

UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE MÉCANICA



**Preliminares en la Evaluación de la Gestión de Ingeniería del
Mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas. Caso de Estudio en
Equipos del Transporte.**

Trabajo de diploma presentado en opción de Ingeniero Mecánico

Autor: Kevin Rodríguez Díaz

Tutor: MSc. Ing. Emilio Fernández Arenas

Matanzas, 2020

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas a darle el uso que estime más conveniente.

Kevin Rodríguez Díaz

“El tamaño de tus sueños siempre debe exceder tu capacidad actual para alcanzarlos.”

Ellen Johnson Sirleaf. Premio Nobel de la Paz

DEDICATORIA.

A mi madre por guiarme en cada paso, por sus consejos, apoyo y dedicación incansable en aras de alcanzar este sueño.

A mi novia por su increíble paciencia, apoyo incondicional, incansable compañía, comprensión y sobre todo su confianza en mí.

A todos mis abuelos que de una forma u otra contribuyeron con su granito en este objetivo.

Y a todos que aunque no son familia los considero y en algún momento aconsejaron, apoyaron a formarme como universitario.

AGRADECIMIENTOS.

A mi tutor, Emilio Fernández Arenas por la confianza depositada en mí, por su apoyo y profesionalismo, por su ayuda en la investigación y su gran dominio sobre el tema.

A toda mi familia por ser mi sostén, guía y faro en cada uno de los momentos.

A todos los trabajadores y profesionales de la Empresa UEB Ferrocarriles Matanzas que contribuyeron de una forma u otra con la realización de este trabajo.

RESUMEN.

El presente trabajo investigativo es un estudio preliminar en la aplicación de la Gestión de la Ingeniería del Mantenimiento en la Empresa UEB Ferrocarriles Matanzas. La Gestión de mantenimiento es uno de los aspectos de mayor importancia dentro de la nueva política económica que desarrolla el país. La presente investigación tiene como objetivo seleccionar el tipo de mantenimiento más adecuado para cada sistema tecnológico y equipos en función de su contexto operacional. Para dar solución al problema de investigación fue necesario realizar una conceptualización sobre la Gestión de mantenimiento, dígase: las definiciones de mantenimiento, los sistemas y tipos de mantenimiento existentes, cómo se desarrolla la Gestión de mantenimiento etc., así como el análisis de diferentes metodologías para su selección, lo que comprende el primer capítulo del presente estudio; para finalizar con la determinación de la alternativa de mantenimiento que mejor se adecua al contexto operacional del equipamiento productivo de la entidad objeto de estudio, a partir de la selección de las variables características de su criticidad y la clasificación de los fallos predominantes en dicho equipamiento.

En este trabajo se evalúa el estado de los mantenimientos realizados por la empresa en el grupo de equipos del transporte ferroviario para su mayor conservación, calidad del servicio, teniendo en cuenta la satisfacción del cliente. En el informe se recoge un grupo de criterios de autores que fundamenta la actualidad del tema, para la búsqueda de los principales errores de los procedimientos que conllevaron a fallas o averías graves. Se realiza una caracterización de la entidad estatal, misión, visión, estructura organizativa, plantilla aprobada y cubierta de la entidad. Se aplica el Procedimiento de Evaluación y Control de la Actividad de Gestión del Mantenimiento. (Método Arenas) y posteriormente a la realización del Diagrama de Ishikawa determinando el problema fundamental de la entidad, así como las causas y subcausas que lo propician, aplicando un Plan de Medidas para contrarrestarlo.

ABSTRACT.

This research work is a preliminary study in the application of Maintenance Engineering Management in the UEB Ferrocarriles Matanzas Company. Maintenance Management is one of the most important aspects within the new economic policy that the country develops. This research aims to select the most appropriate type of maintenance for each technological system and equipment based on its operational context. In order to solve the research problem, it was necessary to carry out a conceptualization of Maintenance Management, say: maintenance definitions, existing systems and types of maintenance, how Maintenance Management is carried out, etc., as well as the analysis of different methodologies for its selection, which includes the first chapter of the present study; to finish with the determination of the maintenance alternative that best suits the operational context of the productive equipment of the entity under study, from the selection of the characteristic variables of their criticality and the classification of the predominant failures in said equipment.

This work evaluates the state of the maintenance carried out by the company in the group of railway transport equipment for its greater conservation, quality of service, taking into account customer satisfaction. The report includes a group of authors' criteria that support the current relevance of the topic, for the search for the main errors in the procedures that led to serious failures or breakdowns. A characterization of the state entity, mission, vision, organizational structure, approved staff and cover of the entity is carried out. The Evaluation and Control Procedure of the Maintenance Management Activity is applied. (Arenas Method) and after carrying out the Ishikawa Diagram determining the fundamental problem of the entity, as well as the causes and subcauses that cause it, applying a Plan of Measures to counteract it.

ÍNDICE.

INTRODUCCION.	11
CAPITULO I.	13
1.1 Antecedentes y evolución del Mantenimiento.	13
1.2 Clasificaciones y formas de organización.	14
1.2.1 Mantenimiento correctivo.	14
1.2.2 Mantenimiento preventivo.	16
1.2.3 Mantenimiento predictivo.	18
1.3 Organización del Mantenimiento.	20
1.3.1 Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).	20
1.3.2 Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM).	21
1.3.3 Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).	22
1.3.4 Sistema de Mantenimiento Esbelto (Lean Maintenance).	24
1.3.5 Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM).	25
1.3.6 Sistema de Mantenimiento Productivo Total (MPT).	26
1.3.7 Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba.	32
1.4 La evolución del mantenimiento en los equipos de transporte ferroviario.	35
1.5 Conclusiones Parciales.	36
CAPITULO II.	38
2.1 Caracterización de la Organización de la UEB Ferrocarriles Matanzas.	38
2.2 Caracterización del Caso de Estudio.	39
2.3 Descripción de Métodos a aplicar.	40
2.3.1 Procedimiento de Evaluación y Control de la Gestión del Mantenimiento.	40
2.3.2 Ishikawa.	42
CAPITULO III.	46
3.1 Resultados Obtenidos.	46
3.1.1 Resultados de la aplicación del Procedimiento de Evaluación y Control de la Gestión del Mantenimiento.	46
3.1.2 Diagrama de Ishikawa.	48
3.2 Propuesta de Plan de Medidas.	49
3.3 Propuesta de informatización.	52
3.3.1 Sistema de Gestión Empresarial. Software DISTRA.	52
3.3.2 Subsistema de Estructura y Composición.	52
3.3.3 Subsistema de Configuración General.	53
3.3.4 Subsistema de Planificación.	54

3.3.5 Subsistema de Gestión de Aprovisionamiento (Compras)	56
3.3.6 Subsistema de Gestión del Inventario	56
3.3.7 Subsistema de Mantenimiento.....	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
Bibliografía	62
ANEXOS	63
Anexo 1	63
Anexo 2	70

INTRODUCCION.

En el período transcurrido desde 1989 hasta la fecha, Cuba ha sufrido una crisis económica de gran magnitud, produciendo importantes afectaciones, fundamentalmente de índole financiera que limita los insumos y componentes necesarios para las reparaciones, creando un retroceso en la Gestión del Mantenimiento a nivel Nacional. (Arenas, “Procedimiento de Evaluación y Control para Gestión del Mantenimiento en Hoteles, mediante Indicador General”, 2009)

El problema ha sido de tal magnitud y tanta generalización que para algo aparentemente tan importante y obvio, se hizo necesario enunciar un postulado sobre el tema en la Conferencia suprema del País.

El VI Congreso del Partido Comunista de Cuba celebrado en abril de 2011, definió los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. *El número 117 plantea: “Constituirán la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía”.* (Informe del VI Congreso del PCC, 2011)

La UEB Ferrocarriles Matanzas, que no escapó a tal crisis, comienza, lo que podría ser un programa de recuperación y aplicación consecuente de los Fundamentos de la Ingeniería de la Gestión del Mantenimiento. En la actualidad tiene como uno de sus objetivos la mejora e implementación de estrategias de Gestión.

Problema investigativo

La inexistencia de un procedimiento de Gestión de Mantenimiento, para la UEB Ferrocarriles Matanzas.

Objetivo General

Adecuar la Gestión de Mantenimiento con Enfoque Proactivo, para la UEB Ferrocarriles Matanzas, al Sistema Integral de Gestión de la misma.

Objetivos Específicos

- Evaluar la gestión del mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas.
- Definir las causas y efectos de los fallos y su criticidad en los Casos de Estudio, para ser aplicados como procedimiento metodológico general.
- Elaborar plan de medidas en función de la evaluación de la gestión del mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas.

- Iniciar la creación las bases de datos necesarias para la gestión informatizada.

CAPITULO I.

1.1 Antecedentes y evolución del Mantenimiento.

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fábricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo. Esa situación mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que, juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica, los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de parada de la producción, para diagnosticar las fallas, eran mayor, que la ejecución de la reparación; el da lugar a seleccionar un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó «Ingeniería de Mantenimiento» y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento, creadas al final del periodo anterior, y la sofisticación de los instrumentos de protección y medición, la ingeniería de mantenimiento, pasa a desarrollar criterios de predicción o previsión de fallas, divisando la optimización de la actuación de los equipos de ejecución de mantenimiento.

Esos criterios, conocidos como mantenimiento PREDICTIVO, fueron asociados a métodos de planeamiento y control de mantenimiento. Como así también hay otros tipos de mantenimiento, de precisión, mantenimiento clase mundial, (pro activo) y hoy, de mejora continua.

