo rentable, involucrando nuevos conceptos como el control de calidad y cero fallas. El T.P.M. es un enfoque innovativo para el mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo, elimina las averías, y promueve el mantenimiento autónomo por los operarios a través de actividades día a día que incluyen a todo el personal. Figura 6.

Cuando se eliminan las averías y defectos, las tasas de operación del equipo mejoran, los costos se reducen, el stock puede minimizarse y como consecuencia, la productividad del personal aumenta.

Se espera que aproximadamente en tres años, cuando los mantenimientos preventivo y predictivo estén afianzados en el edificio, se implante el T.P.M. para lograr resultados apreciables ; mientras se realiza este proceso la empresa debe adoptar filosofías de calidad total con el fin de asegurar su permanencia y crecimiento en un mercado competido y cambiante porque :

- * Se enfoca a la satisfacción del cliente.
- * Se hace una mejor utilización de todos los recursos.
- * Es un proceso de mejoramiento permanente.
- * Se reducen los errores y desperdicios.
- * Se fomenta la contribución y el compromiso de todos.
- * Se incrementa el desarrollo integral y el progreso del recurso humano.
- * El trabajo en equipo mejora las relaciones interpersonales.
- * Produce mayor satisfacción en el trabajo.

El programa de TPM se desarrolla en 12 pasos los cuales se explican en la tabla 6

Figura 8. Mantenimiento Productivo Total



Tabla 6. Desarrollo de 12 pasos para TPM

Etapa	Pasos	Puntos claves
PREPARACIÓN	1. Declaración de la alta dirección de introducir TPM	Declaración realizada en una junta interna oficial
	2. Educación introductoria y campaña TPM	Gerentes: Capacitación en seminario tipo campamento en cada nivel de trabajo. Empleados en general: Seminarios tipo Juntas
	3. Establecer organización promocional TPM y modelo organizacional piloto	Comité, subcomité especial, oficina de promoción TPM, Máquina modelo para capacitación de mto. autónomo para los líderes de grupo y superiores
	4. Establecer política básica y metas para TPM	Benchmark y metas. Predicción de los esfuerzos.
	5. Creación de plan maestro para implantar TPM	Desde los preparativos para la implantación hasta la aplicación a los premios TPM
KICK OFF	6. Kick off TPM	Invitar a proveedores y empresas afiliadas o colaboradoras
IMPLEMENTACIÓN	7. Establecer sistemas para mejorar la eficiencia de producción	Procurar la eficiencia máxima de la producción
	7.1. Mto. Autónomo 7.2. Mejora enfocada 7.3. Mto. Planeado 7.4. Educación y capacitación	Sistema por pasos, auditoría, calificación Actividades de pequeños grupos por equipos Mto. de Confiabilidad, Mto. Basado en el tiempo, Mto. Predictivo Capacitación para elevar el nivel de habilidades de los líderes en operación y mantenimiento y transmitir habilidades para difundir la educación a los miembros del equipo
	8. Control inicial para nuevos productos y equipos	Desarrollo de productos de fácil manufactura y equipo de fácil operación
	9. Establecer sistema de mto. De la calidad	Establecer las condiciones para eliminar productos defectuosos y mantener el control
	10. Establecer el sistema para tener eficiencia en la operación y departamentos administrativos	Apoyo para la producción, incrementar la eficiencia en la oficina y equipo relacionado a las oficinas
	11. Establecer sistemas de protección de seguridad, higiene y ambiente laboral	Cero accidentes y cero contaminación
APLICACIÓN ESTABLE	12. Aplicación total de TPM y superación de los niveles del mismo	Aplicación para el premio TPM, desafío hacia metas más altas

2.6 METODOS PARA ORGANIZAR EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Debido a lo diferente que es cada departamento de mantenimiento en aspectos como el tipo de servicio que presta y la calidad de su personal, así como la organización en sí, existen alternativas para realizar el mantenimiento y son: por áreas, centralizado y mixto. El sistema de organización aparece como una respuesta a una necesidad y es muy importante tener claro que a medida que la empresa crece, debe ir adaptando su organización al nivel de complejidad existente.

- **Mantenimiento por áreas:** Se utiliza cuando la empresa esta dividida por secciones según las características de la producción, y se divide el mantenimiento en áreas correspondientes; así cada una de ellas cuenta con personal de base, supervisión y dirección. Se busca con esto que el taller de mantenimiento este cerca de sus respectivas zonas de trabajo, con lo cual se consigue su descentralización. Si se detectan fallas o problemas inminentes, el procedimiento por seguir lo determina producción, lo cual es una desventaja en este sistema, pues por no parar la producción se ordena a mantenimiento hacer reparaciones menores en lugar de las adecuadas al caso; esto puede acarrear como consecuencia un daño costoso.
- **Mantenimiento Centralizado:** Las actividades de mantenimiento se colocan desde una localización central, el personal no esta restringido a un área y se traslada de un lugar a otro según se requiera. El departamento está encabezado por un jefe de mantenimiento y al cabo de cierto tiempo se contará con personal capacitado que conoce todos los equipos de la planta, además se simplifican los procedimientos, comunicaciones, reparaciones, compras, etc. Cuando se presenta una emergencia, hay todo un equipo de personas disponible. Durante los periodos de poco trabajo, el personal puede revisar o reparar equipos, como en este caso mantenimiento no tiene enlace directo con otros departamentos y cuenta con su propia organización, los costos pueden ascender, por lo tanto se debe ejercer un control detallado de estos.
- **Mantenimiento mixto:** Debido al crecimiento de las empresas, la distribución geográfica y el manejo en la producción, se hace imposible realizar el mantenimiento únicamente con una de las alternativas anteriores, por lo cual se hace necesario complementarlas para producir esta alternativa intermedia. Quedarían bajo responsabilidad y manejo directo de cada sección, las siguientes actividades supervisadas por la unidad central de mantenimiento:
 - * Mantenimiento preventivo.
 - * Mantenimiento correctivo.

* Manejo y almacenamiento de repuestos.

3. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO

El costo del mantenimiento asume cada vez más importancia y requiere técnicas efectivas para su control, es por esto que las tareas de mantenimiento deben ser realizadas en forma sistemática aplicando técnicas de gerencia para personas, equipos e infraestructura aplicando métodos modernos con miras a la conservación del medio ambiente y siguiendo parámetros de seguridad industrial.

El sistema de mantenimiento que se propone contiene un modelo sobre el cual la administración de edificios puede basar su sistema. Este modelo pretende plantear los procesos y métodos de control básicos administrativos en un mantenimiento moderno; la gestión de mantenimiento consiste en actuar en todos aquellos aspectos de importancia para el buen desarrollo de la empresa.

La Figura 7 muestra el conjunto de operaciones sucesivas y/o paralelas, desarrolladas con el fin de obtener un resultado definido, que en el caso de mantenimiento para edificios es la satisfacción del cliente.

Figura 9. Proceso de mantenimiento



La gestión integral incluye los aspectos del grupo GEMA¹¹:

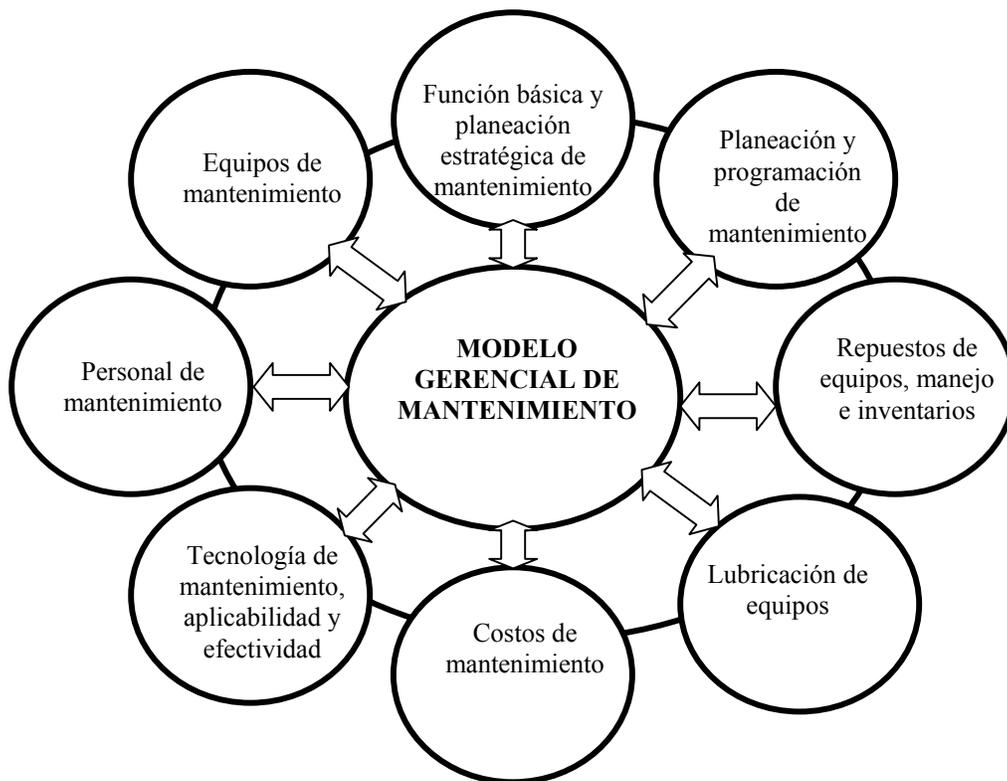
- I. Gente: El elemento humano como administradores, trabajadores, contratistas, clientes y proveedores se ve involucrado en gran porcentaje en las causas de las fallas o incidentes de los equipos.
 - ❖ Ejecutivos que establecen las políticas de la Compañía, los procedimientos, las practicas, estándares y los aspectos relacionados con el clima laboral.
 - ❖ Los ingenieros y diseñadores que crean el medio ambiente donde se desarrollan los trabajos.
 - ❖ Los que manejan los sistemas de Mantenimiento Preventivo, predictivo y demás programas de Mantenimiento, para mantener herramientas, máquinas, equipos, etc., en condiciones operativas.
 - ❖ Ejecutivos encargados de la selección, contratación y ubicación precisa para los trabajos.
- II. Equipo. Toda la atención de Mantenimiento está centrada en mantener condiciones óptimas de funcionamiento los equipos como herramientas, máquinas herramientas, máquinas fijas, equipos; con un alto grado de confiabilidad por parte de los dueños de los mismos, por lo que se hace necesario alargar la vida útil de los mismos por medio de nuevas técnicas y programas de mantenimiento.
- III. Materiales. Son los elementos que usa la gente y con los cuales trabaja y procesa como repuestos, materias primas, productos químicos y productos consumibles; las fallas de los equipos provienen de un repuesto no adecuado o de mala calidad, mal instalado, condiciones inadecuadas, malos programas de orden, limpieza y conservación.
- IV. Medio ambiente. Incluye todos los aspectos del entorno: los edificios y recintos que rodean a la gente, equipos y materiales, las superficies sobre las cuales se encuentran las cosas y sobre las que se movilizan los fluidos y el aire que rodean a otros elementos.

¹¹ RUEDA ALVAREZ Ángel, Modelo Gerencial para el control administrativo de fallas y perdidas en equipos, Universidad Industrial de Santander, especialización en Gerencia de Mantenimiento. Pág 20, Bucaramanga, 2000

El modelo gerencial propuesto busca conocer en que grado de avance respecto a mantenimiento se encuentra el edificio, para ello el coordinador de mantenimiento debe hacer una evaluación a los siguientes puntos de análisis referenciados en la figura 10:

- ❖ Función básica y planeación estratégica de mantenimiento.
- ❖ Planeación y programación de mantenimiento.
- ❖ Repuestos de los equipos, manejo e inventarios.
- ❖ Lubricación de equipos.
- ❖ Costos de mantenimiento.
- ❖ Tecnología de mantenimiento, aplicabilidad y efectividad.
- ❖ Personal de mantenimiento.
- ❖ Equipos de mantenimiento

Figura 10. Modelo Gerencial de Mantenimiento



3.1 FUNCION BASICA Y PLANEACION ESTRATEGICA DE MANTENIMIENTO

Este tema busca determinar el estado de estructura de la organización y conocer que tan sólida se encuentra, si ésta tiene unos niveles de calificación bajo se

deben reforzar ya que éste es el primer punto del modelo gerencial. La planeación define con precisión a donde se desea llegar y el momento en el cual se logrará esta meta, es una continua toma de decisiones Este punto contempla los aspectos relacionados en la figura 11.

Figura 11. Función Básica de Mantenimiento



- Estructura organizacional

La estructura de la organización debe existir y tiene que ser conocida por todo el personal, la forma de la organización es importante para las personas que laboran porque conocen a quien le reportan, quienes le reportan, se distingue la línea de autoridad, responsabilidad funcional y trabajo staff; las responsabilidades se conocen y entienden, además se evita la duplicación de esfuerzos. No puede delegarse la responsabilidad como se hace con la autoridad.

- Objetivos gerenciales.

Los objetivos gerenciales de mantenimiento deben ser claros y tenidos en cuenta dentro de la planeación estratégica, se tienen que registrar y revisar periódicamente. La gerencia tiene la tarea de guiar el mantenimiento hacia un objetivo definido, a fin de que puedan rendirse los servicios deseados. En este punto se incluye la misión definida como la razón de ser de la empresa, la visión como a donde quiere llegar la empresa a través del tiempo y las políticas que son las normas que orientan el pensamiento en la toma de decisiones para conseguir un objetivo.

- Recursos administrados por mantenimiento

Debe existir claridad sobre cuales son los recursos administrados por mantenimiento en mano de obra, financieros y físicos como energía, máquinas y materiales; la administración de estos recursos debe estar registrada.

- Resultados estratégicos

La planeación estratégica de mantenimiento debe ser tenida en cuenta dentro de los resultados estratégicos esperados por la compañía; esta planeación debe tener en cuenta las tendencias económicas, políticas sociales, culturales y tecnológicas; análisis externo e interno teniendo con oportunidades, amenazas, fortalezas, debilidades y estrategias.

- Objetivos de mantenimiento

Los objetivos y las funciones de mantenimiento deben estar definidos, se recomienda tener un registro por escrito de objetivos y funciones y darlos a conocer a todo el personal, misión y visión propia del área de mantenimiento. En esta parte de planeación se deben tener las políticas generales, metodología de trabajo, comportamiento, cotizaciones, calidad, contratación, salud ocupacional, servicio, contabilidad, administración, presupuesto, manejo de juntas y valores corporativos.

- Roles de mantenimiento

Cada persona en el área de mantenimiento tiene que conocer sus funciones y roles dentro de la organización, se recomienda tener un registro por escrito con las funciones, nombres de los cargos y las funciones del personal se tienen que revisar de acuerdo con las necesidades del cargo. Se debe tener claros los requisitos de personal en conformidad con el cumplimiento de los objetivos, se debe revisar periódicamente el número total de personas por cargos y

especialidades de acuerdo con la evolución natural del negocio e indicadores de eficiencia.