1.2 Clasificaciones y formas de organización.

Existen numerosos criterios acerca de los tipos de mantenimiento, muchos autores [Bevilacqua y Braglia, 2000; Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001; COPIMAN, 2001; Piotrowski, 2001; Ramírez, Caldas y Santos, 2002; Mora Gutiérrez y Pérez Peral, 2002; Oliveira, 2003; Rodríguez, 2003; Apelgren, 2004; López Reyes, 2004; Stefano, 2006] se refieren a varios sistemas de mantenimiento, otros hacen referencia a tipos, métodos, técnicas, estrategias y filosofías. Sin embargo, la mayoría coinciden que los tipos de mantenimiento fundamentales son: el correctivo, el preventivo y el predictivo.

1.2.1 Mantenimiento correctivo.

Se efectúa a un equipo cuando la falla ya se ha producido, para restablecerlo a su estado normal. Es un mantenimiento que genera crisis pues podría detener el proceso productivo del equipo o de la planta por una falla imprevista. Actualmente, muchas empresas confían la operación de su planta a este tipo de mantenimiento y sus empleados se convierten en «bomberos» apagando incendios. Sin embargo se considera válido si se aplica en equipos no críticos o secundarios, donde la seguridad o producción no se vea comprometida. No se requiere un elevado nivel técnico ni gran infraestructura administrativa o de diagnóstico. Brinda poca seguridad en la operación del equipo, ambiente de trabajo desfavorable por vibraciones y ruidos, paros imprevistos de consecuencias imprevistas, riesgo de falla de partes de difícil adquisición, se requiere un gran *stock* de repuestos y una gran cantidad de personal por falta de planificación en las reparaciones.

El mantenimiento correctivo es una técnica de la ingeniería que consiste en realizar una serie de trabajos de restauración, que son necesarios cuando la maquinaria, aparatos o instalaciones se estropean, y es necesario recuperarlos. Comprende la compensación de los daños sufridos por fallas incipientes, a una maquinaria o un equipo, y todos los trabajos que resulten pertinentes para su reparación; su aplicación se da cuando el equipo ha dejado de funcionar y es necesario repararlo [Bevilacqua y Braglia, 2000; COPIMAN, 2001; Piotrowski, 2001; Ramírez, Caldas y Santos, 2002; Apelgren, 2004; López Reyes, 2004; Wireman, 2005; Stefano, 2006].

Este tipo de mantenimiento se clasifica según la disposición del equipo de mantenimiento de la empresa a enfrentar una avería en no planificado y planificado [Kardec y Nascif, 2001; Oliveira, 2003; Christensen, 2005; Amaris Arias, 2006].

En el mantenimiento correctivo no planificado el colectivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación y de aplicación de normas legales).

Varios autores [Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos Santos Mendez, 2002; Torres, 2005; Stefano, 2006] exponen que este tipo de mantenimiento resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

En el mantenimiento correctivo planificado se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente. Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto. La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se van acumulando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento [Bevilacqua & Braglia, 2000; Mora Gutiérrez y Pérez Peral, 2002; Oliveira, 2003; Apelgren, 2004; López Reyes, 2004; Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004].

Christensen [2005] presenta una clasificación del mantenimiento correctivo según la criticidad del equipo en que ocurre y el tipo de intervención como: mantenimiento de emergencia, que se emplea sobre equipos críticos y la intervención no puede diferirse en el tiempo; mantenimiento de urgencia, que se presenta en equipos críticos o semicríticos y la intervención puede diferirse en el tiempo y mantenimiento de oportunidad, en equipos no críticos o redundantes donde la intervención puede diferirse en el tiempo.

Las ventajas de la aplicación del mantenimiento correctivo se traducen en [COPIMAN, 2001; Piotrowski, 2001; Ramírez, Caldas & Santos, 2002; Oliveira, 2003; Apelgren, 2004; López Reyes, 2004; Espinosa Fuentes, 2006]:

- Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.
- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

Dentro de los inconvenientes de este tipo de mantenimiento según [Apelgren, 2004; López Reyes, 2004; Torres, 2005; Espinosa Fuentes, 2006; Stefano, 2006] se encuentran los siguientes: la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al equipo a una mayor exigencia; se debe disponer de una cantidad considerable de capital inmovilizado invertido en piezas de repuesto dado que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante) y, en lo referente al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

1.2.2 Mantenimiento preventivo.

Consiste en programar intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados (estadísticamente) o según eventos regulares (horas de servicio, número de piezas producidas, kilómetros recorridos, vacaciones colectivas). Su objetivo es reducir la probabilidad de falla o pérdida de rendimiento de una máquina o instalación, planificando intervenciones que se ajusten al máximo de la vida útil del elemento intervenido. Resulta muy costoso cuando no hay planificación ya que involucra refacciones, mano de obra, cambio de lubricantes, y pérdidas de energía. Forbes Magazine establece que al menos un 33% de las actividades del Mantenimiento Preventivo son desperdiciadas.

El mantenimiento preventivo son todas aquellas acciones realizadas en forma lógica y sistemática sobre un equipo o sistema con la finalidad de mantenerlo trabajando en condiciones específicas de funcionamiento y para reducir las posibilidades de ocurrencias de fallas; es decir, prolongar el tiempo de vida útil del equipo o sistema [Batista Rodríguez, 2000; Kardec & Nascif, 2001; Sotuyo

Blanco, 2001]. Este mantenimiento puede ser de naturaleza menor, como simples reparaciones, o mayor, como una revisión general. Se clasifica en tres procesos:

- Visitas sistemáticas.
- Reparaciones.
- Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas y programadas y de un servicio de trabajos de mantenimiento previsto como necesario, para aplicar a todas las instalaciones, máquinas o equipos, con el fin de disminuir los casos de emergencias y permitir un mayor tiempo de operación en forma continua [Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos Santos Mendez, 2002; Kothari, 2004; Wireman, 2005]. Este tipo de mantenimiento es de suma importancia en cualquier empresa o industria, debido a que con él se puede conseguir que los equipos trabajen en perfectas condiciones con menos paradas inesperadas y menos tiempo de pérdida, contribuyendo así a la mejor calidad del material producido así como también alargar el tiempo de vida útil de los equipos y dispositivos.

Este tipo de mantenimiento presenta las características siguientes [Oliveira, 2003; Apelgren, 2004; Torres, 2005; Stefano, 2006]:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovechan las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa elaborado previamente donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos; además, brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

El mantenimiento preventivo bien aplicado disminuye los costos de producción, aumenta la productividad, así como la vida útil de la maquinaria y equipo, obteniendo como resultado la disminución de paro de máquinas [Dos Santos Mendez, 2002].

Autores como Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio [2004]; Christensen [2005], Espinosa Fuentes [2006] y Stefano [2006], clasifican el mantenimiento preventivo según el rigor de las intervenciones que se hagan. Dicha clasificación incluye el mantenimiento rutinario, que consiste en el control periódico del equipo requiriendo una intervención menor, pues está dado por ajustes, limpieza y lubricación (generalmente dado por el operario); el mantenimiento sistemático que abarca una intervención mayor (dado por el equipo de mantenimiento), en función del tiempo o por un contador determinado que controla una variable (km., número de unidades producidas); y el mantenimiento predictivo, que mide el desarrollo en función de un contador (hs., km.) de variables, prediciendo una futura intervención que será realizada por el Departamento de Mantenimiento.

Las desventajas que presenta este tipo de mantenimiento están relacionadas con la realización de una inversión inicial en infraestructura y mano de obra y el desarrollo de planes de mantenimiento se deben realizar por técnicos especializados; si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad y los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios es indispensable para el éxito del plan [Batista Rodríguez, 2000; Sotuyo Blanco, 2001; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima, 2002; Dos Santos Mendez, 2002; Lucatelli, 2002; Oliveira, 2003; Rodríguez, 2003].

1.2.3 Mantenimiento predictivo.

Se basa en el monitoreo periódico de ciertos parámetros de operación de la maquina o instalaciones consideradas criticas, grafica sus tendencias, establece límites de advertencia y detecta los equipos que inician su deterioro, para de esa forma tomar acciones de corrección o reemplazo. Esta filosofía de mantenimiento ha tomado impulso recientemente por que proporciona grandes beneficios en la confiabilidad y disponibilidad del equipo. Se apoya en tecnologías relevantes como la el análisis de vibración, análisis de aceite, ultrasonido, termografía, medición de esfuerzos internos, análisis de corriente, video, etc. Debe ser aplicado solo a equipo crítico y requiere de personal entrenado, tecnología relevante y sistemas de administración de la información generada.

Según Mora Gutiérrez y Pérez Peral [2002], Rodríguez [2003] y Stefano [2006], para evitar las desventajas que lleva consigo el mantenimiento preventivo, comenzó a desarrollarse en los últimos años el concepto de mantenimiento según estado o según síntomas, en que las intervenciones sobre

los equipos no dependen ya del tiempo de funcionamiento, sino de las condiciones efectivas de ese equipo o de sus componentes. Este se conoce como mantenimiento predictivo.

Para autores como Batista Rodríguez [2000]; Sotuyo Blanco [2001]; Da Silva Neto y Gonçalves de Lima [2002] y Dos Santos Méndez [2002], el mantenimiento predictivo consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para así determinar en qué período de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves. Su objetivo se encuentra enfocado a determinar, en todo instante, la condición técnica real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo; y disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción.

El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, instrumentos, y en contratación de personal calificado. Las técnicas siguientes son utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo [Sotuyo Blanco, 2001; Mora Gutiérrez, y Pérez Peral, 2002; Fabro, 2003; Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; Torres, 2005; Stefano, 2006]:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- Endoscopía (para poder ver lugares ocultos).
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas).
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura).

El uso del mantenimiento predictivo obliga a dominar el proceso y a tener datos técnicos, caracterizado por ser un método de trabajo científico, riguroso y objetivo, lo cual resultará ventajoso en varios aspectos [Mobley, 2002 y Torres, 2005]:

- Se maximiza la disponibilidad del equipo.
- Algunas inspecciones, a través de los sentidos de los operadores, no tienen costo.
- Los equipos se paran antes de que ocurran daños severos.
- Se alarga el ciclo de vida de los componentes y equipos.
- La causa de las fallas puede ser más fácilmente analizada.

- El mantenimiento puede ser planificado y programado.
- La mano de obra se puede organizar mejor.
- Los repuestos pueden tenerse pre ensamblados antes de la reparación.

Asimismo, presenta las desventajas siguientes [Kardec & Nascif, 2001; Lafraia, 2001; Torres, 2005, Stefano, 2006]:

- El monitoreo de vibraciones, la termografía.
- Requieren de equipos especiales y entrenamiento del personal, lo que es muy costoso.
- Las empresas deben seleccionar correctamente la técnica a utilizar.
- Se requiere de un período de tiempo para determinar la tendencia del parámetro analizado.

1.3 Organización del Mantenimiento.

En la literatura especializada han sido tratados indistintamente los sistemas de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y tipos de mantenimiento [Lafraia, 2001; González Danger y Hechavarría Pierre, 2001; Duffuao, Raouf y Dixon Campbell, 2002; Borroto Pentón, 2005]. La decisión de aplicar uno u otro debe ser el resultado de un análisis casuístico de cada equipo o línea de fabricación procurando alcanzar la confiabilidad operacional más alta en combinación con el costo mínimo de mantenimiento [Moubray, 1997; Ellmann, 2001; Sotuyo Blanco, 2001; Amendola, 2003; Alkaim, 2003; Fabro, 2003; García González-Quijano, 2004; Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; Tavares et al., 2005]. A continuación se hará referencia a algunos de los sistemas de mantenimiento disponibles en la literatura.

1.3.1 Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

El Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), según Portuondo Pichardo, et al., [1989] y Taboada Rodríguez [1990], es aquel que tiene como objetivo evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios básicos. El personal encargado de la planificación y control del mantenimiento, tiene entre sus funciones la de programar las inspecciones y reparaciones de forma planificada antes de que ocurra una avería o desperfecto de las máquinas y equipos. Es conveniente su aplicación en aquellas empresas donde la demanda es mayor que la capacidad, cuando funciona constantemente o donde existe dificultad en la adquisición inmediata de piezas de repuesto y materiales.

Las ventajas que conlleva el uso de este sistema se traducen en un mayor aprovechamiento del personal y materiales de mantenimiento; disponibilidad de datos que permiten comparar diversos programas de producción desde el punto de vista de mantenimiento y una mayor flexibilidad debido a la disponibilidad de información anticipada y correcta en forma fácilmente interpretable.

El sistema MPP, según De la Paz Martínez [1996] es el más extendido en Cuba. Su aplicación también supone desventajas debido a que los ciclos que se planifican no siempre son los más adecuados para cada equipo y se requiere su revisión periódicamente; muchas veces se desarmen equipos sin necesidad real y entre el desarme y arme posterior se corren riesgos de roturas y errores que pueden ser de gran envergadura; el gasto de piezas, materiales y otros recursos en que se incurre es considerable y en ocasiones no responde a las necesidades reales y su carácter planificado y preventivo conduce a que los desperfectos en realidad no sean detectados con antelación suficiente para prevenir las paradas no planificadas.

En cuanto a sus condiciones de aplicación se ha planteado [Portuondo Pichardo et al., 1989] que resulta engorroso efectuarlo en líneas de producción en cadena y es impráctico en equipos complejos y modernos.

El sistema MPP establecido y casi generalizado, presenta importantes problemas que lo hacen difícil de ejecutar y altamente costoso, además de que los procedimientos normados para su ejecución se violan continuamente al ser impracticables y que en definitiva, la actividad integral de mantenimiento es ineficiente, pues parte de un sistema que ya se ha vuelto caduco en su concepción original, ante las nuevas exigencias y reglas de la producción en entornos competitivos [Taboada Rodríguez, 1990].

1.3.2 Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM).

El Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM), es un sistema para la organización, planificación y control del mantenimiento industrial que se caracteriza por integrar armónicamente más de uno de los sistemas de mantenimiento conocidos, en calidad de subsistemas del mismo caracterizado por su flexibilidad, aplicado en la industria mecánica, ligera y especialmente en la industria textil cubana [Aguilera Martínez, 2001].

Estos sistemas serán aplicados a los diferentes equipos individuales o grupos homogéneos de equipos en función de sus características tecnológicas y otros elementos [De la Paz Martínez, 1996].

Las ventajas que presenta la aplicación del SAM, según Portuondo Pichardo [1989], son:

- Implica la aplicación del sistema de mantenimiento más adecuado a las cantidades y características de cada equipo o línea de producción.
- Se ajusta a las circunstancias específicas de cada equipo. Se debe lograr una disponibilidad alta de los mismos.
- Los costos de mantenimiento deben reducirse, al efectuarse los trabajos solo realmente necesarios en muchos casos.
- Para los equipos más imprescindibles se garantiza un trabajo sin fallos hasta el momento en que se haya previsto que se debe ejecutar un trabajo de reparación.
- Con respecto a los equipos auxiliares o poco principales implica un importante ahorro de recursos a aplicárseles el sistema contra avería (sin que este necesariamente implique que se espere a que se rompa el equipo).
- Disminuyen las posibilidades de producirse desajustes y errores al evitar el desarme y arme de componentes con una regularidad no siempre necesaria.

Para la implantación de este sistema podrían surgir varias dificultades, como [De la Paz Martínez, 1996]:

- Imprecisión por falta de consenso en cuanto a la clasificación de los equipos (reclasificación).
- Carencia de fondos para adquirir los equipos de medición necesarios para aplicar el diagnóstico objetivo.
- Necesidad de personal calificado (para la inscripción y elaboración de diagnósticos efectivos).

1.3.3 Sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).

Según Sexto [2008], el sistema de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC o RCM, por sus siglas en inglés) desarrolló sus principios básicos en los años sesenta para la industria aeronáutica norteamericana, donde se generalizó su uso en el ejército y la marina estadounidense. A principios de la década de los años ochenta esta metodología se comenzó a transferir a otros sectores industriales

La filosofía MCC plantea, como criterio general, el mantenimiento exclusivo de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en el que se aplicaría el correspondiente mantenimiento correctivo [Ellmann, 2001; Mokashi et al., 2002; Fernández Pérez, 2003; Alkaim 2003].

El objetivo principal del RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias [Moubray, 1997; Carretero, Pérez, Garcia-Carballeira et al., 2003; Alfonso Llanes et al., 2003; Cheng, 2006].

Según Smith [1997], citado en Amendola [2003], el MCC es una filosofía de gestión del mantenimiento, en la que un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dichos sistemas. Este propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional a partir del análisis de las preguntas siguientes [Hardwick y Winsor, 2002; Lucatelli, 2002; Backlund, 2003; Amendola, 2003; Castillo Serpa y Sexto, 2006]:

1. ¿Cuál es la función del activo?
2. ¿De qué manera pueden fallar?
3. ¿Qué origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no se puede prevenir la falla?

El MCC ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. De todo ello se ha concluido que cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes [Hipkin & De Cock, 2000; Carretero, Pérez, Garcia-Carballeira et al., 2003; Cheng, 2006; Sexto, 2008]:

- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mayor contención de los costos del mantenimiento.
- Mayor vida útil de los equipos.
- Una amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas en particular.
- Mejor trabajo de grupo.

Lo importante del MCC radica en que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.

Dentro de este sistema se encuentra el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad 2 (RCM 2). Esta metodología fue desarrollada por John Moubray de Aladon Ltd., y no solo cumple con la norma SAE JA 1011, referida a certificación de procesos RCM, sino que es una de las tres referencias de dicha norma.

El RCM2 es un procedimiento estructurado para determinar la política de mantenimiento más adecuada para cada activo físico de una planta industrial, en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuáles son sus posibles fallas, luego preguntarse por los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables [Moubray, 1997 y Sotuyo Blanco, 2001].

Las consecuencias expuestas por Moubray [1997] sobre el RCM 2 son clasificadas en cuatro categorías:

- Fallas ocultas.
- Seguridad y medio ambiente.
- Operacionales.
- No operacionales.

La implantación del RCM 2 supone los resultados siguientes [Moubray, 1997 y Sotuyo Blanco, 2001]:

- Aumento inmediato de la disponibilidad y confiabilidad de máquinas y equipos.
- Mejor aprovechamiento de todos los recursos productivos con importantes beneficios económicos medibles, que superan altamente la lograda reducción de costos.
- Mejor conocimiento de máquinas y equipos por todo el personal.
- Trabajo en equipo y motivación entre distintas áreas, hacia los objetivos comunes de la empresa.
- Mejor atención a problemas de seguridad y medio ambiente.
- Preservación mejor y más prolongada de activos físicos.

1.3.4 Sistema de Mantenimiento Esbelto (Lean Maintenance).

El término Lean fue acuñado por un grupo de estudio del (Massachusetts Institute of Technology) (MIT) para analizar el nivel mundial de los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz. Lean, es básicamente todo lo concerniente a obtener las cosas correctas en el lugar

correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro, siendo flexible y estando abierto al cambio.

La filosofía del Mantenimiento Esbelto se desarrolla sobre la base de la Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) consistente en usar menos de cada cosa en la planta, menos esfuerzo humano, menos inversión en el inventario de materiales y herramientas, menos espacio [Lean Manufacturing, 2006].

Según Paredes Rodríguez [2005], el Mantenimiento Esbelto es una operación de mantenimiento proactivo que emplea actividades de mantenimiento planificado y programado a través de prácticas del mantenimiento productivo total (MPT), usando las estrategias de mantenimiento desarrolladas a través de la aplicación de la decisión lógica del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) y practicada por equipos de acción autodirigidos usando el proceso de las 5S, los eventos semanales de mejora Kaisen y, el mantenimiento autóctono, junto con técnicos de mantenimiento con multihabilidades.