- Funcionamiento organizacional

La claridad en las relaciones entre los diferentes cargos y su forma de interactuar es importante porque el personal conoce y aplica el modo establecido de funcionamiento del área de mantenimiento, se recomienda que este procedimiento se encuentre registrado.

- Presupuesto de funcionamiento

Los presupuestos son necesarios para controlar el programa, comparar lo real contra lo estimado, medir la desviación y corregirla. Tener los estimativos mensuales de los recursos utilizados por mantenimiento y manejar registros cronológicos de los gastos reales de recursos facilita confrontar los gastos reales versus los estimados, hacer presupuestos de inversión y presupuestaciones con base cero.

- Metas y reportes de gestión

Mantenimiento debe manejar indicadores de gestión establecidos para medir la efectividad del área, deben estar vinculados con los objetivos planteados y se tienen que registrar cronológicamente con el fin de analizar periódicamente la tendencia y cumplimiento de metas estos análisis deben ser tenidos en cuenta dentro de la planeación estratégica de mantenimiento. Es recomendable conocer los indicadores internacionales de referencia del mantenimiento en el mismo tipo de industria, manejar indicadores actualizados y tenerlos registrados porque con éstos se puede comparar la competitividad del negocio respecto a los demás.

- Plan estratégico de mantenimiento

La elaboración de un plan estratégico permite revisar el cumplimiento del mismo y establecer un potencial de mejoramiento mediante la matriz de pérdida la cual contempla lista de problemas en mano de obra, materiales, maquinaria y energía contra los equipos que generan esos problemas. Este plan estratégico se debe realizar de 1 a 3 años.

3.2. PLANEACION Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO

Este tema permite administrar los sistemas de información en mantenimiento porque facilita organizar los documentos de trabajo, indicadores de gestión, programación en software y divulgación de resultados. Figura 12.

Figura 12. Planeación y programación de mantenimiento



➤ Grupo de trabajo

Tener las personas idóneas para los cargos facilita realizar actividades de mantenimiento y mejoramiento porque reduce tiempos de parada, mejora la seguridad en los trabajos realizados, disminuye la existencia de repuestos no indispensables y aumenta la eficiencia.

➤ Reportes de trabajo

Un departamento organizado tiene una estructura para el trámite de reportes de trabajo, el personal sigue la estructura establecida y se lleva un registro histórico de los reportes de trabajo.

➤ Programación parada de equipos

El área de mantenimiento debe establecer los procedimientos para la programación de parada de equipos y el personal conocerlos adecuadamente, los documentos involucrados en la programación de parada de equipos se deben encontrar claramente definidos y se debe tener un registro histórico de paradas de equipos.

➤ Mantenimiento periódico versus mantenimiento correctivo

Las estadísticas del porcentaje de mantenimiento periódico y de mantenimiento correctivo se deben registrar con el fin de determinar la tendencia del comportamiento de las actividades.

➤ Indicadores de gestión

El área de mantenimiento debe tener indicadores de gestión para medir el desempeño de su actividad, definirlos claramente y registrarlos para su análisis. En el sector administración de propiedades se pueden manejar índices como los indicados en la tabla 7.

Tabla 7. Indicadores de Gestión

INDICADOR	INDICE
Satisfacción del cliente	Promedio de Encuestas
Reclamos del cliente	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de reclamos del periodo}}{\text{N}^\circ \text{ reclamos del periodo anterior}}$
Producto No conforme	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de Productos no conformes}}{\text{N}^\circ \text{ de servicios prestados}}$
Cumplimiento de cronogramas	$\frac{\text{Cronograma Ejecutado}}{\text{Cronograma Programado}}$
Desempeño de proveedores	$\frac{\text{Promedio seguimiento a proveedores}}{\text{Promedio evaluación a proveedores}}$
Acciones Preventivas	No Acciones Preventivas
Planes de Mejora	Cumplimiento del Plan de mejora
Acciones Correctivas	$\frac{\text{N}^\circ \text{ Acciones Correctivas periodo actual}}{\text{N}^\circ \text{ Acciones Correctivas periodo anterior}}$
Acciones Preventivas	No Acciones Preventivas

El comportamiento de los indicadores de gestión en el área de mantenimiento no solo se deben mostrar a nivel interno para conocimiento del personal operativo y administrativo, si no a nivel externo para que los clientes se enteren de las tendencias.

➤ Ranking de equipos

El coordinador de mantenimiento debe realizar el ranking de equipos para determinar cuales son más críticos, para ello tomará en cuenta la ocurrencia, fallas ocultas, seguridad física, medio ambiente, imagen corporativa, costos de reparación e impacto operacional.

➤ **Confiabilidad**

De acuerdo a la matriz de riesgo realizada en el ranking de equipos, el coordinador de mantenimiento debe calcular el índice de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

➤ **Mantenimiento preventivo**

Dentro de la planeación se debe realizar el programa de mantenimiento para cada uno de los equipos rankeados teniendo en cuenta listas de chequeo, periodicidad, tiempos de ejecución, persona responsable, costos y observaciones.

➤ **Registro de información de los equipos**

Se debe crear un registro técnico para los equipos, partes y sistemas dentro del sistema de mantenimiento; éste corresponde a hojas de vida, diario de las máquinas y tarjetas maestras que incluyan inspecciones de lubricación, electricidad y mecánica.

➤ **Registro de la ejecución de mantenimiento**

La realización de labores de mantenimiento deben quedar registrados en informes o actas de trabajo ejecutado, tanto en labores realizadas por el personal interno de mantenimiento como por los contratistas. Como gestión del departamento de mantenimiento se debe establecer previamente el tiempo que debe ser asignado a cada trabajo y llevar los registros de tiempo.

➤ **Ordenes de trabajo**

Dentro de los documentos de trabajo que maneja el área de mantenimiento se encuentran las órdenes de trabajo y servicio, las cuales se deben diferenciar en su trámite y están soportadas dentro del software para la clasificación. El área de mantenimiento debe contar con los mecanismos para priorizar el trabajo y los mecanismos para ello deben estar definidos.

➤ **Repuestos**

Mantenimiento tiene que contar con los registros de las referencias de partes y repuestos para realizar un trabajo determinado como prelistamiento. El sistema se debe actualizar cada vez que es necesario como modificaciones técnicas y adquisición de equipos. La solicitud de elementos para mantenimiento se realizan

teniendo en cuenta la prioridad de los mismos. La solicitud se realiza por caja menor o solicitud al proveedor mediante órdenes de compra.

➤ Programación general de los trabajos

La programación se puede realizar en programas como Wind Project con procedimientos registrados y en cuanto a la ejecución de los trabajos el área de mantenimiento debe llevar las estadísticas del cumplimiento y eficiencia de labores y de los programas establecidos. La planeación de reparaciones mayores deben basarse bajo procedimientos definidos los cuales son registrados con anterioridad y se debe registrar la experiencia adquirida para futuras planeaciones.

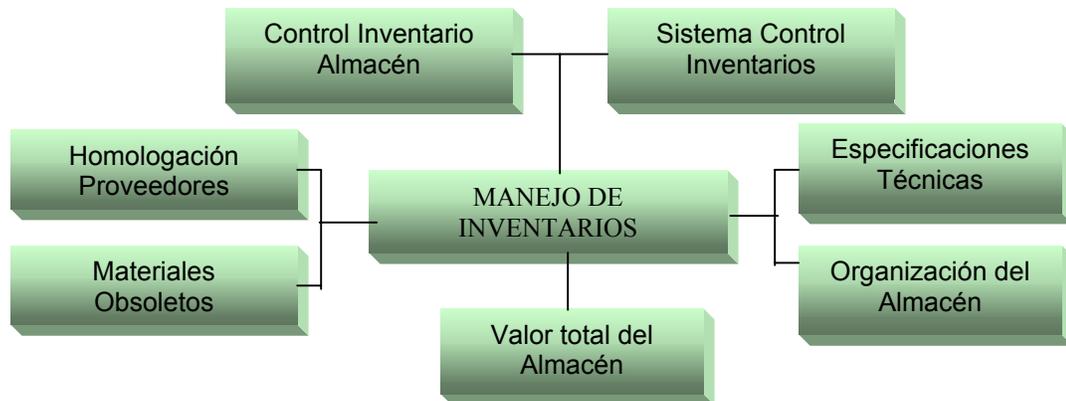
➤ Medidas de eficiencia

El departamento de mantenimiento debe llevar cronológicamente las estadísticas de cumplimiento de trabajos realizados tanto a equipos como a infraestructura. Estas medidas muestran la efectividad del trabajo realizado frente al trabajo programado.

3.3 REPUESTOS DE LOS EQUIPOS Y MANEJO DE INVENTARIOS

Este ítem representa la importancia de mantener y controlar un inventario adecuado para hacer una buena gestión de mantenimiento porque elimina los excesos y defectos de almacén, eliminación de obsoletos, homologación de repuestos y aplica criterios para la selección y compra de elementos para inventario. Figura 13.

Figura 13. Manejo de inventarios



- Control del inventario de almacén

Mantenimiento como área conectora del manejo integral del edificio debe encargarse del almacén; por ello es indispensable contar con un inventario actualizado en el cual se genere preferiblemente en forma automática las listas de repuestos a pedir; los artículos utilizados deben relacionarse con un equipo, área y con un trabajo de mantenimiento; el coordinador de mantenimiento debe realizar acuerdos con proveedores para mantener determinados artículos tratando de implantar un justo a tiempo y por último hacer inventarios periódicamente para corroborar que las cantidades que aparecen en el sistema correspondan a las físicas.

- Sistema de control de inventarios

El área de mantenimiento debe manejar procedimientos para determinar puntos de reorden para máximos y mínimos en los inventarios, procedimiento para solicitar repuestos a almacén y para entrega de repuestos; además de indicadores de gestión para el manejo de inventarios y procedimiento para manejo de urgencias.

- Especificaciones técnicas de repuestos

En cuanto a especificaciones técnicas para pedido de partes y repuestos el área de mantenimiento debe manejar catálogos para solicitar repuestos, manejar fichas técnicas de repuestos como planos y proveedores, además de manejar un procedimiento para solicitar repuestos al departamento de compras.

- Organización del almacén

Las estanterías deben encontrarse identificadas y el almacenista debe manejar procedimientos para organizar los repuestos, por ejemplo si se agrupan por máquina ó por marca y ubicación fácil de los mismos; los repuestos deben encontrarse perfectamente identificados ó codificados y la ubicación de los repuestos debe coincidir con la ficha técnica bien sea programa ó cardes. El almacenista debe identificar los repuestos de mayor rotación y el coordinador manejar los índices de gestión.

- Valor total del almacén

Los inventarios actuales en cada edificio se deben cuantificar en cuanto a su valor y cuantificar el valor de rotación del inventario.

- Materiales y repuestos obsoletos

El almacén es el sitio donde se colocan los elementos que no prestan un servicio útil a los equipos o infraestructura, razón por la cual el departamento de mantenimiento debe manejar procedimientos para disponer de los elementos y materiales obsoletos.

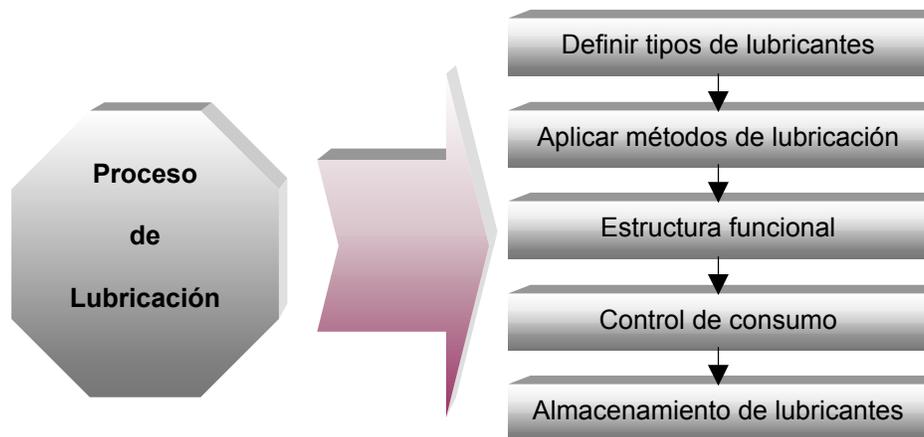
- Homologación de proveedores

En vista que el área de mantenimiento maneja una cantidad considerable de talleres, ferreterías y en general proveedores, el coordinador del área debe manejar procedimientos para homologar proveedores y realizar seguimiento a los mismos en cuanto a costos, tiempo de entrega y calidad de los servicios ejecutados.

3.4 LUBRICACION DE LOS EQUIPOS

La parte de contar con programas de lubricación para las rutinas de mantenimiento y seleccionar los lubricantes a utilizar en los equipos aumenta la vida útil de la maquinaria y crea conciencia de cuidado en los operadores dentro de un mantenimiento autónomo. Ver figura 14.

Figura 14. Proceso de lubricación



✓ Tipos de lubricantes

El departamento de mantenimiento debe homologar el uso de lubricantes de aceites, grasas y aceites especiales. El coordinador del área debe utilizar ayudas visuales para la lubricación y asegurarse que los operadores reciban la capacitación necesaria. El grupo de mantenimiento debe definir la selección de aceites basados en los catálogos de equipos, establecer procedimientos para seleccionar aceites y determinar el responsable para la selección de los mismos.

✓ Métodos aplicados para lubricar

El grupo de mantenimiento debe verificar si los elementos utilizados para lubricar se encuentran en buen estado, identificar los elementos utilizados de acuerdo con el tipo de lubricante, el coordinador del área debe solicitar la carta de lubricación de los equipos a los proveedores si no la tiene y hacerla conocer a las personas involucradas en la rutina de mantenimiento.

✓ Estructura funcional de lubricación

Dentro del programa preventivo implantado por el departamento de mantenimiento se debe especificar los puntos a lubricar, la frecuencia y los elementos a utilizar. En cuanto al control de la lubricación el área de mantenimiento debe realizar auditorias y establecer procedimientos para ello, se deben implantar indicadores de gestión y procedimientos para las rutinas de mantenimiento. El coordinador de mantenimiento debe llevar los registros de problemas causados por falla de lubricación, actuar para solucionar esos inconvenientes y hacer seguimiento a los problemas y soluciones.

✓ Control de consumos

Los lubricantes deben inventariarse y el almacenista tiene que manejar puntos de reorden, el área de mantenimiento debe establecer procedimientos para el manejo de lubricantes usados y responsabilizar a las personas en el manejo de los lubricantes. Se prefiere que el departamento de mantenimiento maneje un mismo proveedor para comprar aceites y utilizar siempre la misma marca de lubricante.

✓ Sistema de almacenamiento de lubricantes

Como los lubricantes son importantes elementos de insumo, éstos se deben almacenar en un área exclusiva para lubricantes, dicha área tiene que estar libre de cualquier tipo de solvente y los recipientes para almacenamiento deben ser específicos para cada tipo de lubricante, la carta de lubricantes tiene que permanecer en el área de lubricación especificando código de color y fabricante.