Lo anterior se logra a través del uso comprometido de su sistema de orden de trabajo y su sistema computarizado de gestión de mantenimiento (CMMS: Computer Management Maintenance System) o sistema de gestión de activos (EAM: Enterprise Asset Management). Ellos son soportados por un almacén de mantenimiento esbelto distribuido, que proporciona partes y materiales Justo a Tiempo (JIT) basado y apoyado por un grupo de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad que efectúa el análisis Causa Raíz (ACR) de fallas, la efectividad del procedimiento de mantenimiento, el análisis del mantenimiento predictivo (MPd), y el análisis de tendencias y resultados del monitoreo de condiciones [Paredes Rodríguez, 2005].

1.3.5 Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM).

El Mantenimiento Centrado en el Negocio (BCM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Basado en Riesgo (RBM, por sus siglas en inglés) o Mantenimiento Estratégico se desarrolla sobre la base del comportamiento actual de las organizaciones y su entorno a nivel mundial, en cuanto al aumento de las exigencias de calidad y reducción de costos de los productos y servicios, donde el mantenimiento ha pasado a ser un elemento importante en el desempeño de los equipos en grado similar al de la operación, convirtiéndose en la única función operacional que influye y mejora los tres ejes determinantes de la realización industrial al mismo tiempo, o sea, costo, plazo y calidad, definida como la “Función Pivotante” [Mckinsey & Company, 1998, citado en Tavares, 2003; Paredes Rodríguez, 2005].

Según Tavares [2003], el BCM analiza la relación entre el seguimiento de la disponibilidad del equipo versus la necesidad de utilización de este, y donde se presente una disponibilidad menor que

la necesaria, será este el punto prioritario de análisis y acción de reajuste del sistema de planificación que también deberá considerar sus importancias operacionales en el proceso, los costos de reparación y los tiempos promedios entre fallas y para reparación.

Las características principales de esta estrategia son las siguientes [Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; Paredes Rodríguez, 2005]:

- Decisiones atinentes a compra o reemplazo de plantas fundamentadas en análisis de valor actual del costo de ciclo de vida, considerando costos de mantenimiento y lucro cesante estimado, en lo posible, de experiencia documentada fehacientemente.
- Un acabado análisis de confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de la nueva planta, con la participación conjunta del propietario/operador y responsables del diseño, manufactura e instalación. La aproximación a desarrollar incluye la evaluación de aprovisionamiento de repuestos, capacitación del personal de mantenimiento y los servicios de apoyo de proveedores. La criticidad de ésta etapa es función de la magnitud de costos de mantenimiento y lucro cesante.
- Un sistema de registro y análisis de fallas e identificación de áreas con alto costo de mantenimiento, desde la puesta en marcha hasta el reemplazo de la planta, destinado a formular modos de acción conducentes a minimizar costos directos e indirectos de mantenimiento.
- Un sistema de gestión de bienes de capital que trascienda las fronteras tradicionales de toma de decisiones.

Las ventajas de la implementación de este sistema logra que la planificación del mantenimiento se realice en función de la calidad, los costos y plazos de entrega de la organización; reduce al máximo el trabajo burocrático de los ejecutantes de mantenimiento; establece de forma completa los registros que serán recolectados en una intervención del mantenimiento e interrelaciona los registros de un área de mantenimiento con las demás áreas directa o indirectamente involucradas en la actividad final de la empresa y evita el riesgo de estar haciendo un excelente mantenimiento preventivo en el equipo equivocado [Rosaler, 1998; Yañez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; Paredes Rodríguez, 2005].

1.3.6 Sistema de Mantenimiento Productivo Total (MPT).

El MPT es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Al considerarse estrategia, ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. Permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de

respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas, la calidad de los productos y servicios finales [Zhu y Pintelon, 2000].

Según Chan et al., [2005], en este sistema se combinan las prácticas habituales del mantenimiento preventivo y predictivo con el sistema participativo japonés de involucrar al máximo al personal de operaciones y, su resultado es un sistema innovador que optimiza la eficiencia y la eliminación de roturas, aprovechando las actividades que día a día realiza un grupo de operarios.

Por su parte, Torres [2005] plantea que el MPT consiste en “maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas por la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias”.

Las ventajas de este sistema están relacionadas con su carácter [Torres, 2005; Paredes Rodríguez, 2005]:

1. Organizativo

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

2. Seguridad

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

A pesar de los beneficios expresados anteriormente, se pueden presentar las desventajas siguientes [Zhu y Pintelon, 2000; Paredes Rodríguez, 2005 y Popescu y Elsenbach, 2007]:

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio.
- No puede ser introducido por imposición.
- Requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos, lo cual por norma general es de una complejidad elevada.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización, es costosa.
- El proceso de implantación requiere de varios años.

DEFINICIÓN DEL TPM.

Seiichi Nakajima dice que una definición completa incluye lo siguiente:

- TPM, maximiza la efectividad global del equipo haciendo rentable el MP.
- Establece un sistema de MP para la vida del equipo. Incluye prevención del mantenimiento (diseño libre de mantenimiento) y la mejora de la *mantenibilidad*.
- Se implementa por varios departamentos (ingeniería, operaciones, mantenimiento, administración).
- Incluye a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de planta.
- Se basa en la promoción del MP a través de la dirección de la motivación: actividades autónomas de pequeños grupos. Esta es una característica “única” del TPM.

Para Nakajima la palabra *total* en TPM tiene tres significados:

- 1. Efectividad Total:** el TPM busca eficiencia económica y rentabilidad de la planta a través de eliminación de pérdidas, aprovechamiento del aporte de los empleados y aprendizaje continuo en la organización.
- 2. Sistema de Mantenimiento Total:** que incluye *Prevención del mantenimiento:* hacer cualquier cosa a la máquina para reducir el mantenimiento, disminuir costos y tiempos de mantenimiento. *Mejora de la mantenibilidad:* hacer cualquier cosa a la máquina para que el mantenimiento sea fácil y rápido –el rediseño es uno de los principios del Mantenimiento Proactivo-
- 3. Participación de todos:** mantenimiento autónomo de los operarios de los equipos a través de la actividad de pequeños grupos.

El Mantenimiento Proactivo y el TPM.

El objetivo del Mantenimiento Proactivo es incrementar la vida de la maquinaria y asegurar su confiabilidad, mientras que el objetivo del TPM, es hacer funcionar la maquinaria con máxima efectividad, disminuir pérdidas en la planta, ejecutar el mantenimiento de acuerdo con la vida del equipo, aumentar el tiempo entre fallas (MTBF), la meta del TPM es cero averías y cero defectos. Parecen conceptos diferentes, pero si analizamos “incrementar la vida de la maquinaria”, nos estamos refiriendo al mismo término de “aumentar el tiempo entre fallas” y si analizamos el concepto “asegurar la confiabilidad”, que significa que el equipo se desempeñe a la capacidad esperada dentro de las condiciones de operación, esto significa que el equipo debe operar con su máxima efectividad y producir calidad sin poner en riesgo la seguridad. Esto es lo que persigue el TPM.

Las causas de falla de la maquinaria son muchas, pero generalmente se acepta que el 20% de las causas genera el 80% de los problemas. Frecuentemente los síntomas de la falla ocultan la causa o aparecen como la causa misma. Por ejemplo, una falla repentina de un balero es frecuentemente atribuida a mala calidad del lubricante. La causa real de falla frecuentemente es la contaminación del lubricante, mala filtración o mala instalación del balero. Cuando una máquina está bien diseñada y construida, las causas de falla generalmente se reducen a mala aplicación o contaminación. La contaminación es la causa más común de falla de maquinaria mecánica y causa el 85% del desgaste de los equipos.

Mucha maquinaria es dependiente de sistemas fluidos, tales como los lubricantes, aceites hidráulicos, refrigerantes, combustibles y aire, los cuales llevan los contaminantes dentro del sistema y los transportan. La presencia de contaminación anormal, en un sistema puede describirse como falla incipiente, esto significa que aunque la máquina no está experimentando una pérdida en su desempeño o degradación de sus componentes, las condiciones que llevan a la falla y reducen la vida del componente están presentes.

Haciendo un paralelo con nuestra salud, altos niveles de contaminantes son similares a altos niveles de colesterol y presión sanguínea; Tarde o temprano nos conducen a la muerte. Pero al igual que el colesterol y la presión, la contaminación es una condición que puede corregirse.

Los contaminantes de que hablamos son partículas sólidas, humedad, aire, productos químicos y otros materiales ajenos al sistema. La mayor parte del desgaste proviene de las partículas. Según Vickers: "El 90% de las fallas por desgaste abrasivo son debidas a la contaminación". El problema radica en que las partículas contaminantes a las que nos referimos son tan pequeñas que no es posible verlas. Generalmente subestimamos la cantidad de partículas que ingresan a nuestros sistemas, (el tamaño más peligroso es el de aquellas partículas menores a 10 micras; - el ojo humano no puede ver partículas menores a 40 micras) y sobrestimamos la eficiencia de los filtros (creemos que pueden retener toda esa contaminación). Un estudio de la Universidad de Oklahoma establece que en un sistema común ingresan de 10 a 100 millones de partículas mayores a 10 micras, ¡en un minuto!" -La vida de la maquinaria depende de una película lubricante menor a 10 micras-

Los filtros (si es que se cuenta con uno), están sujetos a un reto formidable de retirar las partículas a la misma velocidad a la que ingresan. La parte más crítica es que por cada partícula que ingresa al sistema, se producen 10 partículas más, entre las que se dividen y las que se generan por el desgaste.