3.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO

El departamento de mantenimiento debe tener una clasificación y verificar la incidencia en cuanto a tarifas y costos de servicios, diferenciar los costos directos e indirectos con el fin de encontrar el punto ideal entre la cantidad de mantenimiento y su costo. Tabla 8.

➤ Control del presupuesto

El presupuesto de mantenimiento asignado por la empresa debe ser conocido por el coordinador y se debe realizar una proyección anual por parte del área; además se debe llevar controles sobre la ejecución del presupuesto y como se hace. Figura 15.

Tabla 8. Costos de mantenimiento

TIPO DE COSTO	RELACIONADO CON
Directo	Mano de obra directa
	Materiales y repuestos
Indirecto	Paro del servicio
	Baja de eficiencia
	Desperdicios de material
	Mala calidad
	Sanciones por demora en atención
Generales	Supervisión
	Almacén
	Servicio de taller
	Administración

Figura 15. Gestión de costos en presupuesto



➤ Costo de mano de obra

El valor de la mano de obra se debe conocer y tiene que estar discriminado entre propios, contratistas y temporales; el área de mantenimiento debe tener los registros de horas extras y los motivos que las generan, conocer como se autorizan, por que se dan; generar informes sobre el costo de la mano de obra por discriminación del tiempo bien sea mensual, quincenal u otra. El coordinador del área debe conocer cual es el valor total de la mano de obra del negocio y conocer la variación total del valor de la mano de obra en el negocio.

➤ Costo total de mantenimiento

El área de mantenimiento debe llevar los registros sobre el costo de los repuestos que se compran, valorizar el almacén, llevar registros del valor de las mejoras realizadas y realizar informes que muestren la tendencia del costo total de mantenimiento: mano de obra, repuestos e inversiones.

➤ Índice costo de mantenimiento

El costo total de mantenimiento como es mano de obra y repuestos, dividido por el costo del servicio ofrecido como es total de gastos fijos por servicio más el total de gastos fijos variables por servicio, más el total de gastos de la administración; se debe calcular para obtener el índice del costo de mantenimiento.

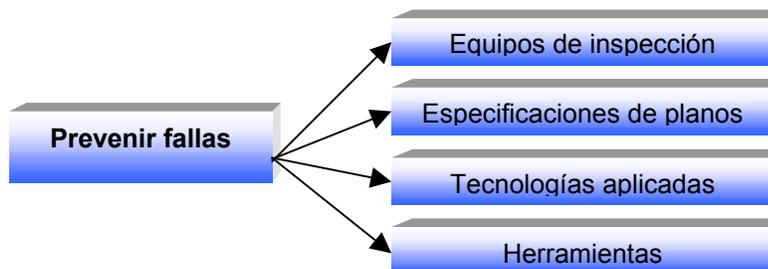
➤ Costos por tipos de mantenimiento

El área de mantenimiento debe tener registros detallados de los costos de mantenimiento y cuantificar estos costos en mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo en cuanto a costos. Se tiene que llevar registros valorizados de las pérdidas cuando los equipos fallan o en emergencia y cuantificar el costo total de las pérdidas como producto ofrecido.

3.6 TECNOLOGIA DE MANTENIMIENTO

Determinar si a un equipo se le realiza inspección para prevenir fallas depende de su grado de confiabilidad y de que tanto se le puede permitir fallar, si éste es considerado crítico y el monitoreo de confiabilidad es menor a un mantenimiento correctivo se deben llevar registros de la información de confiabilidad de las herramientas y equipos utilizados para prevenir fallas. Figura 16.

Figura 16. Tecnología de Mantenimiento



➤ Equipos de inspección utilizados

Las inspecciones a los equipos del edificio considerados críticos se deben realizar periódicamente, conociendo de antemano que tipo de inspección se va a realizar, donde se va a realizar, los equipos utilizados y determinar si la inspección se contrata o es ejecutada por la propia organización. A los equipos involucrados dentro de un programa de mantenimiento se les debe calibrar con elementos adecuados de calibración, estos elementos como calibradores pie de rey, regla métrica, micrómetro u otros, se deben calibrar adecuadamente y deben existir en manera suficiente para los equipos y de acuerdo a la necesidad.

➤ Especificaciones de planos de piezas

A cada equipo se le debe realizar una hoja de vida fidedigna que refleje todos los mantenimientos y adecuaciones realizadas al mismo, así como también los planos de las partes; esta información se debe clasificar adecuadamente y tener copia de seguridad de estos registros.

➤ Tecnologías aplicadas

En el mundo actual se tiene que utilizar la tecnología que nos ofrece el mercado para la detección de fallas de forma no destructiva como son la termografía, análisis de aceites, análisis de vibraciones, dieléctricos en motores, rayos X entre otros; esta tecnología se debe conocer, conocer cual se debe utilizar según la necesidad, llevar registros de control y saber analizar la información de estos ensayos.

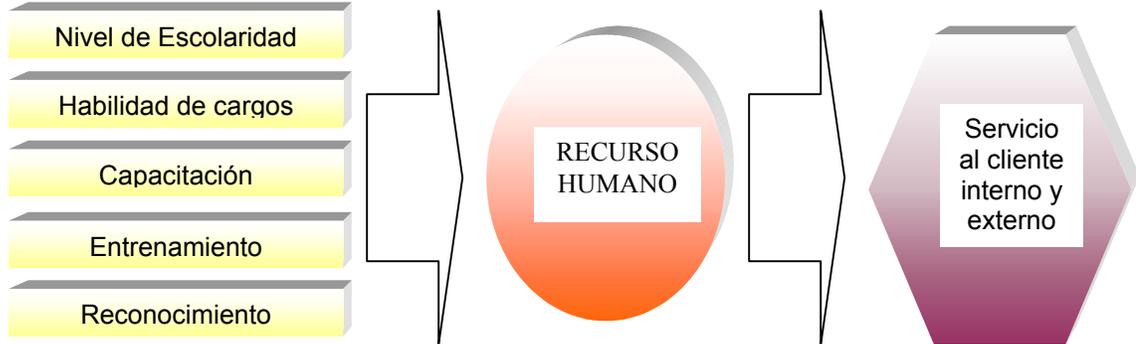
➤ Herramientas metodológicas para análisis de fallas

El coordinador de mantenimiento debe utilizar las herramientas de metodología para analizar las fallas como son 5W1H, análisis FMEA y análisis PM entre otros; y hacerlas conocer a su grupo de trabajo para aplicarlas según la necesidad.

3.7. PERSONAL DE MANTENIMIENTO

Este punto se refiere a las personas que laboran en mantenimiento y la necesidad de realizar programas de capacitación, selección e incentivos con el ánimo de fortalecer un área que pocas veces es tomada en cuenta; se debe crear un grupo fuerte en cada cargo, crear alta autoestima y autoconfianza para generar calidad y eficiencia, hacer de la comunicación una fortaleza y promover la creatividad para demostrar la capacidad y desarrollo que se alcanza. Figura 17.

Figura 17. Potencial Humano



- Nivel de escolaridad

Es importante conocer el nivel de estudio de las personas, ya que éstas realizan informes y exponen ideas que si no son bien transmitidas hace que se demore una buena labor de mantenimiento; estos registros se deben actualizar periódicamente.

- Habilidades de los cargos

En la era que estamos viviendo se requiere que las personas no sean especializadas si no polifuncionales o flexibles, como por ejemplo -electro mecánico. Las actividades se deben realizar con vocación de enseñanza para los que no cubren determinadas áreas de conocimiento y los grupos de trabajo formados deben colaborar con labores de mejoramiento en los equipos y procedimientos. Los perfiles de cada cargo deben encontrarse por escrito y son conocidas por los colaboradores con el fin de evitar que se hagan cosas que no se deben hacer o se dejen de hacer por desconocimiento.

- Necesidades de capacitación

El departamento de mantenimiento debe tener a una persona responsable que determine y evalúe las necesidades de capacitación, las cuales se deben realizar periódicamente. Según la evaluación de desempeño se realiza capacitación y entrenamiento de acuerdo a los objetivos del periodo o del plan anual de actividades. Los tiempos de capacitación deben ser respetados por las demás áreas y deben estar definidos por la empresa. A nivel de programas específicos propios cada empresa es diferente, el área de mantenimiento debe registrar los procedimientos de trabajo que han mejorado los anteriores, numerarlos y tener un plan de mejoras en el tiempo.

- Plan de capacitación y entrenamiento

Las capacitaciones las pueden realizar instructores externos ó internos los cuales deben tener capacidad como formadores, estas capacitaciones se pueden dar en el sitio de trabajo ya que se tienen los elementos y equipos necesarios, se hacen inspecciones visuales y lecciones específicas; las capacitaciones deben estar por escrito en las carteleras del departamento indicando las fechas de terminación y al finalizarlas entregar memorias al personal. La evaluación de la capacitación se debe realizar en la evaluación periódica de desempeño o de forma escrita.

- Programas de reconocimiento

Las buenas ideas que mejoran los procedimientos y/o diseños se deben elogiar, el área de mantenimiento debe manejar programas de reconocimiento dirigido por un comité evaluador y verificar que los colaboradores se encuentren satisfechos con el reconocimiento.

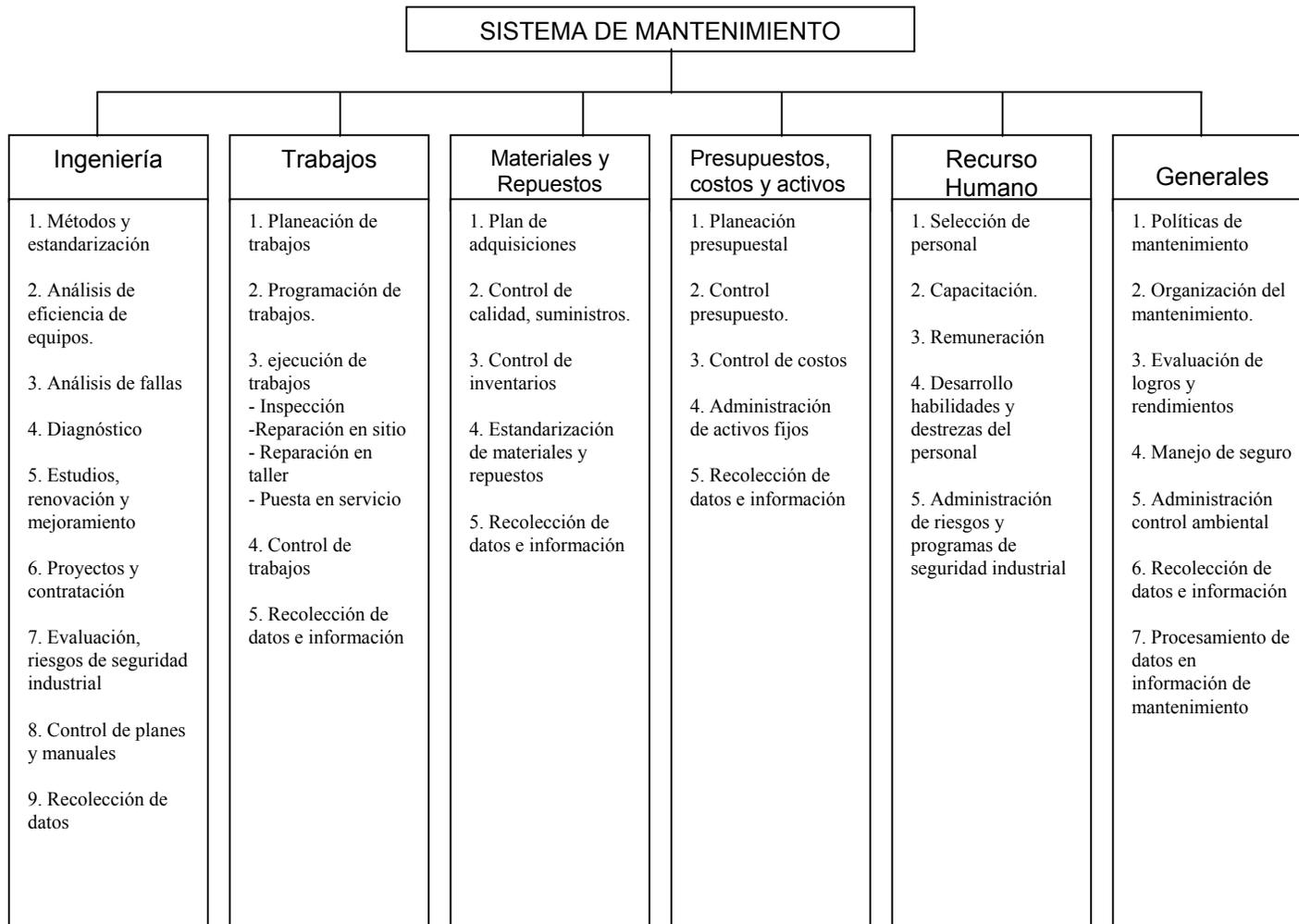
3.8 SISTEMAS DE INFORMACION

Los requerimientos que debe tener un sistema de información en mantenimiento debe involucrar los equipos, actividades básicas con planes de trabajo, información histórica de equipos, planificación y programación de ordenes de trabajo, ejecución y control, mantenimiento preventivo y predictivo, información de costos e interfase con otros sistemas. Figura 18.

- Características de los equipos

Todos los equipos de mantenimiento y servicio deben tener placa de identificación con los principales datos de funcionamiento, debidamente identificados con una codificación inteligente; hoja de vida, tarjetas maestras y diario de máquina donde se registren los mantenimientos realizados.

Figura 18. Procesos en Mantenimiento



- Mantenimiento a equipos auxiliares

No solo a los equipos principales se les debe realizar mantenimiento, para los equipos auxiliares se debe definir un tipo de inspección que puede ser propio o contratado y que contenga un plan de acciones para cada equipo con su correspondiente registro.

- Sistema de mantenimiento

La utilización de un software en el área de mantenimiento es importante para la administración de equipos e infraestructura porque simplifica los procesos y mantiene actualizados los procedimientos. A este software se le debe evaluar su desempeño de acuerdo a la satisfacción de necesidades básicas del sistema de mantenimiento, la capacidad de generar reportes sobre equipos y la efectividad frente a otro software.

- Módulos básicos de mantenimiento

El área de mantenimiento debe manejar documentos de trabajo como ordenes de trabajo, solicitudes de trabajo, cotizaciones, requerimientos, compras, entradas y salidas de almacén para inventarios, registro de equipos, infraestructura, proveedores y contactos en caso de emergencia.

- Reportes de mantenimiento

Así el cuerpo directivo del edificio no solicite reportes de mantenimiento, el coordinador del área está en la obligación de hacer entregas por lo menos cada mes de la gestión realizada en el periodo y publicarlo; además de acuerdo a los índices de gestión se toman los correctivos o se generan los planes de acción basado en los resultados.