Un enfoque del Mantenimiento Proactivo está en el control de esta contaminación y el establecimiento de métodos y dispositivos para reducir y controlar su impacto en la maquinaria, prolongando de esta manera su vida. El secreto del éxito del programa está en esa frase japonesa que dice “Hazlo, no sólo hables de hacerlo”

El análisis de aceite es una de las herramientas más valiosas en la implementación y control de un Programa de Mantenimiento Proactivo, particularmente importantes son las pruebas de: Conteo de partículas, viscosidad, TAN, TBN, degradación de aditivos y metales en partes por millón.

TPM debe servirse del Mantenimiento Proactivo (PM) para el logro de sus objetivos, mediante el uso de sus herramientas y la aplicación de sus principios fundamentales.

El Mantenimiento Proactivo puede ser aplicado con casi todas las herramientas del TPM (Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planificado, Mantenimiento de Calidad y Mantenimiento Temprano), utilizando sus principios:

- **Trabajo en equipo:** La filosofía de eliminar las causas de falla del PM debe estar en la mente de los grupos interfuncionales, de diferentes áreas y niveles, de modo que todos aporten en la eliminación de las causas de falla
- **Planear mejoras:** Con la aplicación del ciclo Deming. Planear las mejoras y si el caso lo requiere, rediseñar los equipos y los procesos para evitar las causas de falla. Educar y capacitar en las prácticas del control de la contaminación, la lubricación, el análisis de aceite y alineación y balanceo del equipo. Establecer controles para verificar los efectos de la implementación; actuar para hacer ajustes o asegurar la mejora. La aplicación de este ciclo debe hacerse en forma continua.
- **Utilizar herramientas adecuadas:** Son técnicas para llegar al origen de una falla: método de los 5¿Por Qué? (5W), diagrama de causa y efecto (FMECA), diagrama de Pareto, lluvia de ideas, Análisis de causa de falla (RCFA), análisis de aceite, alineación y balanceo, etc.

Mejoras Enfocadas.

Las mejoras pretenden eliminar las seis grandes pérdidas de un proceso productivo:

- Daño de máquinas.
- Preparaciones y ajustes. Pérdidas de velocidad.
- Esperas y paros menores.
- Velocidad reducida. Pérdidas por defectos.
- Producción defectuosa, reproceso, desechos.
- Arranques. Reducción del rendimiento desde el arranque hasta alcanzar la producción estable.

Claramente podemos ver como el PM influye en todas ellas asegurando la confiabilidad de la maquinaria.

Mantenimiento Autónomo.

Los operarios tienen en sus manos el control de la contaminación: mediante la limpieza, una adecuada lubricación, revisión de los respiradores y filtros, revisión de niveles y ajustes.

La estrategia de las 5 S parece ser establecida para describir la aplicación del PM y el control de la contaminación:

- SEIRI: Organización.
- SEITON: Orden.
- SEISOU: Limpieza.
- SEIKETSU: Pulcritud.
- SHITSUKE: Disciplina.

Los cuatro primeros giran alrededor de la disciplina para conservar los equipos libres de contaminación y dentro de los parámetros de limpieza, alineación y balanceo, lo cual permitirá disminuir la posibilidad de falla del equipo. En el mantenimiento autónomo se busca concientizar a operarios y a la gente de producción para que se involucren en el cuidado del equipo y utilicen el conocimiento que tienen sobre él para prevenir fallas y mejorar o mantener su rendimiento.

En los pasos de TPM para la implementación del mantenimiento autónomo, se especifica la limpieza como uno de los factores más importantes de arranque, La limpieza no consiste en repartir trapo y escoba a cada operario, sino que se aplica con la idea de:

- Eliminar fuentes de contaminación identificadas.
- Establecer estándares de limpieza.
- Establecer las mejores prácticas de lubricación y manejo de lubricantes.

Mantenimiento Planeado.

El departamento de mantenimiento debe desarrollar estándares para el equipo con el fin de compararlos con aquellos fijados por el departamento de operaciones y sus operarios durante la inspección autónoma. Los pasos del proceso de desarrollo del mantenimiento planificado son:

- Evaluar el equipo y comprender la situación real de partida
- Revertir el deterioro y corregir las debilidades
- Crear un sistema de gestión de información
- Crear un sistema de mantenimiento periódico
- Crear un sistema de mantenimiento predictivo
- Evaluar el sistema de mantenimiento planificado.

En esta etapa, el análisis de aceite juega un papel fundamental, en la evaluación del equipo y el control de las condiciones de operación. En el proceso de corregir el deterioro y corregir las debilidades debe incorporarse la filosofía de eliminar las causas de falla. En caso de persistir estas, sería el equivalente de podar la maleza y no arrancarla desde la raíz.

Mantenimiento de calidad.

Es una fase avanzada de TPM y consiste en controlar la calidad del producto final a través del control del equipo. Este control puede ser llevado a cabo con la combinación de las herramientas de control del mantenimiento predictivo y proactivo. Así, estaremos en posibilidad de ampliar la vida de la máquina y además predecir una falla en la etapa temprana, lo que nos permitirá mantener la productividad y la calidad. El resultado esperado de esta herramienta es:

- Nivel de fallas muy bajo.
- Mayor Tiempo promedio entre fallas (MTBF).
- Alta confiabilidad del equipo.

Mantenimiento Temprano.

Esta parte del TPM, corresponde totalmente al Mantenimiento Proactivo, ya que se aplica para hacer que los equipos estén a prueba de mantenimiento, reducir el tiempo entre el diseño, la puesta en marcha y la operación estable, modificar el diseño para que el equipo no falle, mejorar mantenibilidad y prevenir el mantenimiento; otras acciones a seguir para su aplicación son: actuar en el diseño del equipo, aplicar estudios tipológicos (de mejora de la lubricación), controlar períodos de asentamiento del equipo, medir y controlar desgastes, alcanzar la operación apropiada, capacitar y educar a todos los niveles.

1.3.7 Aspectos generales sobre la selección del tipo de mantenimiento en Cuba.

Los tipos de mantenimiento analizados se pueden combinar de forma tal que se obtenga el máximo rendimiento de las instalaciones. Varios autores [De la Paz Martínez, 1996; Batista Rodríguez, 2000; González Danger y Hechavarría Pierre, 2001; Borroto Pentón, 2005; Alfonso Llanes, 2009] han coincidido que no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento. En el proceso industrial existen diversidad de equipos ocupando una posición desigual y poseedores de características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Para la selección del tipo de mantenimiento, varios autores cubanos han diseñado metodologías con este fin, tal es el caso de González Danger y Hechavarría Pierre [2001], los mismos proponen un algoritmo que incluye el estudio del régimen de explotación y del sistema de mantenimiento existente en la empresa, la clasificación de la industria según sus características de producción, grado de mecanización y régimen de trabajo, la aplicación del proceso de diferenciación de máquinas y definición de la política de mantenimiento hasta nivel de sistemas; de estos resultados se obtiene el tipo de acción de mantenimiento a acometer y luego de una valoración económica de ser positivo el análisis, se implanta el sistema, el cual puede irse perfeccionando hasta el logro de una gestión de mantenimiento automatizada.

Asimismo, Sexto Cabrera, Parra Suárez y Palacio Gallego [2003], realizan para la selección del tipo de mantenimiento una selección y análisis de las máquinas críticas a partir de un método de categorización basado en 12 puntos: intercambiabilidad, importancia productiva, régimen de operación, nivel de utilización, grado de precisión, mantenibilidad, conservabilidad, automatización, valor de la máquina, factibilidad de aprovisionamiento, seguridad operacional y disponibilidad, aplicando la técnica del criterio de expertos.

Para la selección del tipo de mantenimiento Alfonso Llanes [2009] propone un algoritmo, a partir de las propuestas presentadas por Torres [1997], Borroto Pentón [2005] y Chistensen [2006], que alcanza este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo (ver Figura 1.1.), las cuales van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento estudiado.

Teniendo en cuenta las características propias de cada tipo de mantenimiento (ventajas, desventajas y condiciones de aplicación) se deciden las políticas de mantenimiento a considerar, así como su orden de prioridad según la estrategia trazada para cada clase y el tipo de fallo que se presente (ver Tabla 1.1.), siendo estas las que se definen a continuación:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición
2. Mantenimiento preventivo basado en el tiempo

3. Mantenimiento contra avería
4. Mantenimiento de mejora

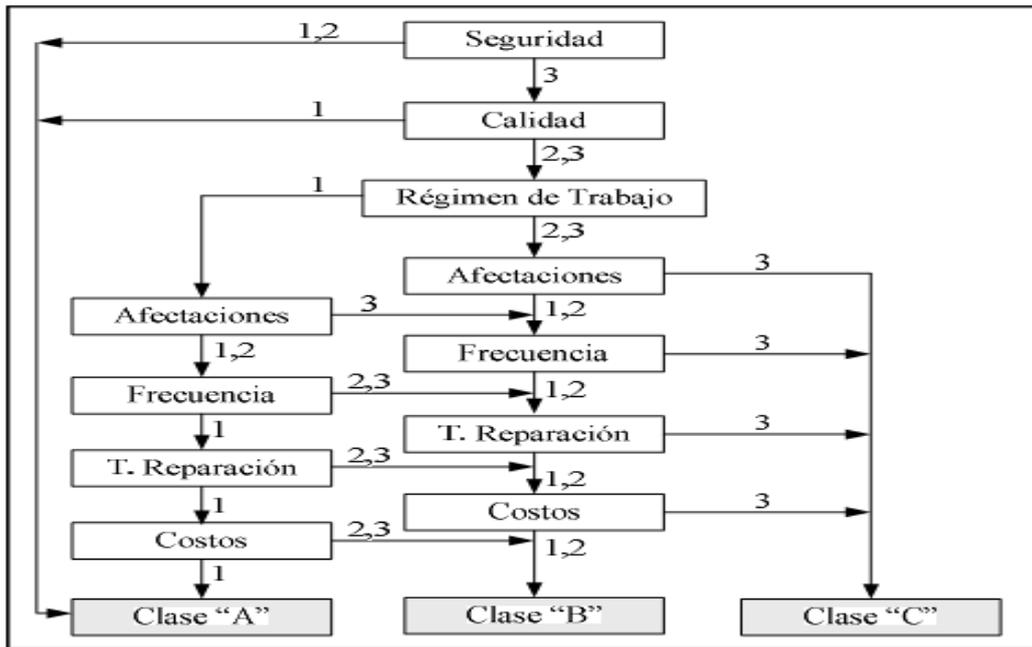


Figura 1.1. Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipamiento. Fuente: Alfonso Llanes, 2009.