- Inventario de repuestos

Se debe realizar un inventario físico periódicamente para corroborar que los valores de existencias del sistema corresponden a la realidad y se deben descargar las ordenes de compra al inventario. Para la compra de repuestos determinar cuales son los niveles de aprobación, realizar por lo menos tres cotizaciones por orden de trabajo y determinar si la orden de compra sirve como soporte para el sistema de facturación. El área de mantenimiento se encuentra en la obligación de publicar los reportes de inventario periódicamente y tomar los correctivos o generar los planes de acción basado en los resultados.

3.9 IMPLEMENTACION DEL MODELO GERENCIAL

El modelo gerencial de mantenimiento está encaminado hacia un mejoramiento continuo, para lo cual se aplica el ciclo Deming de calidad que responde a:

- Planear: ¿Qué hacer, Como hacerlo?
- Hacer: Hacer lo planificado
- Verificar: ¿Sucedio como se planifico?
- Actuar: ¿Cómo mejorar la próxima vez?

Figura 19. Ciclo Deming de Calidad



Para la implementación del modelo gerencial se debe tener en cuenta el mapa de procesos que se muestra en la Figura 20 y la interrelación de procesos de la figura 21; los cuales intervienen en mantenimiento para la prestación del servicio y que relaciona los puntos de análisis del modelo gerencial que son:

- ❖ Función básica y planeación estratégica de mantenimiento.
- ❖ Planeación y programación de mantenimiento.
- ❖ Repuestos de los equipos, manejo e inventarios.
- ❖ Lubricación de equipos.
- ❖ Costos de mantenimiento.
- ❖ Tecnología de mantenimiento, aplicabilidad y efectividad.
- ❖ Personal de mantenimiento.
- ❖ Equipos de mantenimiento

Figura 20. Mapa de procesos de mantenimiento

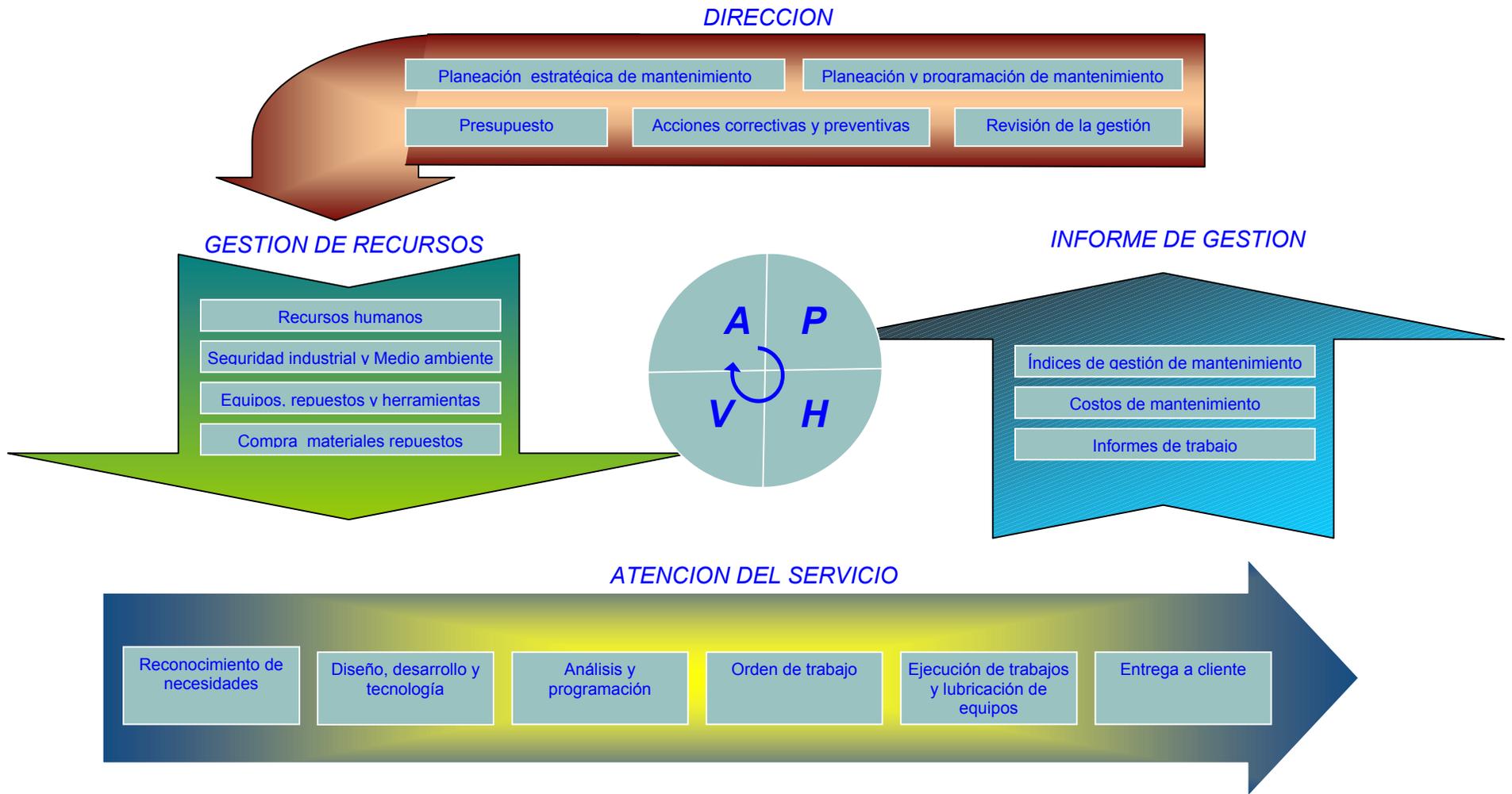
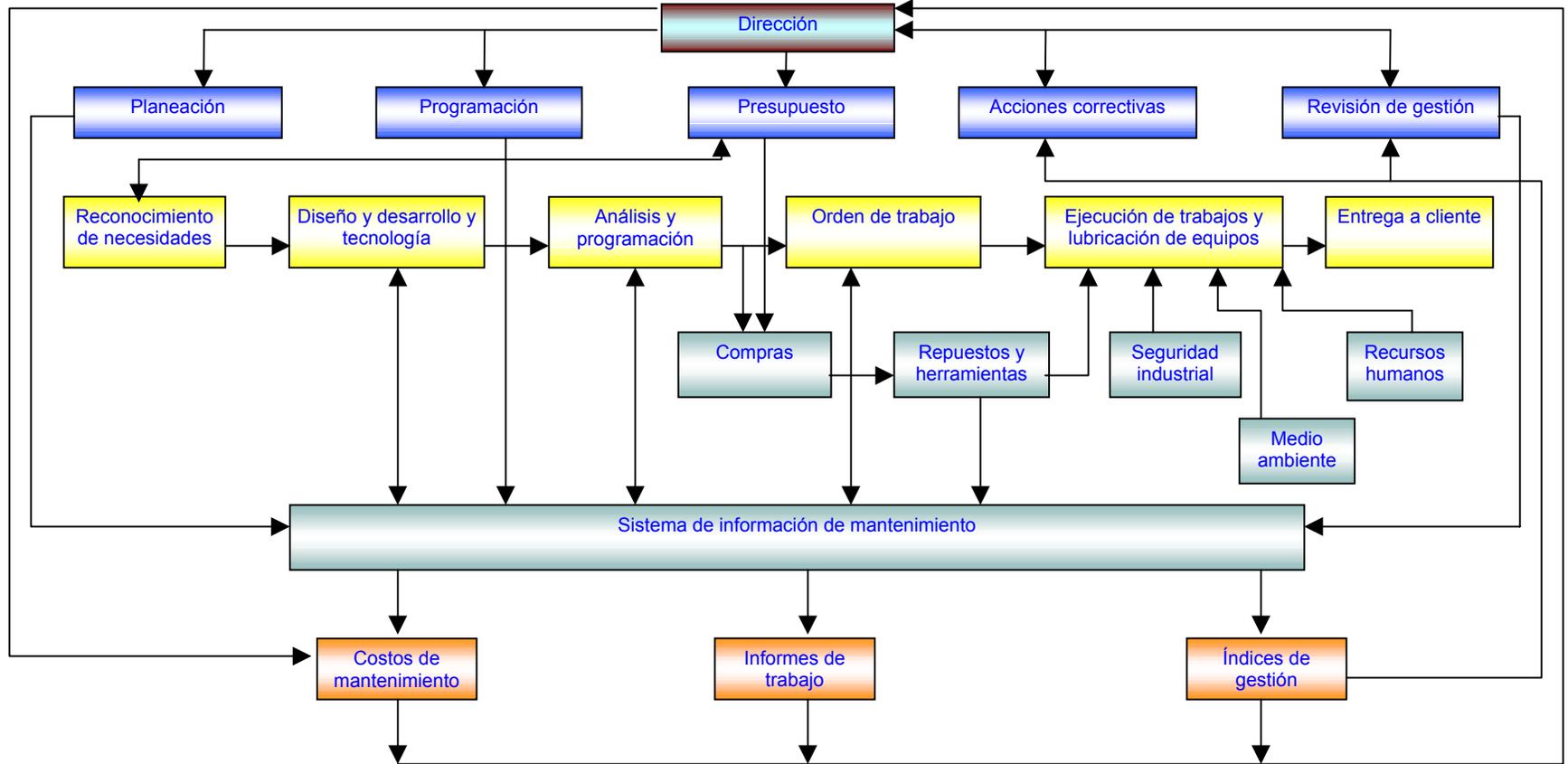


Figura 21. Interrelación de procesos en mantenimiento



4. SISTEMAS DE INFORMACION APLICADO AL MODELO GERENCIAL

Las etapas y procedimientos que se realizan al implantar un programa de mantenimiento deben estar encaminadas hacia un mejoramiento continuo con miras a seguir lineamientos de calidad, por ello se debe seguir el ciclo Deming de planear, hacer, verificar y actuar. Como esta monografía pretende dar lineamientos de gerencia en mantenimiento, el área debe utilizar las herramientas para análisis en cada una de las etapas según la conveniencia utilizando los métodos de análisis:

- ❖ Método QFD: Despliegue de objetivos y matriz de pérdidas en etapa de planear.
- ❖ Análisis PM con método 5W 1H, diagrama causa-efecto, diagramas de paretto, espina de pescado en la etapa de hacer y verificar.
- ❖ Plan maestro en la etapa de planeación.

Los indicadores de gestión¹² utilizados para el análisis son disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, los cuales se utilizan luego de realizar el criterio de criticidad.

4.1 ANALISIS DE CRITICIDAD

El presente proyecto parte de la necesidad de crear planes de mantenimiento a equipos e infraestructura, para lo cual se requiere determinar los criterios bajo los cuales se seleccionan los equipos considerados críticos; para ello se utilizan las bases del Mantenimiento centrado en Confiabilidad (RCM) para criticidad.

Los criterios de selección¹³ se toman de acuerdo a:

- Sistemas con alto contenido de tareas o alto costo.
- Sistemas con mucho mantenimiento correctivo y alto costo.
- Combinación de las dos anteriores.
- Sistemas con contribución a salidas totales o parciales de producción.
- Sistemas altamente relacionados con aspectos de la seguridad ambiental.
- Sistemas altamente relacionados con aspectos de la seguridad personal.

¹² González Bohorquez Carlos Ramón, Principios de mantenimiento, pág 92

¹³ ORTIZ, Germán. CD Mantenimiento centrado en confiabilidad. MCC 3, pág 4, Bogotá 2003

La tabla 9 para análisis de criticidad muestra los diferentes criterios para evaluación de equipos con su respectiva calificación y la tabla 10 los resultados de criticidad.

Tabla 9. Análisis de criticidad¹⁴

FACTORES	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE
<u>OCURRENCIA</u>	1 en una semana	4
	1 en un mes	3
	1 en seis meses	2
	1 en un año	1
<u>FALLAS OCULTAS:</u>	No existe fallas ocultas que puedan ocasionar fallas múltiples	0
	Existen fallas ocultas que pueden ocasionar algunas fallas múltiples	1
	Existen fallas ocultas que pueden ocasionar fallas múltiples	2
	Existen fallas ocultas que pueden ocasionar varias fallas múltiples	3
	Existen fallas ocultas que pueden ocasionar fallas múltiples ó perdida total del equipo.	4
<u>SEGURIDAD FISICA</u>	No se afecta la seguridad física, Ningún impacto sobre personas.	0
	Primeros auxilios o menos.	1
	Una o varias lesiones de poca importancia (registrables) a varias personas.	2
	Una o múltiples lesiones no permanentes (DAFWC) a varias personas.	3
	Múltiples lesiones permanentes a personas dentro del sitio de trabajo.	4
<u>MEDIO AMBIENTE</u>	No se afecta el medio ambiente	0
	Sin impacto alguno fuera del sitio de trabajo. Daños de menor importancia/limpieza rápida	1
	Ningún impacto a largo plazo fuera de los límites de la instalación. Daños prolongados dentro del sitio de trabajo	2
	Impacto sobre el vecindario inmediato fuera de los límites de la instalación. Daños a largo plazo que afectan una superficie limitada fuera del sitio de trabajo	3
	Impacto a gran distancia fuera de los límites de la instalación. Daños a largo plazo que afectan una extensa superficie	4
<u>IMAGEN CORPORATIVA</u>	No es trascendente	0
	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con explicaciones directas	1
	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor inferior a \$1.000.000	2
	La falla afecta la credibilidad de los clientes pero es reversible con campañas con un valor mayor de \$1.000.000 e inferior a \$10.000.000	3
	La falla afecta la credibilidad de los clientes, es reversible con campañas mayores a \$10.000.000	4
<u>COSTOS DE REPARACION Y PRODUCCION</u>	Costos de reparación hasta \$700.000	0
	Costos de reparación hasta \$2.800.000	1
	Costos de reparación hasta \$14.000.000	2
	Costos de reparación hasta \$70.000.000	3
	Costos de reparación hasta \$280.000.000	4
<u>IMPACTO OPERACIONAL</u>	No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y servicio al cliente	1
	Impacta en niveles de calidad del servicio al cliente, inventarios y calidad	2
	Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	3
	Perdida total del servicio	4

Tabla 10. Matriz de riesgo para equipos de la Torre Colpatria

ESTUDIO # 1, FECHA: Diciembre 3 de		Coeficientes de direccionamiento	
------------------------------------	--	----------------------------------	--

¹⁴ ORTIZ, Germán. CD Mantenimiento centrado en confiabilidad. MCC 4, pág 33-49, Bogotá 2003

2003										
SISTEMA:	Equipos varios	Kf	Ks	Kma	Kic	Kor	Koc			
LUGAR:	Edificio Colpatria	0,1	0,2	0,05	0,25	0,2	0,2	Σ		1,00
NS	Nombre del sistema	O	Fo	Sf	Ma	Ic	Or	Oc	S	R=Ox S
1	Acceso vehicular	3	1	0	0	2	1	3	1,4	4,2
2	Ascensores	4	2	1	1	4	3	4	2,85	11,4
3	Bombas de agua	3	2	1	1	4	2	4	2,65	7,95
4	Computadores	3	0	0	0	1	1	3	1,05	3,15
5	Elevador de carga	3	1	0	1	3	2	3	1,9	5,7
6	Máquina limpiavidrios	2	2	4	1	2	2	3	2,55	5,1
7	Planta eléctrica	2	2	2	1	4	3	4	3,05	6,1
8	Radios de comunicación	3	0	0	0	3	1	3	1,55	4,65
9	Transformadores	1	3	4	1	4	4	4	3,75	3,75
10	Sistema de extracción de aire	3	2	1	0	3	3	3	2,35	7,05
11	Luces del mirador	3	2	1	1	4	2	4	2,65	7,95

Nomenclatura:

NS: Numeración para equipos

O: Ocurrencia

Fo: Fallas Ocultas

Sf: Seguridad Física

Ma: Medio Ambiente

Ic: Imagen Corporativa

Or: Costos de reparación y producción

Oc: Impacto Operacional

S: Severidad

R: Riesgo

El resultado de los índices evaluados en la Tabla 10 de acuerdo a la numeración de equipos dado en la misma tabla se presentan en la figura 22 de evaluación de riesgo.