Tabla 1.1. Variantes de mantenimiento propuestas

Clase	Clasificación de los fallos			
	Periódico de Fácil Detección	Periódico de Difícil Detección	Aleatorio Poco Frecuente	Aleatorio muy Frecuente
"A"	1, 2, 4	2, 1, 4	1, 4	1, 4
"B"	2, 3, 4	2, 3, 4	3, 4	2, 3, 4
"C"	2, 3	2, 3	3	3

Fuente: Alfonso Llanes, 2009.

Se puede concluir que a la hora de decidir la aplicación de la tarea de mantenimiento propuesta, primeramente se debe analizar si existen todas las condiciones técnicas para su implementación (factibilidad técnica) y luego analizar su factibilidad desde el punto de vista económico. El incumplimiento de alguno de estos factores puede dar al traste con la realización de la tarea que se esté considerando y entonces pasar a analizar la que le sigue en prioridad.

En este caso, se deben considerar los elementos siguientes:

- Bajo ninguna circunstancia se debe proponer una política de mantenimiento contra averías para un equipo catalogado como clase “A”.
- Dado que, a pesar de realizar el mantenimiento preventivo las acciones correctivas son inevitables, tanto el personal, las piezas de reposición como la documentación deben estar disponibles para planear trabajos no programados en las unidades críticas.

1.4 La evolución del mantenimiento en los equipos de transporte ferroviario.

El primer medio de transporte que uso ruedas montadas sobre rieles y que utilizaba la fuerza motriz proporcionada por la máquina de vapor, fue diseñado por el inglés Richard Trevithick, el 24 de febrero de 1804, al adaptar la máquina de vapor utilizada desde principios del Siglo XVIII. La usó para bombear agua y así tirar de una locomotora que hizo circular a una velocidad de 8km/h. Este se puede considerar el primer tren y fue utilizado para transportar 10 toneladas de acero y 70 hombres, sobre una vía de 15km, desde la fundición de Pen&Darren, en el sur de Gales.

EVOLUCION

Su mantenimiento es relativamente cómodo. A finales del Siglo XX, los trenes de levitación magnética son los que marcan el camino del desarrollo ferroviario.

Este modelo sigue evolucionando y ha generado la puesta en servicio de un tren controlado automáticamente. Las computadoras que controlan este servicio pueden corregir el horario de un tren o modificar la ruta de alguno que venga fuera de su plan original. En 1989, se puso en funcionamiento el metro de Lille, en Francia, gracias a esta renovada tecnología.

Transporte Público. El primer transporte público que funcionó con locomotoras de vapor, sobre vías férreas, fue inaugurado en 1830. Seguía la vía de Liverpool a Manchester, Inglaterra. Esta primera empresa de transporte ferroviario fue dirigida por George Stephenson con ayuda de su hijo Robert.

Este tipo de transporte terrestre se ha estado perfeccionando con miras a que sea el transporte del futuro, ya que no presenta problemas de contaminación, alcanza velocidades competitivas con el transporte aéreo, y no genera pérdidas de energía por rozamiento.

La construcción de ferrocarriles se siguió extendiendo por todo el mundo, porque era un medio de transporte efectivo, público y de bajo costo, y permitiría el transporte de carga y de personas a zonas en el interior de los continentes.

La gestión del mantenimiento cada vez está tomando más relevancia dentro de las organizaciones llegando a tal punto que en algunas de estas se cambio el cargo de Gerente de Mantenimiento pasando a llamarse Gerente de Activos Físicos, ya que estos no solo se deben preocupar de los aspectos respecto al mantenimiento, sino también del correcto uso y cuidado de activos de la empresa.

El mantenimiento ferroviario hace referencia tanto al material rodante como a la infraestructura ferroviaria. Consiste en operaciones periódicas preventivas o correctivas con el fin de alargar la vida útil de los equipos.

En el material móvil se realiza un mantenimiento preventivo programado y en caso de ser necesario mantenimiento correctivo o reparación de fallos, por lo general los sistemas mecánicos, eléctricos y neumáticos son revisados de manera preventiva y los electrónicos se reducen a limpiezas externas y comprobaciones funcionales.

Por otra parte el mantenimiento de infraestructura corresponde a vía, estaciones y túneles, es decir todas las obras civiles, el mantenimiento de instalaciones comprende las líneas aéreas o catenarias, subestaciones, ascensores, escaleras mecánicas, megafonía, telefonía, etc.

En la actualidad las labores de mantenimiento de las empresas para buscar aprovechar al máximo sus recursos y mejorar los resultados dentro de ellas, se pueden gestionar mediante ordenadores haciendo más fácil la recopilación de datos, procesamiento y realización de muchas actividades de mantenimiento de una manera más sencilla en vez de llevar solo en registros en hojas, debido a la cantidad de información que se maneja en los departamentos de mantenimiento.

La Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador (GMAO) es una herramienta informática encargada de la gestión de las actividades de mantenimiento, comprende una base de datos que contiene información de la empresa, almacén, equipos, empleados y operaciones que se llevan a cabo en el departamento de mantenimiento. Un programa de gestión de mantenimiento, no es un programa que realiza mantenimiento, solo es una poderosa herramienta de gestión, que facilita las labores de mantenimiento.

1.5 Conclusiones Parciales.

Las diferentes filosofías de mantenimiento estarán presentes en un programa de TPM. Cada una de ellas deberá ser aplicada a la maquinaria después de haber efectuado un estudio en el que se establezcan las prioridades de seguridad, confiabilidad, disponibilidad y costo del mantenimiento

(costo – beneficio). Equipo no crítico podrá ser operado hasta la falla, mientras que otros deberán ser sujetos a rutinas de mantenimiento preventivo y los más críticos a las de Mantenimiento Predictivo. Pero todos los equipos se beneficiarán de la práctica del Mantenimiento Proactivo, al detectar sus causas de falla y tratar de minimizarlas o eliminarlas. El control de la contaminación (limpieza) es la estrategia más simple, que mayores dividendos pagan y en realidad es una de las más económicas. El análisis de aceite es una herramienta sencilla para monitorear la existencia de las causas de falla en maquinaria rotatoria y en el control de los niveles de limpieza (interna) de los equipos. Generalmente proporciona información de la falla hasta 14 veces más rápido que el análisis de vibración y otras tecnologías predictivas.

Al destacar el TPM como una práctica del mejoramiento continuo, vale la pena insistir en el papel que juega el ser humano; de su actitud depende el éxito o fracaso del programa; he aquí una gran oportunidad para aprovechar todo ese potencial de talento que hay en cada integrante de la organización.

CAPITULO II.

2.1 Caracterización de la Organización de la UEB Ferrocarriles Matanzas.

La Unidad se nombra UEB Ferrocarriles Matanzas y está subordinada a la Empresa Ferrocarriles de Occidente. La misma inicio sus actividades en el año 2012, después de una reestructuración general de la Unión de Ferrocarriles de Cuba.

De ahí que la misión de la Unidad Básica tiene por objetivo garantizar la explotación mediante la realización de mantenimientos y reparación de los vehículos de transporte ferroviario y elaborar producciones necesarias para sus insumos y de otro tipo para el sistema de la Unión Ferroviaria.

Para ello cuenta con la estructura organizativa que se muestra a continuación:

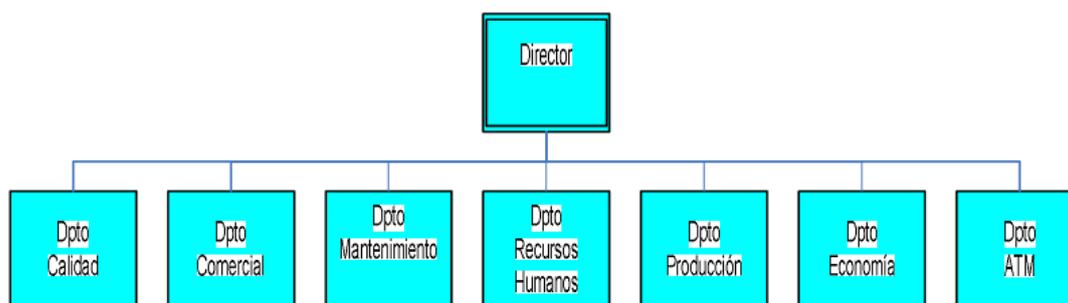


Figura 2.1 Estructura Organizativa.

Categoría ocupacional	Plantilla aprobada	Plantilla cubierta
Dirigentes	10	10
Técnicos	25	25
Trabajadores administrat.	23	23
Trabajadores de servicio	17	17
Obreros	377	266
Total	452	341

Tabla 2.1 Plantilla aprobada y cubierta de la entidad.

La UEB Ferrocarriles Matanzas presta servicios de transportación de pasajeros y cargas fundamentalmente. Entre los servicios de transportación de carga realiza los de carga general en

casilla de productos de aseos (detergente líquido y jabón) con la UEB Suchel-Jovel de Jovellanos, transportación de combustibles en cisternas de PCM-MOV con la División Territorial de Comercialización de Combustibles; la transportación de chatarra, yeso en cajones, entre otros, con las Empresas de Recuperación de Materias Primas y de Materiales de la Construcción respectivamente, además de la transportación de contenedores vacíos en planchas portacontenedores con la Sucursal Varadero de Almacenes Universales S.A. y la prestación de servicios conexos de vagones a la descarga fundamentalmente en el C.C.D de Jovellanos, Puerto José L. Dubrocq de Matanzas y en otros accesos ferroviarios de cargas generales a empresas de aceites y grasas, AZUMAT, Suministro y Transporte de la Agricultura, Empresa Eléctrica, Empresa Nacional de la Sal ENSAL, etc.

A pesar de la difícil situación por la que ha atravesado el país, la entidad ha logrado mantener el cumplimiento de las metas trazadas, y tiene como proyecciones futuras:

El logro de incrementar la transportación de pasajeros y cargas a través del transporte ferroviario e insertarse en el desarrollo económico y social que le permita potenciar económicamente sus ingresos, garantizando una disminución en los niveles de subsidios logrando un alto grado de calidad y eficiencia que redunden en la satisfacción del cliente, además de hacer del Ferrocarril Público Cubano un modelo de transporte exitoso para la sociedad y las generaciones futuras.

Así como también pretende ser una entidad elegida por los clientes y líder en el servicio con una imagen reconocida y respetada, logrando la plena satisfacción de sus usuarios, con servicios que contengan óptimos parámetros de calidad, seguridad, oportunidad y tarifas; para lo cual dispondrá de tecnologías de avanzadas, en correspondencia con las tendencias mundiales, con trabajadores profesionales, leales y plenamente conscientes de la labor que realizan.

2.2 Caracterización del Caso de Estudio.

El departamento de mantenimiento técnico de la unidad tiene la función de:

- Controlar y planificar los mantenimientos técnicos y atenciones técnicas al material rodante y las instalaciones especializadas.
- Controla y verifica las normas de consumo y trabajo realizado al material rodante.
- Controla y ejecuta la explotación de los equipos tractivos y de arrastre.
- Controla y ejecuta la atención técnica y explotación del transporte terrestre.
- Planifica cursos de superación técnica para los trabajadores de acuerdo a la necesidad del momento producto a los cambios de tecnología.
- Dirige y controla técnica y metodológicamente a los talleres dentro de la unidad básica.

Realiza varios tipos de mantenimientos junto a la unidad empresarial de base como por ejemplo:

- En el material rodante de arrastre, reparaciones generales, medias y ligeras.
- Mantenimientos anuales.
- Reportes del material rodante tractivo.
- Reparaciones corrientes 1y2.
- Mantenimientos 2y3.
- Reportes.

2.3 Descripción de Métodos a aplicar.

2.3.1 Procedimiento de Evaluación y Control de la Gestión del Mantenimiento.

Consiste en un método que permite mediante 8 aspectos fundamentales evaluar y controlar la gestión del mantenimiento en las entidades de servicios.

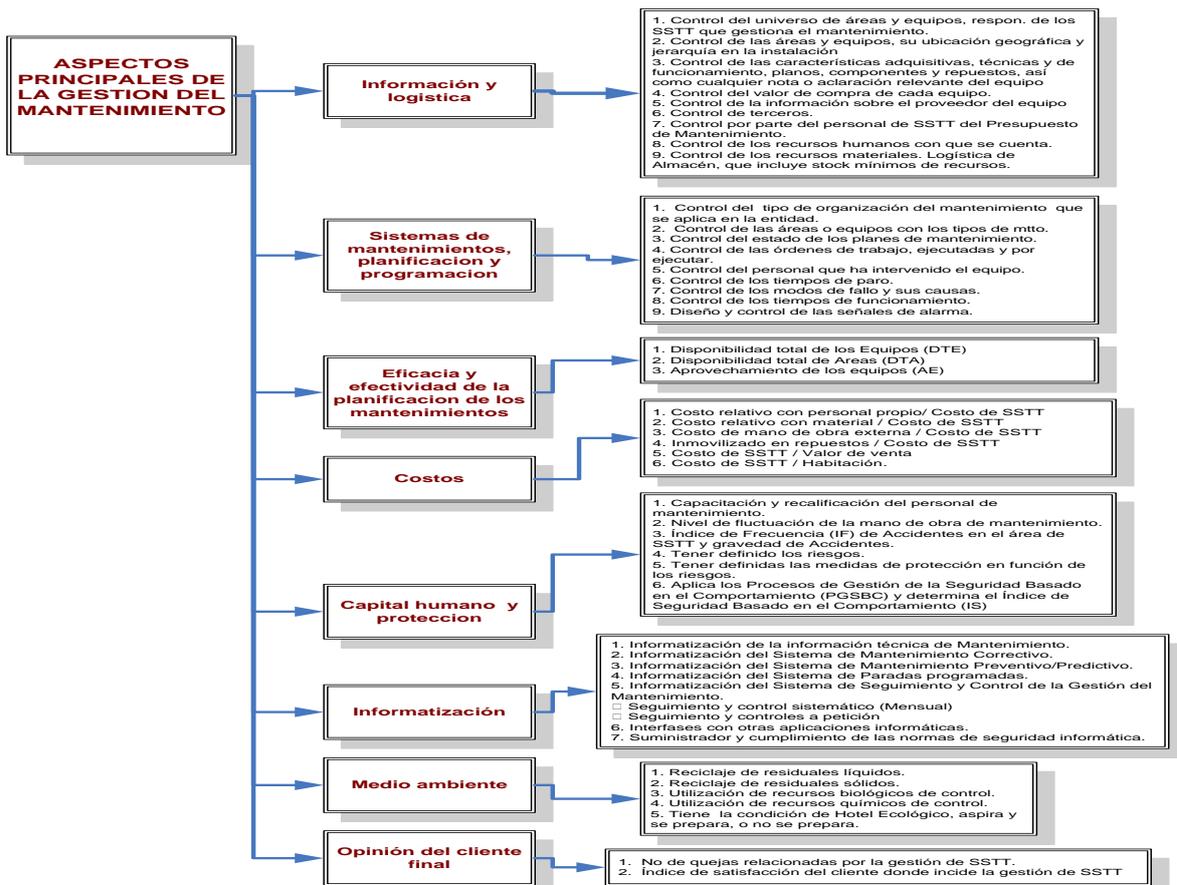


Figura 2.2 Procedimiento de Evaluación y Control de la Gestión del Mantenimiento.

Se compone de dos herramientas, la primera es un cuestionario con todos los indicadores o aspectos ponderados y evaluables de la Gestión del Mantenimiento, los cuales deben ser evaluados por el experto del tema, en la instalación, que en este caso en particular sería el Jefe de Servicios Técnicos o de Mantenimiento de la entidad.

Los indicadores pueden ser evaluados como **Óptimo**, **Bueno** o **Deficiente**, a criterio del especialista.

Es el evaluador y su experiencia, el que obviamente, permita decidir sobre un valor seleccionado de los rangos.

El mismo consta de un cuestionario que contiene ocho aspectos fundamentales y cada uno con sus correspondientes subaspectos.

Información y logística.
Este aspecto principal tiene como objetivo evaluar la gestión y disponibilidad, en la entidad, de la información necesaria para la toma de decisiones relativas al mantenimiento.
De esta forma, se persigue verificar el control de los siguientes subaspectos:

Control del universo de áreas y equipos, responsabilidad de los SSTT que gestiona el mantenimiento. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de las áreas y equipos, su ubicación geográfica y jerarquía en la instalación. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de las características adquisitivas, técnicas y de funcionamiento, planos, componentes y repuestos, así como cualquier nota o aclaración relevante del equipo. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
El control del valor de compra de cada equipo. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de la información sobre el proveedor del equipo. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de terceros. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control por parte del personal de SSTT del presupuesto de mantenimiento. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de los recursos humanos con que se cuenta. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.
Control de los recursos materiales. Logística de almacén, que incluye stock mínimos de recursos. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente _____.

Fragmento del cuestionario.

Fuente: Autor

El segundo instrumento a utilizar es una **Hoja de Cálculo de Excel**, donde se colocan los valores asignados por el experto a cada indicador con su subaspecto correspondiente, de esto se encarga el investigador que lleva a cabo el procedimiento.

Al culminar se obtiene el Indicador General de la Gestión del Mantenimiento (**IGGM**), el cual nos proporciona un número que permite comparar el comportamiento de la Gestión del Mantenimiento y en general el funcionamiento del Departamento de Servicios Técnicos con otros similares, por ser ponderado.

Este procedimiento se obtuvo mediante la combinación de varias herramientas y el apoyo de especialistas que consiguieron definir los principales indicadores para gestionar el Mantenimiento en e Instalaciones de Servicios. (Arenas, Indicador General de la Gestion del Mantenimiento, 2005)



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	HOJA DE CALCULO PARA DETERMINAR EL IGGM								
2	SECTOR HOTELERO								
3									
4									
5	Indicaciones:								
6	Solamente introduzca los valores, resultados de su evaluación, en las								
7	columnas G, de Evaluaciones, para los sub aspectos, en color azul.								
8	La evaluación de los aspectos será calculada por el programa.								
9									
10	IGGM =		0 %						
11									
12	RESUMEN DE LOS VECTORES JERARQUICOS								
13									
14	A	Aspectos Principales			V. Saaty	Evaluación	Ponderación		
15	A1	Información y Logística							
16	A2	Planificación de la Programación							
17	A3	Efectividad de los Mantenimientos							
18	A4	Costos							
19	A5	CCHH y protección							
20	A6	Informatización							
21	A7	Medio Ambiente							
22	A8	Cliente final							
23									

Imagen 2.1 Hoja de Excel

Fuente: Autor

2.3.2 Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa también llamado “Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Esqueleto de Pescado” (Figura 2.3) es una técnica que se muestra de manera gráfica para identificar y arreglar las causas de un acontecimiento, problema o resultado. Su creador fue el japonés Kaoru Ishikawa,

experto en control de calidad. Esta técnica ilustra gráficamente la relación jerárquica entre las causas según su nivel de importancia o detalle y dado un resultado específico.