4.1.1 Disponibilidad

Es el tiempo total durante el cual el equipo esta operando satisfactoriamente, más el tiempo que estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un periodo; en términos matemáticos se define mediante el índice de disponibilidad como la probabilidad que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un periodo de tiempo dado. Los parámetros están dados en la tabla 11. Los datos obtenidos para los equipos considerados críticos en cuanto a disponibilidad se encuentran en la tabla 12.

Figura 22. Evaluación de la matriz de riesgo¹⁵

O C U R R E N C I A	4							Zona de riesgo alto
	3	9	6, 7	10	2			Zona de riesgo medio
	2		4	3, 5				Zona de riesgo bajo
	1			8	1			
		1	2	3	4			S E V E R I D A D

Tabla 11. Parámetros de la disponibilidad¹⁶

Parámetro	Significado	Ecuación
TBD	Tiempo bruto disponible	
TPP	Tiempo de paradas programadas	
TOP	Tiempo de operación programado	$TOP = TBD - TPP$
TFS	Tiempo fuera de servicio por paradas no programadas	
TEO	Tiempo del equipo en operación	$TEO = TOP - TFS$
TEA	Tiempo que el equipo está apagado pero listo para operar	$TEA = TBD - TEO - TFS$
TDE	Tiempo disponible del equipo	$TDE = TBD - TFS$
NO	Número de veces que el equipo estuvo operando	
NP	Número de veces que el equipo estuvo en paradas no programadas	
TPEF	Tiempo promedio entre fallas	$TPEF = \frac{NO}{\sum_{1}^{NO} TEO}$
TPRR	Tiempo promedio para reparar	$TPPR = \frac{NO}{\sum_{1}^{NO} TFS}$
ID	<i>Índice de disponibilidad</i>	$ID = \frac{TOP - TFS}{TOP}$

¹⁵ ORTIZ, Germán. CD Mantenimiento centrado en confiabilidad. MCC 4, pág 50, Bogotá 2003

¹⁶ González Bohorquez Carlos Ramón, Principios de mantenimiento, pág 94

Tabla 12. Disponibilidad de equipo crítico en la Torre Colpatria

Parámetros	DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS											
	TBD (Hr x Mes)	TPP (Hr x Sem)	TOP (Hr x Sem)	TFS (Hr x Sem)	TEO (Hr x Sem)	TEA (Hr x Sem)	TDE (Hr x sem)	NO (#arranques)	NP	TPEF	TPPR	ID
Acceso vehicular	76	2	74	0,5	73,5	2	75,5	1	2	73,5	0,25	0,9966
Ascensores	76	2	74	2,5	71,5	2	73,5	5	5	14,3	0,5	0,9662
Bombas de agua	168	4	164	2	162	4	166	1	1	162	2	0,9878
Computadores	40	2	38	0,5	37,5	2	39,5	1	1	37,5	0,5	0,9868
Elevador de carga	30	5	25	0,1	24,9	5	29,9	1	1	24,9	0,1	0,996
Máquina limpiavidrios	30	4	26	0,1	25,9	4	29,9	1	1	25,9	0,1	0,9962
Planta eléctrica	168	4	164	0	164	4	168	1	1	164	0	1
Radios de comunicación	40	1	39	0,5	38,5	1	39,5	2	2	19,25	0,25	0,9872
Transformadores	168	0,5	167,5	0	167,5	0,5	168	1	1	167,5	0	1
Sistema de extracción de aire	48	3	45	2	43	3	46	1	1	43	2	0,9556
<i>Luces del mirador</i>	<i>60</i>	<i>4</i>	<i>54</i>	<i>2</i>	<i>52</i>	<i>4</i>	<i>58</i>	<i>7</i>	<i>1</i>	<i>7.5</i>	<i>2</i>	<i>0,96</i>

4.1.2 Confiabilidad

Es la probabilidad que un equipo no falle en servicio durante un periodo de tiempo dado. El tiempo promedio entre fallas (TPEF) es un indicativo de la confiabilidad; entre más alto sea su valor, mayor es la confiabilidad. El índice de confiabilidad se calcula con la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

La base para el índice de confiabilidad tomado para el análisis es 100 y el valor se expresa en porcentaje, los valores asignados se tomaron de la tabla 13.

Tabla 13. Factores de confiabilidad¹⁷

FACTOR INFLUYENTE	PORCENTAJE
Inspección visual	40
Pruebas y mediciones	30
Edad actual	10
Ambiente	10
Ciclo de trabajo	10
TOTAL	100%

Las inspecciones a los equipos fueron realizadas por el ingeniero y técnicos de mantenimiento teniendo en cuenta la experiencia sobre el equipo, recomendaciones del fabricante, edad del equipo, criticidad y reportes de inspección; los reconocimientos se realizaron con equipos bajo carga y algunos con equipo fuera de servicio. Los datos obtenidos se encuentran en la tabla 14.

Tabla 14. Valores de confiabilidad

Equipos	Confiabilidad %
Acceso vehicular	90%
Ascensores	85
Bombas de agua	86%
Computadores	91%
Elevador de carga	89%
Máquina limpiavidrios	87%
Planta eléctrica	92%
Radios de comunicación	85%
Transformadores	86%
Sistema de extracción de aire	85%
Lámparas de mirador	80%
Detector de explosivos	89%

¹⁷ González Bohorquez Carlos Ramón, Principios de mantenimiento, pág 98

4.1.3 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos preestablecidos. Significa también la probabilidad de que un equipo que ha fallado, pueda ser reparado en un periodo de tiempo dado, este tiempo es TPPR.

$$TPPR = \frac{\sum_{i=1}^{NO} TFS_i}{NP}$$

Los resultados de mantenibilidad para los equipos considerados críticos se encuentran en la tabla 15.

Tabla 15. Valores de mantenibilidad para equipos

Equipos	TFS (Hr x Sem)	NP	TPPR
Acceso vehicular	0,5	2	0,25
Ascensores	2,5	5	0,5
Bombas de agua	2	1	2
Computadores	0,5	1	0,5
Elevador de carga	0,1	1	0,1
Máquina limpiavidrios	0,1	1	0,1
Planta eléctrica	0	1	0
Radios de comunicación	0,5	2	0,25
Transformadores	0	1	0
Sistema de extracción de aire	2	1	2

4.2 INSPECCIONES DE RUTINA

Las inspecciones a través de listas de chequeo pueden dar origen a las siguientes medidas del mantenimiento preventivo:

- a- Pequeñas fallas y ajustes.
- b- Ordenes de trabajo para reparaciones
- c- Alerta ante peligro de paro inminente.

La condición ideal para realizar el sistema de inspecciones es no afectar el flujo normal del servicio, pero si se necesita detener el trabajo se debe incluir en la programación y hasta donde sea posible aprovechar las horas o días no laborables.

La inspección de rutina quedará establecida por una lista de chequeo donde debe cumplirse una secuencia de verificaciones. El sistema L.E.M. es un programa de mantenimiento preventivo en el cual las actividades del mantenimiento están agrupadas en tres especialidades, tienen un tratamiento específico y se prestan más para la sistematización.

- L: Actividades de lubricación
- E: Actividades eléctricas
- M: Actividades mecánicas

4.2.1 Actividades de Lubricación

Los mecanismos que componen un equipo necesitan lubricación, es necesario codificar y estandarizar estas actividades para su manejo, el primer paso es hacer una lista de los lubricantes requeridos según recomendación de los fabricantes, luego se codifican aceites y grasas por medio de colores y figuras geométricas. Los lubricantes requeridos, así como su codificación se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Codificación de lubricantes¹⁸

TIPO DE LUBRICANTE	NOMBRE	FIGURA	MARCA	COLOR
GRASA (GR)	GRASA CODIGO NARANJA		SHELL BALINA	NARANJA
ACEITE (AC)	ACEITE CODIGO VERDE BLANCO		SHELL TELLUS 68	VERDE / BLANCO

Para indicar el tipo de lubricante en equipos, se coloca una plaqueta en un lugar muy cercano al punto de aplicación con figuras y colores de acuerdo al lubricante que se requiera. Al mismo tiempo, deben estar marcados los elementos requeridos para la aplicación como graseras y aceiteras. No se deben citar lubricantes por nombres, porque a menudo están en inglés y pueden ser cambiados por la casa fabricante.

El lubricante y el modo de aplicación se muestra en la tarjeta maestra de cada equipo, además de la periodicidad de la lubricación que se codifica en la tabla 17.

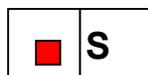
¹⁸ Fuente : Carvajal, División Metalmecánica.

Tabla 17. Codificación de la periodicidad en la lubricación¹⁹

PERIODO	Semanal	Mensual	Trimestral	Semestral
CODIGO	S	M	T	SM

Con base a la tabla 16 se especificará en el equipo, la frecuencia de cambio del lubricante, a manera de ejemplo se muestra en la figura 23 la forma como debe ir consignada en la máquina la codificación de lubricantes.

Figura 23. Codificación de lubricantes en la máquina



Así el lubricador puede, sin referirse a textos o planos saber inmediatamente:

- Lubricantes que requiere la máquina.
- Lugar de aplicación.
- La periodicidad de la lubricación.

Para el abastecimiento, manejo y aplicación de los lubricantes, hay que instruir claramente al almacenista y operarios para que respeten los códigos establecidos. El almacén solo debe suministrar el lubricante que indique el recipiente marcado del operario. Se deben mantener marcados correctamente los puntos de aplicación.

4.2.2 Actividades mecánicas

La cantidad de actividades mecánicas es alta ya que sus elementos sufren desgaste por fricción, por muy buena que sea la lubricación. Las actividades a realizar son propias para cada equipo y deben encontrarse registradas en la tarjeta maestra del equipo dentro del programa de mantenimiento preventivo.

4.2.3 Actividades eléctricas

El equipo eléctrico puede ser dañado con facilidad por las condiciones y ambiente del trabajo. El agua, el polvo, la humedad, los ambientes corrosivos, vibraciones, etc., pueden afectar el funcionamiento y la duración de los equipos eléctricos y deben ser atendidos periódicamente. Las instrucciones deben incluir las siguientes reglas:

- Mantener la limpieza.
- Mantener secos los aparatos eléctricos.

¹⁹ Manual de Mantenimiento. Bogotá. S.E.N.A - Fedemétal. 1991.pág. 47.

- Mantener el equipo eléctrico hermético y ajustado.

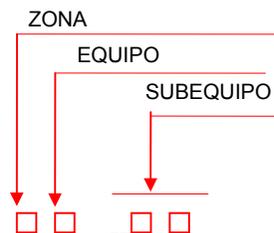
Las actividades programadas para realizar en cada equipo son el resultado de una minuciosa investigación del mismo, de sus componentes y operación. Lo anterior se complementa con las recomendaciones del fabricante.

Para el buen funcionamiento de un sistema de mantenimiento preventivo L.E.M, tiene importancia la existencia de tarjetas maestras con toda la información que permita al programador hacer un listado de las actividades que el equipo necesita mediante la utilización del Wind Project.

4.3 CODIFICACION DE EQUIPO Y REPUESTOS

El esquema de codificación de equipo²⁰ es fundamental para comenzar a organizar, por ello es necesario generar una infraestructura de códigos funcional y compatible con los requerimientos del programa de mantenimiento, figura 24.

Figura 24. Código de equipo

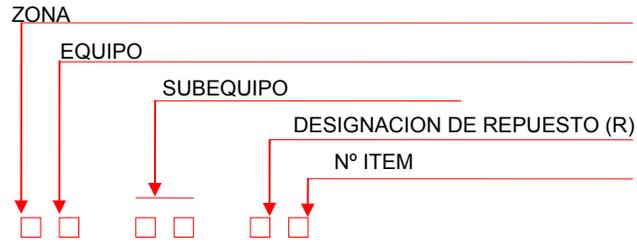


La codificación de los repuestos²¹ se muestra en la figura 25 donde la primer casilla corresponde a la zona, la segunda indica el consecutivo del equipo, la tercera y cuarta casilla corresponde a la numeración del subequipo si lo hay, la quinta muestra la letra R de repuesto, y la sexta casilla el consecutivo del repuesto en la máquina.

²⁰ IX Jornadas nacionales de ingeniería de mantenimiento, división industrial de ingenio Riopaila S.A. pág. 44.

²¹ IX Jornadas nacionales de ingeniería de mantenimiento, división industrial de ingenio Riopaila S.A. pág. 45.

Figura 25. Código de repuestos



Un ejemplo de codificación se muestra en la tabla 18 y 19 para equipo y repuestos.

Tabla 18. Codificación de equipo

ZONA	MAQUINA	CODIGO
ACCESO PARQUEADERO		V
	Acceso Vehicular	V1
ASCENSORES		A
	Ascensor piso 1 al 9	A1
	Motor	A1-01
	Generador	A1-02
BOMBAS DE AGUA		B
	Bomba de agua de alta presión	B1
	Motor	B1-01
	Columna	B1-02
TRANSFORMADORES		T
	Transformador 800 KVA	T1
SISTEMA AIRE		E
	Extracción de aire	E1

Tabla 19. Codificación de repuestos

ZONA	REPUESTO	DESCRIPCION	CODIGO
BOMBAS DE AGUA			B
	(2) Acople del eje	Acero, diámetro 30 mm, longitud 1.5m	B1-02-R1
ELEVADOR			D
	(2) Finales de carrera	Telemecanique ZOR-67	D1-R1
PLANTA ELECTRICA			P
	(2) Filtro de combustible	BF 95, Drant	P1-R3
TRANSFORMADORES			T
	(6) Fusibles transformador de 800 Kw	LQY95	T1-R1

4.4 CAPACITACION

La capacitación es una inversión para la empresa y un incentivo para el trabajador y se debe tener en cuenta aquella persona que demuestre interés en sus actividades de labor diarias, que se encuentre compenetrado hacia el programa de mantenimiento y tenga deseos de superación.

La administración determinará el momento en el cual esta persona comience su curso; a nivel inmediato puede comenzar en el Servicio Nacional de Aprendizaje S.E.N.A., para lo cual la empresa deberá remitir una carta de presentación a dicha institución con el nombre del trabajador. Algunos cursos prácticos para los colaboradores son:

- Cerrajería.
- Mantenimiento Industrial.
- Soldadura.

La capacitación interna será dada por el ingeniero a todos los trabajadores; debido a la poca escolaridad que tiene la mayoría del personal, las primeras reuniones serán para hablar sobre el comportamiento y trato que debe haber entre compañeros de trabajo y demás personas en la empresa. Pasada esta etapa, se capacitará al trabajador para que opere correctamente el equipo con el cual trabaja.

4.5 DOCUMENTOS DE TRABAJO

La información en el departamento de mantenimiento se debe procesar de una manera ordenada; para ello es necesario contar con una documentación bien organizada con el fin de obtener una labor eficiente. Estos documentos son el resultado de un proceso de corrección continua, en donde se realizan ajustes de acuerdo con las variaciones que se presentan en el departamento. Se debe buscar la simplificación de los informes y la especificación de los mismos.

Los documentos de trabajo se pueden clasificar en dos tipos:

- De proceso o ejecución: se generan diariamente o en intervalos de tiempo muy cortos, la información contenida en ellos se archiva durante un periodo de tiempo prudencial y luego se desecha. Ejemplo de este tipo de documento es la orden de trabajo.
- Acumulativos: solo se elaboran una vez y posteriormente se les hace modificaciones, dentro de estos encontramos la tarjeta maestra.

Se plantea la necesidad de almacenar los documentos de trabajo en un computador para evitar la acumulación de archivos que fomentan desorden y

ocupan espacio; además mediante la sistematización se obtiene facilidad de encontrar y guardar la información.

4.5.1 Tarjeta maestra²²

Una tarjeta maestra incluye toda la información de la máquina y las actividades por realizar en ella; a continuación se explica su contenido:

- Máquina: definida por su nombre, marca, modelo, número de serie, fabricante, capacidad, valor y todos los datos que sean de interés.
- Elementos de la máquina: se describen elementos como reductores de velocidad, motores y bombas con su respectiva codificación y demás datos necesarios para el mantenimiento.
- Actividades por realizar: consultando proveedores y personal con experiencia en reparaciones se debe realizar un listado de actividades necesarias para realizar el mantenimiento preventivo, estas se colocan al final de la tarjeta maestra separándolas en lubricación, electricidad y mecánica; para cada actividad se especifica el tiempo de duración, la periodicidad con que se debe ejecutar y el código en el manual de procedimientos. El formato de tarjeta maestra usado para la planta se muestra en la tabla 20.

4.5.2 Hoja de vida

Es un compendio de toda la historia de intervenciones de mantenimiento efectuadas sobre la máquina desde el momento de su instalación ó en nuestro caso desde el momento de la implantación del programa. El formato se encuentra en la tabla 21.

4.5.3 Ordenes de trabajo

Son peticiones escritas de servicios a cumplir por el departamento de mantenimiento, estableciendo la información necesaria para la realización de tareas específicas; proporciona datos sobre materiales, repuestos, mano de obra, tiempo y costos permitiendo la programación del trabajo de mantenimiento pendiente.

²² FEDEMÉTAL, Manual de mantenimiento, Divulgación tecnológica, Pág. 35, Bogotá, 1991

Tabla 20. Tarjeta maestra

<p align="center">NOMBRE EMPRESA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO TARJETA MAESTRA</p>							N°
DESCRIPCION				SERVICIOS			
EQUIPO:				AIRE			
MARCA:				PRESION (Pa):			
MODELO:				CAUDAL (m ³ /seg):			
CAPACIDAD DE TRABAJO:				ELECTRICIDAD			
SERIE:				VOLTAJE (V):			
CODIGO:				AMPERAJE (AMP):			
				POTENCIA (Kw) :			
AÑO DE COMPRA :				AGUA			
CONTRATISTA				PRESION (Pa):			
NOMBRE							
TELEFONO							
COSTO \$				CAUDAL (m ³ /seg):			
PRECIO DE COMPRA:				CARACTERISTICAS			
INSTALACION:				PESO (Kg) :			
TOTAL:				ALTURA (m):			
SUBEQUPO							
ACTIVIDADES POR REALIZAR							
ELECTRICIDAD							
CÓDIGO	KW	R.P.M	SERIE	AMP	MARCA	MODELO	
ACTIVIDADES POR REALIZAR							
LUBRICACION							
Parte a lubricar	Método	Lubricante	Tiempo (hr)	Frecuencia	Nota L		
ELECTRICIDAD							
Revisar	Tiempo (hr)	Frecuencia	Nota E				
MECANICA							
Cambio	Tiempo (hr)	Frecuencia	Nota M				

Tabla 21. Hoja de vida

<p align="center">NOMBRE DE LA EMPRESA DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO HOJA DE VIDA</p>								
LINEA DE ALTA PRESION				Bomba		Sistema contraincendio		
NOMBRE: Bomba de alta presión				MARCA: Floway Serial: 74-1734-61		Size: 6	Type: LKM N°: 1	
Stage: 13	GPM: 100	HP: 25	Presión: 310 psi	RPM: 3530	HD: 590 ft	Floway Pump Inc PO bbx 164, Fresno California		
Código:								
ESTADO GENERAL Y OBSERVACIONES AL INICIAR LA HOJA DE VIDA Esta hoja de vida se empieza a diligenciar desde el 23 de Diciembre de 2003 Eje de bowl assembly: 1,53 x 1,23 dos roscas Fecha de compra: Noviembre de 1974 Costo: US\$ 2.755								
FECHA	DESCRIPCION DE LA FALLA			RESPONSABLE	TIEMPO INTERVENCION	TIPO MTTO	MATERIAL UTILIZADO	COSTO REPUESTO
LINEA DE ALTA PRESION				Motor		Sistema contraincendio		
NOMBRE: Motor de bomba alta presión				MARCA: General Electric		MODELO: 5K6238XH2B		
HP: 40	F.S.: 1,15	Type: K	Código: G	Frame: B2867P12	Desig class Nema: B	Serie: MKJ1211358		
Volt: 230/460	Ciclo:60		Phase: 3	FL Amp: 94.8 / 47.4	FL Speed: 3535	San jose California, USA		
C rise cont: 60	Upper brg cat: 903493PO11	Lower brg cat: 629A310AEP001		NP: 226323				
ESTADO GENERAL Y OBSERVACIONES AL INICIAR LA HOJA DE VIDA Esta hoja de vida se empieza a diligenciar desde el 23 de Diciembre de 2003 Conexiones para voltaje								
FECHA	DESCRIPCION DE LA FALLA			RESPONSABLE	TIEMPO INTERVENCION	TIPO MTTO	MATERIAL UTILIZADO	COSTO REPUESTO

El programador de mantenimiento revisa las actividades por realizar para la semana siguiente por medio de la programación en el software Wind Project, redacta las órdenes de trabajo de mantenimiento correspondientes y anota en cada una de ellas el día y la hora en que pueden efectuarse, luego recibe del personal de mantenimiento las órdenes ejecutadas durante esa semana, analiza de ellas las observaciones y si hay fallas, elabora órdenes de trabajo para su corrección. Tabla 22.

Tabla 22. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO		NOMBRE EMPRESA	
FECHA INICIACION	FECHA TERMINACION	TIPO DE MANTENIMIENTO	N°
FIRMA DEL SOLICITANTE	FIRMA DE APROBACION	CODIGO	TIPO DE SOLICITUD NORMAL URGENTE
DESCRIPCION DE LA MAQUINA Ó AREA			
MOTIVO DE LA SOLICITUD Y NOTAS DEL SOLICITANTE			TRABAJO A REALIZARSE EN SERVICIO PARADA NORMAL
NOTAS DEL INGENIERO DE PLANTA			
SECUENCIA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR			
HERRAMIENTA Y MATERIALES A UTILIZAR		REPUESTOS A UTILIZAR	
CANT	NOMBRE	CANT	NOMBRE
TIEMPO CALCULADO	TIEMPO REAL	EJECUTADO POR	COSTOS TOTALES

4.5.4 Solicitud de herramientas

Con la orden de trabajo elaborada, el ejecutante de mantenimiento decide que herramientas necesita y llena un formato para presentarlo al almacén; de esta manera, el almacenista entrega la herramienta descrita, que a partir de ese momento corre a cargo del mecánico. Una vez realizado el trabajo y devuelta la herramienta, el almacenista anula la solicitud con un sello que dice “Herramienta devuelta”. El formato a utilizar en el almacén de mantenimiento se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Solicitud de herramientas

NOMBRE DE LA EMPRESA			
SOLICITUD DE HERRAMIENTAS			
Nº	CODIGO DEL EQUIPO	SOLICITADO POR	FECHA
CANTIDAD	DESCRIPCION		
NOTA : ESTA HERRAMIENTA CORRE A SU CARGO HASTA QUE LA DEVUELVA. SI LA PIERDE, SE LE CARGARA A SU CUENTA.			
FIRMA DEL OPERARIO:		FIRMA DEL ALMACENISTA	

4.5.5 Solicitud de repuestos

Cuando es necesario el cambio de piezas en una máquina, el ejecutante de mantenimiento llena esta solicitud, anota el sitio de trabajo, la fecha de solicitud, descripción, referencia del repuesto y la cantidad: luego presenta el formato al almacenista y éste entrega el repuesto si lo tiene en existencia. Una muestra de este formato se indica en la tabla 24.

Tabla 24. Solicitud de repuestos

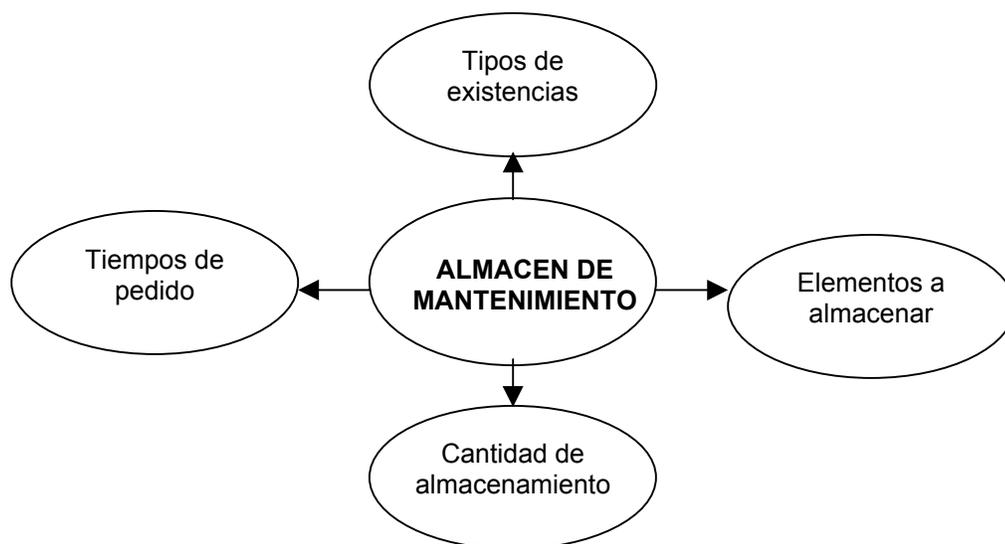
NOMBRE DE LA EMPRESA			
SOLICITUD DE REPUESTOS			
Nº	CODIGO DEL EQUIPO	SOLICITADO POR	FECHA
CANTIDAD	DESCRIPCION	REFERENCIA	VALOR
FIRMA DEL ALMACENISTA		FIRMA DEL SUPERVISOR	

4.6 ALMACEN DE MANTENIMIENTO

Para que el programa de mantenimiento logre sus objetivos, se debe contar con un almacén que posea las cantidades, equipos y piezas claves, para ser utilizados en un momento dado, garantizando una adecuada prestación del servicio.

Existen dos métodos para organizar un almacén de mantenimiento: el centralizado y el descentralizado. Para seleccionar una alternativa, se debe considerar la facilidad para establecer procedimientos de control y los requerimientos del mantenimiento; la figura 26 muestra los requerimientos que se deben tener en cuenta al organizar el almacén.

Figura 26. Organización del almacén



En el sector edificios se prefiere un almacén centralizado porque se ubica en un sitio adecuado todos los elementos y herramientas necesarias para el mantenimiento. Las ventajas son:

- Evita existencias repetidas.
- Disminución en el personal que maneja el almacén.
- Reducción de pérdidas.
- Manejo más confiable de los costos.
- Uso eficiente del espacio.

4.6.1 Tipos de existencias

- Fungibles. Son aquellos materiales de mantenimiento que cuando salen del almacén no regresan a él. Este grupo se subdivide en dos:
 - Repuestos específicos: son piezas que almacenadas garantizan y aseguran la continuidad del servicio prestado por un equipo. Estos repuestos se almacenan sólo cuando el costo de tenerlos es menor que el lucro cesante.
 - Existencias normales: Estas partes tienen un uso menos específico y tiempo de uso más corto. Ejemplo de estos son: Tubería, tornillería, interruptores eléctricos, electrodos de soldadura, etc.
- Devolutivos. Son artículos que se retiran del almacén en forma de préstamo y luego de ser utilizados son devueltos, por ejemplo herramientas.
- Inservibles. Son artículos que no han sido requeridos por más de dos años o están dañados en alguna forma. Este grupo se divide en:
 - Artículos dañados irreparables
 - Obsoletos
 - Deteriorados

4.6.2 Elementos a almacenar

Para implantar el programa de mantenimiento, es necesario determinar el material y las partes de maquinaria que requieren los equipos para efectos de mantenimiento, por ello, se deben consultar las recomendaciones de los fabricantes del equipo referentes a los requerimientos de repuestos, la experiencia de los técnicos y operarios involucrados en el manejo y mantenimiento de equipos.

Luego se organiza una lista de los elementos necesarios y se toma una decisión acerca de cuáles se almacenan y que otros se compran al presentarse la falla. A continuación se describen los costos²³ que se presentan al tener un inventario.

- Costos de Obtener (Co). Son los involucrados en la tarea de adquirir un material con fines de mantenimiento. El total es la suma de los siguientes costos:
 - Costos de solicitar, procesar y expedir la orden de compra requerida.
 - Costos de recibir, identificar y manipular el material entrante.
 - Costos de pagos, prever registros y manejar copias de las órdenes de compra.

²³ Manual de mantenimiento, S.E.N.A. - Fedemetal, Bogotá, 1991. Pág. 83.

- Costos de almacenar (Ca). Son la suma de los costos asociados con mantener en el almacén un artículo determinado, incluyen:
 - Interés sobre el capital invertido, el cual puede situarse en las tasas de interés bancario si se hiciese una inversión equivalente en otras áreas del negocio.
 - Aumento de la depreciación, debido a la cantidad extra que se mantiene en existencia.
 - Aumento de los riesgos de obsolescencia.
 - Control del espacio, facilidades y servicios.
 - Costos de mano de obra por manejo del almacén.

- Costo del elemento (Ce). Este el costo real de una pieza y se puede determinar sumando:
 - Precio de compra.
 - Costos del flete.
 - Descuentos.

La tabla 25 muestra las ecuaciones que se deben tener en cuenta para almacenar elementos.

Tabla 25. Costos de almacenamiento

TIPO DE COSTO	ECUACION	NOMENCLATURA
Cti: Costo total de un inventario	$Cti = Co + Ca + Ce$	<i>Co: Costos de Obtener Ca: Costos de almacenar Ce: Costo del elemento</i>
Cna: Costos por no almacenar	$Cna = Co + *Co + Lc + Ce + *Ce$	<i>Lc: Lucro cesante. *Co y *Ce: Incrementos de sus respectivos costos fijos por la situación anormal existente.</i>

La decisión de no mantener en existencia una pieza se justifica sólo cuando el costo de no almacenar (Cna) es menor que el costo total del inventario (Cti).

4.6.3 Cantidad de almacenamiento

Los costos de mantener un inventario son directamente proporcionales a su tamaño, por lo tanto, para lograr la menor cantidad de repuestos se deben equilibrar los costos de obtener un artículo con los asociados a su almacenaje y valor unitario. Las clases de elementos que existen, en cuanto a consumo se refiere son²⁴ :

²⁴ Manual de mantenimiento, S.E.N.A. - Fedemetal, Bogotá, 1991. Pág. 86.

- Existencias de consumo continuo. Se consumen más de una vez la cantidad máxima instalada en una misma máquina durante un año.
- Existencias de consumo programable. Dentro de este grupo están todos los elementos que son utilizados en períodos muy definidos y programados.
- Existencias de consumo fortuito. Son repuestos de consumo eventual y que no alcanzan un consumo superior al 25 % de la cantidad máxima instalada en un mismo equipo, cumple sólo la tarea de ser una existencia de protección.

La tabla 26 muestra las ecuaciones para almacenamiento en mantenimiento

Tabla 26. Cantidad de almacenamiento

TIPO DE EXISTENCIA	ECUACION	NOMENCLATURA
Fortuito	Cumplen que: $Ke \times Ta / Ki > 1$	<i>Ke</i> : cantidad de cada elemento consumida durante un año. <i>Ki</i> : cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina. <i>Ta</i> : tiempo que se demora el aprovisionamiento.
	$Kp = KEP = 2x Ke \times Co / (Ce \times Ri)$ La periodicidad de pedido es directamente proporcional a la cantidad de pedido.	<i>KEP</i> : cantidad económica de pedido. <i>Kp</i> : Cantidad de pedido (unidades de cada artículo). <i>Co</i> : costo de obtener. <i>Ce</i> : costo real del elemento. <i>Ri</i> : rata de interés anual por costos de almacenamiento, se estima en el orden del 15%.
Programable	Cumplen que: $0.25 < Ke \times Ta / Ki < 1$	<i>Ke</i> : cantidad de cada elemento consumida durante un año. <i>Ki</i> : cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina. <i>Ta</i> : tiempo que se demora el aprovisionamiento.
	$KEP = Ki$	<i>KEP</i> : Cantidad económica de pedido. Para esta clase de existencias resulta más económico comprar únicamente la cantidad máxima instalada en el equipo
Fortuito	Cumplen que : $Ke \times Ta / Ki < 0,25$	<i>Ke</i> : cantidad de cada elemento consumida durante un año. <i>Ki</i> : cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina. <i>Ta</i> : tiempo que se demora el aprovisionamiento.
	$KEP = Ki$	<i>KEP</i> : Cantidad económica de pedido.

4.6.4 Tiempos de pedido.

Se determina por medio de una cantidad mínima de existencias que se establece mediante un estudio estadístico y de probabilidad. Esto causa que en un principio, al montar el almacén de mantenimiento, se tomen valores para cada artículo que no corresponden exactamente a la realidad, pero con el transcurso del tiempo y por medio de los informes periódicos de consumo, así como por la experiencia adquirida por parte del almacenista, estas cantidades de registro de inventario (Pped) alcanzarán sus valores óptimos.

Por contar con dos clases de existencias en cuanto al nivel de importancia, se recomienda fijar un punto superior al punto de pedido cuando de existencias importantes se trate, sumando a la cantidad de pedido un monto que cumple la función de una existencia de protección (Ep). Los puntos de pedido (Pped) se muestran en la tabla 26.

Tabla 27. Tiempos de Pedido

TIPO DE CONSUMO	ECUACION	NOMENCLATURA
<p>Continuo Pped deber ser tal que cuando se llegue a él, exista tiempo suficiente para que el nuevo pedido llegue antes de que la cantidad de pedido K_p alcance el valor de cero</p>	$Pped = Ke \times Ta + Ep$	<p><i>Pped : punto de pedido</i> <i>Ta : tiempo que demora en llegar un pedido.</i> <i>Ep : existencia de protección donde $Ep = Ke \times Ta/4$ para existencias importantes.</i> <i>Ke: cantidad de cada elemento consumida durante un año.</i></p>
<p>Programable la existencia óptima de esta clase de elementos es igual a la cantidad máxima instalada en un equipo (K_i).</p>	$Pped = (K_i - 1) + Ep$	<p><i>Ki: cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina.</i></p>
<p>Fortuito debido al comportamiento esporádico de estas existencias, cualquier cantidad almacenada se comporta como una existencia de protección</p>	$Ep = K_i$ $Pped = K_i - 1$	<p><i>Ki: cantidad máxima de un mismo elemento instalada en una máquina.</i> <i>Ep : existencia de protección donde $Ep = K_i$</i> <i>Para existencias importantes,</i> <i>Pped : punto de pedido</i></p>

4.7 TECNICAS APLICADAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El conocimiento del edificio es un factor importante para un mantenimiento predictivo efectivo y se logra principalmente mediante una inspección sistemática del mismo, así como una evaluación correcta a los informes de daño. La información de las actividades de control determina la frecuencia, la tolerancia del daño y puede registrarse los resultados de la inspección en la hoja de vida de la máquina.

4.7.1 Análisis de vibraciones

Al pensar en la implantación del programa, primero que todo se necesita definir si este se realiza directamente por la empresa o con el soporte de una firma contratista; los criterios que se tienen en cuenta para decidirse por la firma contratista son:

- El tiempo de operación de los equipos es variado, por lo que se tiene un desgaste de máquinas normal con razonables costos de mantenimiento.
- El porcentaje de ocupación de los equipos de registro y análisis requeridos es bajo debido a que es mínima la maquinaria que necesita este tipo de mantenimiento, lo cual no justifica su adquisición.
- El recurso humano disponible para la toma de información, análisis e interpretación debe ser altamente calificado y en la empresa no hay personal de estas características.
- El costo de compra y funcionamiento de los equipos es muy alto.

Por ser la vibración un movimiento oscilatorio, se aplica solo a equipos rotativos; si se va a realizar por primera vez medición de vibraciones, se debe elaborar una ruta de análisis de los equipos, para lo cual es muy importante que las personas de la firma contratista tengan el apoyo del historial de fallas de las máquinas.

Con posteriores mediciones se ajustará mejor el programa y se podrán colocar límites de alarma, pero la ruta y configuración del equipo seguirán siendo los mismos. En un análisis de vibraciones no se necesita detener la maquinaria y la duración de la medición por punto es aproximadamente diez segundos.

4.7.2 Análisis de lubricantes

Si se hace un análisis secuencial y periódico del lubricante, se podrán detectar cambios en los resultados de las pruebas con respecto a las anteriores y sacar conclusiones.

4.7.3 Prueba de aislamiento.

Es recomendable medir cíclicamente la resistencia de los aislamientos. La toma de datos registrados en varias fechas resulta muy importante para el análisis del estado de los aislamientos; las pruebas se recomiendan cada seis meses. Una tendencia en el descenso de la lectura indica próximas averías.

4.7.4 Termografía

Como esta prueba detecta puntos calientes y conexiones mal ajustadas, los equipos a los cuales se les puede realizar termografía son:

- Tablero general de circuito eléctrico.
- Tableros eléctricos en pisos.
- Tableros de mando de los equipos críticos.
- Transformadores y cañuelas
- Equipos críticos

4.8 SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial es importante para directivos y trabajadores; a los empleados, porque involucra medidas de prevención, tratamiento y readaptación contra los riesgos inherentes a la actividad laboral, y a los directivos, porque les evita el pago de auxilios, prestaciones e indemnizaciones de carácter legal, a causa de lesiones y enfermedades de sus trabajadores.

4.8.1 Panorama de riesgos

Es el proceso global del análisis en el que se detectan factores de riesgo presentes en el proceso laboral y que están relacionados directamente con los daños generados a la salud, lo cual permite identificarlos y establecer las medidas de control más adecuadas de acuerdo a las prioridades establecidas. Un panorama general para un edificio se muestra en la tabla 27.

Tabla 28. Panorama de riesgos²⁵

PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO														
NOMBRE DE LA EMPRESA														
SECCION	FACTOR DE RIESGO	FUENTE DE RIESGO	EFECTOS	No. TRA	H.E	GRADO PELIGROSIDAD				GRADO RIESGO			MEDIDAS A IMPLEMENTAR	
						C	P	E	GP	A	M	B		
ADMINISTRACION	Físico Iluminación deficiente.	Luminarias	Fatiga visual	6	8							X		Corregir la iluminación para cada puesto laboral.
	Radiaciones no ionizantes Campos electromagnéticos.	Computadores Redes eléctricas Equipos eléctricos.	Cefalea, fatiga, leucemia, insomnio Irritabilidad.	6	8					X				Dotación de filtros para la pantalla de los Computadores. Uso de tarjetas TESLA para atenuar el campo electromagnético producido por los Computadores Realización de exámenes de control visual.
	Ergonómico Posturas inadecuadas	Equipos de oficina (Sillas y escritorios)	Lumbalgias Problemas osteomusculares	7	8	4	6	10	240			X		Programa de columna sana. Educación en higiene postural. Medición antropométrica a los empleados de la empresa para adaptar los equipos de oficina.
	Psicosociales Contenido de trabajo (monotonía, jornadas laborales, repetitividad, niveles altos de responsabilidad,	Modalidad de gestión administrativa.	Fatiga mental, alteraciones de la conducta, reacciones fisiológicas, estrés ocupacional, inseguridad	7	8	6	6	10	360			X		Talleres de riesgos psicosociales, estilos de vida saludable, manejo del estrés.

²⁵ VERA, Cesar. Salud Ocupacional. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento. Pág. 28. Bogotá. 2003

PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO
NOMBRE DE LA EMPRESA

SECCION	FACTOR DE RIESGO	FUENTE DE RIESGO	EFECTOS	No. TRA	H.E	GRADO PELIGROSIDAD				GRADO RIESGO			MEDIDAS A IMPLEMENTAR	
						C	P	E	GP	A	M	B		
O P E R A T I V A	Físicos													
	Ruido	Bombas de agua. Planta eléctrica.	Hipoacusia neurosensorial Estrés, Vértigo, Irritabilidad, disminución de la concentración	9	8						X		Realización de exámenes periódicos correspondientes (Audiometrías). Encerramiento del sitio de emisión de ruido.	
	Radiaciones no ionizantes Campos electromagnéticos.	Redes eléctricas Equipos eléctricos.	Cefalea, fatiga, leucemia, insomnio Irritabilidad.	9	8					X			Dotación de filtros para la pantalla de los Computadores. Realización de exámenes de control visual.	
	Radiaciones ionizantes (Calor)	Radiaciones solares	Quemaduras cutáneas, cáncer de piel, cansancio,	9	8							X		Alejar al trabajador de los puestos de riesgo.
	Temperaturas anormales	Cuartos de máquinas	Bajo rendimiento laboral, incomfort, deshidratación, trastornos vasculares y nerviosos,	9	8							X		Estudiar los sistemas de protección con el fin de reducir el gasto energético y disminuir el tiempo de exposición. Realización de exámenes periódicos correspondientes.
Vibraciones	Cuarto ascensores	Alteraciones cardíacas, cefalea, Alteraciones Nerviosas, osteomusculares , osteoarticulares	9	8								X	Realización de exámenes periódicos correspondientes. Capacitación al personal sobre el uso adecuado de los elementos de protección. Mantenimiento programado de acuerdo a los niveles registrados. Educación acerca de la incidencia de las vibraciones en las personas expuestas	

PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO														
NOMBRE DE LA EMPRESA														
SECCION	FACTOR DE RIESGO	FUENTE DE RIESGO	EFECTOS	No. TRA	H.E	GRADO PELIGROSIDAD				GRADO RIESGO			MEDIDAS A IMPLEMENTAR	
						C	P	E	GP	A	M	B		
O P E R A T I V A	<u>Ergonómicos</u> Carga física Posturas inadecuadas	Trabajos prolongados de pie con reflexión de los miembros inferiores, movimientos repetitivos, manipulación de cargas	Cansancio físico, Lumbalgias, problemas osteomusculares, anomalías de la columna vertebral.	9	8	6	6	10	360		X		Programa de columna sana. Educación en higiene postural. Medición antropométrica a los empleados de la estación compresora.	
	Incendios y explosiones Sustancias inflamables_	ACPM	Quemaduras graves, muerte.	9	8	6	10	10	600	X			Creación y capacitación de la brigada contra incendios Adecuación de un sistema de extinción de incendios adecuado de acuerdo al tipo de trabajo realizado en la planta	
	<u>Químicos</u> Material particulado. Gases y vapores	Automotores, Gas Producto aseo	Problemas respiratorios. Irritación de las mucosas de la nariz y garganta.	7	8							X		Exámenes médicos de control a los trabajadores (Espirometrias). Dotación de elementos de protección personal y educación en el manejo de los mismos.
	<u>Psicosociales</u> Organización del trabajo Carga mental Condiciones extralaborales	Niveles altos de responsabilidad Trabajos repetitivos y monótonos.	Alteraciones del comportamiento. Fatiga mental y física Estrés	16	8	6	6	10	360		X		Talleres de riesgos psicosociales, estilos de vida saludable, manejo del estrés.	

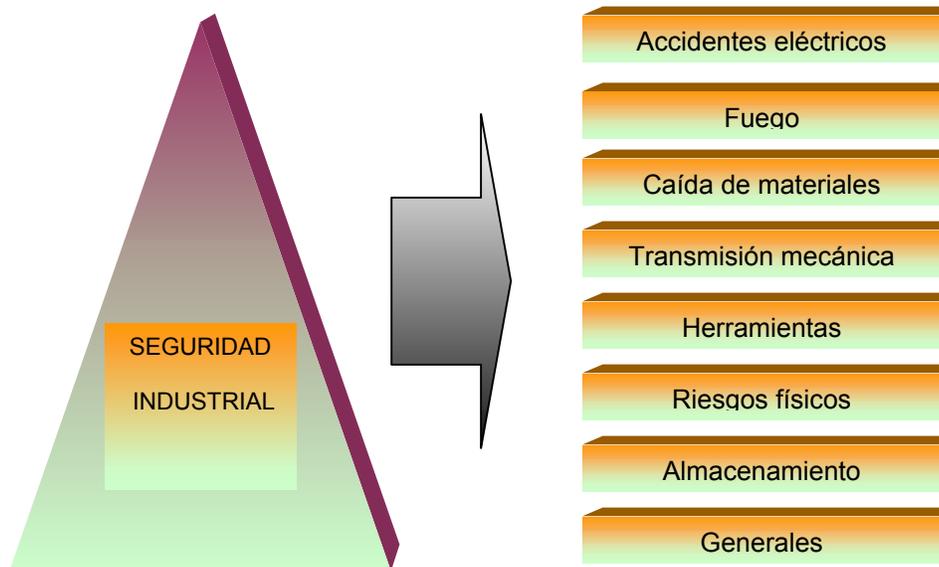
PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO
NOMBRE DE LA EMPRESA

SECCION	FACTOR DE RIESGO	FUENTE DE RIESGO	EFECTOS	No. TRA	H.E	GRADO PELIGROSIDAD				GRADO RIESGO			MEDIDAS A IMPLEMENTAR
						C	P	E	GP	A	M	B	
O P E R A T I V A	<u>Mecánicos</u>												
	Manipulación de herramientas	Herramientas manuales	Traumatismos, golpes, heridas	9	8	4	6	6	144			X	Capacitación al personal en prevención de accidentes y normas de seguridad.
	Mecanismos en movimiento	Sistemas mecánicos (Trasmisión, rotación)	Fracturas, heridas, contusiones, amputaciones.	11	8	6	6	6	216		X		Establecimiento de manuales de procedimientos seguros para cada una de las actividades realizadas en el edificio. Dotación de equipos de seguridad personal.
	<u>Eléctricos</u>												
	Trabajos con alta y baja tensión.	Subestación eléctrica, compresores, Redes eléctricas Equipos eléctricos.	Electrocución.	9	8						X		Dotación al personal de elementos de protección adecuados. Capacitación al personal en cuanto a normas de seguridad y factores de riesgo eléctrico.

4.8.2 Seguridad industrial propuesta

Según técnicas recomendadas por el Consejo Colombiano de Seguridad y la situación actual de los edificios, se analizan los siguientes ítems de seguridad., la figura 27 muestra los principales riesgos en edificios.

Figura 27. Principales riesgos en edificios



La tabla 28 indica los aspectos que se tienen en cuenta en cada uno de los principales riesgos.

4.8.3 Procedimiento de inspección y control

La inspección y control de la seguridad industrial en la empresa la realizará mensualmente el ingeniero por medio de chequeos a todo el edificio. El ingeniero debe atender los actos o condiciones inseguras que observe o que le comuniquen los operarios, los controles no deben limitarse a los lugares donde ya se han producido lesiones graves, por eso hay que estudiar los accidentes sin lesiones o los que han estado a punto de producirse, ya que con frecuencia sirven de pauta para detectar causas de futuras lesiones.

Tabla 29. Aspectos de Seguridad Industrial

TIPO DE RIESGO	ASPECTOS
<p>Accidentes eléctricos</p>	<p>a) Interruptores: deben tener sus valores de tensión y amperaje nominales compatibles con el uso a que se destinan, además deben ir derivados a tierra.</p> <p>b) Fusibles y relés de protección: La instalación de fusibles de capacidad excesiva constituye una causa frecuente de recalentamiento del cableado o equipo, dando lugar a incendios. Cuando las zonas cercanas a las cajas de fusibles están húmedas, se deben utilizar plataformas de madera o botas de caucho.</p> <p>c) Armarios de control: deben disponerse de forma que los controles resulten accesibles y situarse de modo que el operario no este sometido al peligro que representan piezas con corriente. Recordar a los operarios que cierren las puertas del equipo, la parte anterior de éstas pueden pintarse de color naranja y toda la estructura debe conectarse a tierra. Es conveniente tener el esquema de conexiones del armario de distribución y dispositivos, colocados en forma visible cerca del equipo.</p> <p>d) Motores: todo motor debe ser del tipo y tamaño preciso para la carga y las condiciones en que debe funcionar. La descuidada manipulación de líquidos y el humedecimiento de motores durante las operaciones de limpieza pueden causar averías y peligros de descargas.</p> <p>e) Conexión a tierra: El sistema eléctrico se conecta a tierra con el fin de evitar que se produzcan tensiones excesivas procedentes de fuentes tales como sobretensiones de línea o contacto accidental con líneas de tensiones más elevadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de mando: Los pulsadores pueden hacerse más seguros empleando colores para indicar las funciones del sistema; la norma UNE 20127 (Una Norma Española), marca los siguientes colores para las lamparas de señalización: Rojo: peligro o alarma. • Amarillo: atención; cambio inminente de condición. • Verde: seguridad, autorización para proseguir una maniobra. • Azul: todo significado específico que no esté cubierto por los colores anteriores. <p>f) Reparaciones: al trabajar con equipos eléctricos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar la prueba de elementos cuando están bajo tensión de servicio. • El personal que carezca de autorización debe mantenerse fuera de las zonas de reparación, mientras se realizan las pruebas e inspecciones oportunas. • Nunca debe procederse a la ejecución de pruebas e inspecciones sin haber revisado antes los planos eléctricos correspondientes y comprobar que estén actualizados, ya que pueden haber modificaciones adicionales. • No se debe abandonar el equipo a probar energizado y sin un aviso de señal. • No se debe trabajar en forma individual, sino bajo la observación de otros. • Cuando se inspeccione el equipo eléctrico, los operarios no deben utilizar prendas sueltas, relojes de pulsera, anillos, etc., que pueden engancharse en piezas móviles.
TIPO DE RIESGO	ASPECTOS
	<p>Las clases de fuego que se pueden presentar en el edificio son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clase A: Producido por combustibles ordinarios como basura, madera, papel, trapos grasosos; esta clase se puede apagar con agua. • Clase B : Producido por líquidos inflamables como gasolina y aceites; su extinción se lleva a cabo eliminando el oxígeno. • Clase C: Este ocurre en equipos eléctricos energizados y el agente extintor no debe conducir corriente eléctrica. <p>Para combatir las tres clases de fuego se utilizarán extintores multipropósito ABC manuales; el tipo de agente es polvo químico seco o CO₂</p>

Riesgos por fuego	y el peso adecuado está entre 10 y 30 libras. Según la norma 1916 ICONTEC (sobre instalación y ubicación de extintores), la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar el extintor más próximo es de 25 m, el extintor debe ser visible y sin quedar expuesto a daños a una altura de 1.5 m.
Caída de materiales	Se presenta por el transporte de elementos, por lo cual se pueden tener medios de protección como: <ul style="list-style-type: none"> • Adaptar las cargas y evitar sacudidas. • Buena iluminación de la zona de circulación y almacenamiento. • Proteger las estanterías y zonas de almacenamiento con defensas adecuadas. Indicar la capacidad máxima de estanterías. Revisar periódicamente el estado de las tarimas de carga.
Resguardos de transmisión mecánica	Se deben tomar las siguientes precauciones: <ul style="list-style-type: none"> • Las únicas aberturas que se permiten son las correspondientes a la lubricación, ajuste y/o inspección. • Los resguardos deben cubrir todas las piezas móviles de forma tal que ninguna parte del cuerpo entre en contacto con la guarda. • Construir un resguardo que se adapte a las dimensiones y formas de las piezas que se protejan. Preferiblemente deben ser metálicos. • Los resguardos deben quedar bien sujetos, y la mejor forma de conseguirlo consiste en emplear soldadura por puntos, o tornillos. Un resguardo bien diseñado, construido y montado es eficaz para reducir el ruido.
Herramientas	Debido al uso de las herramientas manuales, es importante controlar los accidentes ocasionados por ellas. Las siguientes son prácticas de seguridad para herramientas: <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar. • Mantener las herramientas en buen estado. • Hacer uso correcto de las herramientas. Guardar las herramientas en un lugar seguro
Riesgos físicos	a) Protección auditiva: Si el nivel de ruido en los puestos de trabajo supera 80 decibeles, los trabajadores deben solicitar orejeras al almacén. b) Protección visual: El soldador debe usar anteojos de soldadura autógena y careta con filtro oscurecido para soldadura de electrodo. En la selección detallada de la protección visual se tendrá presente que cumpla la norma ICONTEC 1826. c) Protección de vías respiratorias: Es necesario usar mascarillas desechables, que cumplan la norma ICONTEC 1584 en actividades de movimiento de partículas y aseo. d) Calzado de seguridad: Los trabajadores deben usar botas industriales. e) Guantes: En trabajos de mantenimiento eléctrico se debe usar guantes aislantes clase II según la norma MT-4; para uso continuo todo operario tendrá guantes de cuero. f) Protección corporal: Para evitar el atrapamiento del cabello se debe usar gorras. Todos los trabajadores se colocarán un overol a la medida y adicionalmente el soldador debe protegerse con un delantal de plomo.
TIPO DE RIESGO	ASPECTOS
Almacenamiento	En el almacén las estanterías deben quedar bien sujetas al suelo; los estantes llevarán bases que se fijan al piso, a la pared y entre si. Cuando se almacena o transporta material, es muy importante el buen estado de la superficie de los pisos. Se deben marcar los pasillos, zonas de descarga y estacionamiento de montacargas. Si la parte superior de las estanterías es inaccesible desde el suelo, se debe disponer de una barra horizontal a lo largo de la estantería, sobre la que se apoyará una escalera manual provista de ganchos en su extremo superior.
Riesgos generales	❖ Iluminación. Los lugares de trabajo deberán tener luz natural suficiente y estar equipados con dispositivos que permitan una iluminación artificial adecuada para mantener la seguridad y salud de los trabajadores. ❖ Señalización. Su objetivo es demarcar los peligros e indicar la conducta a seguir; según el Consejo Colombiano de Seguridad los distintos tipos de señales son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Señal de prohibición: circular, contorno rojo, fondo blanco, figura y texto negro.

- Señal de obligación: circular, fondo azul, figura blanca y texto negro.
- Señal de peligro: triangular, contorno rojo, fondo blanco, figura y texto negro.
- Señal de salvamento o seguridad: cuadrada, fondo verde, figura blanca.
- Señal de incendios: rectangular, fondo rojo, figura y texto blanco.
- Señal de información: rectangular, fondo blanco, figura y texto negro.

No es conveniente el amontonamiento de señales.

Al pintar la maquinaria se consigue identificar la misma y resaltar aquellas partes o piezas que puedan presentar peligro, así como mejorar el orden de la empresa y estimular a los operarios. Se debe emplear un color de fondo sobre las máquinas que permita resaltar aquellas partes que interese. Como ejemplos de colores de contraste, la norma UNE 0202-A recomienda:

- Amarillo: comandos de las máquinas como palancas y volantes de acción.
- Amarillo y negro: costados de escaleras, columnas, barandas y barreras.
- Naranja: interior de puertas que deban permanecer cerradas.
- Rojo: lugares de los muros en donde estén ubicados los extintores.
- Verde: lugares que identifiquen los botiquines de primeros auxilios.
- Blanco: color que delimita las áreas de almacenamiento de materiales.

La señalización acústica se realiza a través de altavoces o sirenas que señalan señales de emergencia o de evacuación; es necesario que cumpla las siguientes condiciones:

- Ha de ser conocida de antemano por los receptores.
- No debe dar lugar a confusiones.
- Ha de sufrir el mínimo enmascaramiento por parte del ruido ambiental.
- Tiene que provocar la respuesta esperada.
- Debe ser audible en toda la zona de influencia.

4.8.4 Beneficios

Las principales ventajas de la seguridad industrial son :

- Se disminuye la cuota de la Administradora de Riesgos Profesionales.
- Se disminuyen los riesgos por circunstancias imprevistas y emergentes con la aplicación de la seguridad.
- El operario al sentirse seguro, desarrollará su trabajo en forma tal que aumentará la productividad, debido a la motivación que la seguridad le causa.
- La calidad de los productos y del trabajo realizado mejorarán de forma ostensible al aumentar las garantías para el desempeño de sus funciones.
- Se ahorran gastos debidos a accidentes de los operarios y a siniestros en la planta por falta de elementos de seguridad.

CONCLUSIONES

El diagnóstico presentado en el presente trabajo, muestra la situación actual del mantenimiento en la mayoría de edificios en donde no existe una gestión integral de mantenimiento que de respuestas claras ante la gran responsabilidad de ejecutar actividades encaminadas a conservar y mantener los inmuebles y equipos en condiciones óptimas de operación, confiables y seguras.

El Modelo Gerencial propuesto espera cumplir las expectativas de mejorar la práctica, técnica y ética en la calidad de los servicios y organización del mantenimiento en edificios, a fin de lograr un mejor nivel de competitividad con las demás organizaciones que actualmente presentan sus servicios con un alto nivel de desarrollo.

El modelo planteado muestra diferentes etapas de direccionamiento para implementar una gestión integral de mantenimiento en edificios, cuyas metas sean las de lograr la maximización de la efectividad de los equipos en las instalaciones, facilidad para la realización de las inspecciones sistemáticas de los equipos, el sistema de prevención, el incremento de la mantenibilidad y el mantenimiento sistemático, incrementar la productividad y disminuir la falla de los equipos, con significativas reducciones en la mano de obra y con disminuciones de costos de mantenimiento.

Luego de haber concluido un ciclo académico, se adquirieron conocimientos y herramientas, que facilitaron llegar a la estructuración de modelo gerencial de mantenimiento; donde se logra generar procedimientos y estrategias apoyadas en una documentación bien elaborada que garantiza la consecución de los objetivos propuestos.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ RUEDA, Angel., Modelo Gerencial para el control administrativo de fallas y perdidas en equipos. Bucaramanga, 2000, 141 p. Especialización Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.

JORNADAS NACIONALES DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO. (9º : 1990 : Bogotá). IX Jornadas Nacionales de Ingeniería de Mantenimiento. Cundinamarca: ACIEM, 1990.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio – Tesis y otros Trabajos de Grado. 5 ed. Bogotá: ICONTEC, 2002.

GONZÁLEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: La Investigación Científica. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2003. 95p.

GONZÁLEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, 2003. 197p.

ARCINIEGAS, Álvarez Carlos A. Mantenimiento productivo total. Especialización en gerencia de mantenimiento. Universidad Industrial de Santander, 2003.

TAMAYO DOMINGUEZ, Carlos Mario. Organizaciones del Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2003. 125 p.

VERA GARCIA, Cesar Edmundo. Salud Ocupacional. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2003. 202 p.

PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gerencia en Mantenimiento. En : CONGRESO DE GERENCIA EN MANTENIMIENTO. (1º : 1998 : Bucaramanga). Bucaramanga : Centro Tecnológico de Ingeniería Clínica, 1998. 187 p.

SEMINARIO GESTION DE MANTENIMIENTO. (1ª : 1999 : Bogotá). Memorias del I Seminario de Gestión de Mantenimiento. Bogotá : Asociación de Ingenieros Mecánicos Universidad Nacional de Colombia 1999.

FEDEMETAL. Manual de Mantenimiento. Bogotá: División Sector Industria y de la Construcción. 1991. 89p.