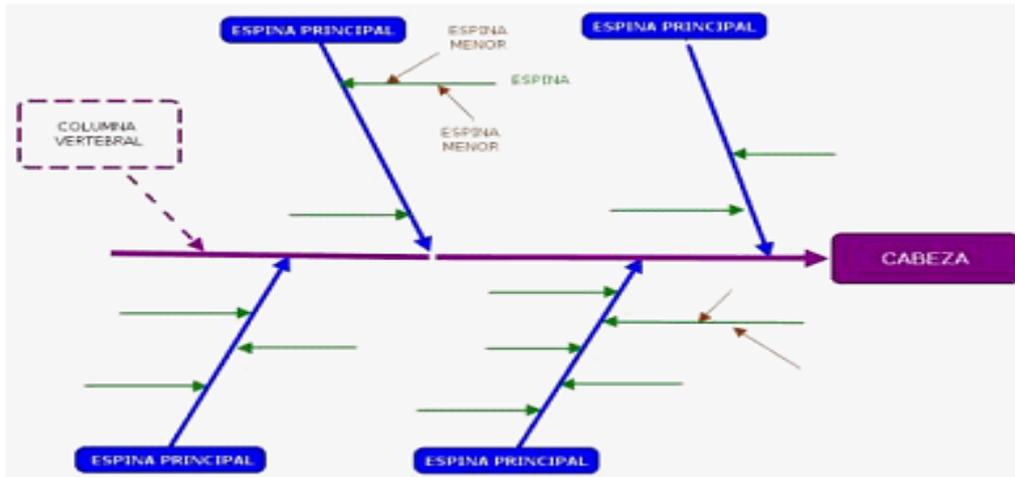


Figura 2.3 Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Esqueleto de Pescado.

Karou Ishikawa diseñó el Diagrama de Esqueleto de Pescado, este experto japonés, profesor de la Universidad de Tokio era reconocido por el tema de gerencia de la calidad. Fue en 1943 cuando se le da uso al diagrama por primera vez, en esa ocasión permitió explicar a un grupo de ingenieros de la Kawazaki Steel Works, cómo un sistema complejo de factores se puede relacionar para ayudar a entender un problema.

Entre los usos que tiene el diagrama de Ishikawa, 12 managers, reconoce las siguientes:

- Concentrar el esfuerzo del equipo en la resolución de un problema complejo.
- Identificar todas las causas y las causas raíces para cada efecto, problema, condición específica.
- Analizar y relacionar algunas de las interacciones entre los factores que están afectando un proceso particular o efecto.
- Permite la acción correctiva.

El Diagrama de Ishikawa también conocido como Diagrama Causa-Efecto, es una herramienta que ilustra gráficamente las relaciones entre un efecto (resultado) y sus causas (factores), ayudando a identificar, clasificar y evidenciar posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad.

Entre las ventajas que ofrece, el Diagrama de Ishikawa permite concentrarse en el contenido del problema, al margen de los intereses personales que pudieran tener los integrantes del grupo, y

estimula la participación de cada uno de ellos, con lo que se obtiene mayor provecho de los conocimientos individuales de cada miembro del equipo sobre el proceso.

El diagrama Ishikawa es una grafica en la cual, en el lado derecho se anota el problema, y en el izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y subrayas. Esta herramienta será de mayor utilidad a la medida que el problema a analizar este mejor localizado y delimitado.

Este diagrama es una manera de identificar las fuentes de variabilidad. Para confirmar si una posible causa es una causa real se recurre a la obtención de datos o al conocimiento que se tiene sobre el proceso. Pero para iniciar la búsqueda de la solución de un problema en general, y para obtener la información para construir un Diagrama de Ishikawa en particular, suele utilizarse como herramienta adicional la Lluvia de Ideas.

Método para crear un diagrama de Ishikawa

- Identificar y establecer el problema o el efecto que se analizará.
- Dibujar una caja que contenga el problema o el efecto y sobre la izquierda una espina dorsal horizontal.
- Conducir a una sesión de tormenta de ideas. Como un primer bosquejo, para las ramas principales usted puede utilizar las siguientes categorías:
- Industria de servicios: las 8 P, producto/servicio, precio, promoción, políticas, procesos, procedimientos, plaza/planta/tecnología.
- Industrial: las 6 M's, mano de obra, métodos, medidas, maquinaria, materiales, madre naturaleza (ambiente).
- Identificar las causas principales que contribuyen al efecto que es estudiado. Para esto se puede utilizar un Análisis de Pareto o un Análisis de la causa raíz.
- Las causas principales se convierten en las etiquetas para los sucursales secundarios del diagrama.
- Para cada rama secundaria importante, identificar otros factores específicos que puedan ser las causas del efecto. Pregunte ¿Por qué está sucediendo esta causa?
- Identificar niveles cada vez más detallados de causas y continuar organizándolas bajo causas o categorías relacionadas.
- Analizar diagrama.
- Actuar sobre el diagrama y quitar las causas del problema. Los acercamientos genéricos sistemáticos para este paso son el ciclo de Deming o el RACI.

Fortalezas y beneficios del diagrama de Ishikawa:

- Ayuda a encontrar y a considerar todas las causas posibles del problema.
- Ayuda a determinar las causas raíz de un problema o calidad característica, de una manera estructurada.
- Anima la participación grupal y utiliza el conocimiento del proceso que tiene el grupo.
- Ayuda a focalizarse en las causas del tema sin caer en quejas y discusiones irrelevantes.
- Utiliza y ordena, en un formato fácil de leer las relaciones del diagrama causa-efecto.
- Aumenta el conocimiento sobre el proceso, ayudando a todos a aprender más sobre los factores referentes a su trabajo y como estos se relacionan.
- Identifica las áreas para el estudio adicional donde hay una carencia de información suficiente.

Desventaja del diagrama de Ishikawa

- En los problemas extremadamente complejos no es útil, ya que se pueden correlacionar muchas causas y muchos problemas.

Condiciones del diagrama de Ishikawa

- Un problema se compone de un número limitado de causas, que a su vez se descomponen de causas secundarias.
- Será necesario distinguir estas causas, además de las secundarias, ya que esto es útil como primer paso, para ocuparse del problema.

CAPITULO III.

En este Capítulo se presentan los resultados de la aplicación de los métodos y herramientas explicadas en el Capítulo anterior para la evaluación y control de la gestión del mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas, así como el posterior diseño de un Plan de Medidas.

3.1 Resultados Obtenidos.

3.1.1 Resultados de la aplicación del Procedimiento de Evaluación y Control de la Gestión del Mantenimiento.

A	Aspectos Principales	V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A1	Información y Logística	0.144	6.840	0.985
A2	Planificación de la Programación	0.209	6.758	1.412
A3	Efectividad de los Mantenimientos	0.114	6.000	0.684
A4	Costos	0.116	6.865	0.796
A5	CCHH y protección	0.098	6.952	0.681
A6	Informatización	0.036	6.835	0.246
A7	Medio Ambiente	0.125	6.006	0.751
A8	Cliente final	0.157	6.666	1.047
				6.602

Tabla 3.1 Evaluación de los Aspectos Principales.

El “Procedimiento de evaluación y control de la Gestión del Mantenimiento” (Fdez. Arenas, 2009) es un método que permite evaluar y controlar la gestión del mantenimiento en diversas entidades. En este trabajo es implementado en la UEB Ferrocarriles Matanzas.

Tras realizar la encuesta a especialistas se pudieron detectar las principales deficiencias existentes en la entidad. **Ver Anexos 1 y 2.**

1. Se observan deficiencias en el control de las áreas y equipos, su ubicación geográfica y jerarquía en la instalación; y en el control por parte del personal de SSTT del Presupuesto de Mantenimiento.
2. Se detectaron deficiencias en el control del tipo de organización del mantenimiento que se aplica en la entidad al universo de equipos y áreas: Productivo Total, Centrado en la Fiabilidad, Centrado en los Costos, Alterno; lo propio en el control de los modos de fallo y sus causas.

3. Se evidencia en la investigación realizada una baja Disponibilidad del Total de Áreas (DTA); como por ejemplo: el taller de mantenimiento de los equipos de transporte, baja Disponibilidad del Total de los Equipos (DTE), así como el bajo aprovechamiento de los mismos.
4. Deficiencia en el control del costo relativo del material, e inmovilizado en repuestos; a causa del bajo presupuesto de la Entidad.
5. Capacitación y recalificación del personal de mantenimiento baja, debido al nivel de fluctuación de la mano de obra de mantenimiento, resultando difícil el alcance de experiencia necesario de los trabajadores, lo que impide que todos los mecanismos de control de mano de obra, sean orientados en el sentido de obtener mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, además de presentar una deficiente definición de los riesgos, impidiéndole al personal, disfrutar de mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones.
6. Carencia de SOFTWARE que permita la informatización de la información técnica de Mantenimiento, informatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento: Seguimiento y control sistemático (Mensual), Seguimiento y controles a petición.
7. Existe una baja realización de los procesos de saneamiento de la instalación, dado por la ausencia de un adecuado sistema de control medio ambiental, determinante en la Gestión de la actividad de mantenimiento; lo que propicia que el reciclaje de residuales líquidos y sólidos sea deficiente, así como la utilización de los recursos biológicos y químicos de control, evitando así que la Entidad alcance la categoría de Empresa Ecológica.
8. El índice de satisfacción del cliente donde incide la gestión de SSTT (ISST) es bajo, sabiendo que, para apreciar una adecuada gestión de la calidad de los servicios, es indispensable conocer el criterio del cliente final. Por regla, las encuestas, no son realizadas por el área de SSTT y no reflejan intencionalmente la evaluación de la gestión de los SSTT, por lo que este aspecto deberá ser controlado siempre.

3.1.2 Diagrama de Ishikawa.

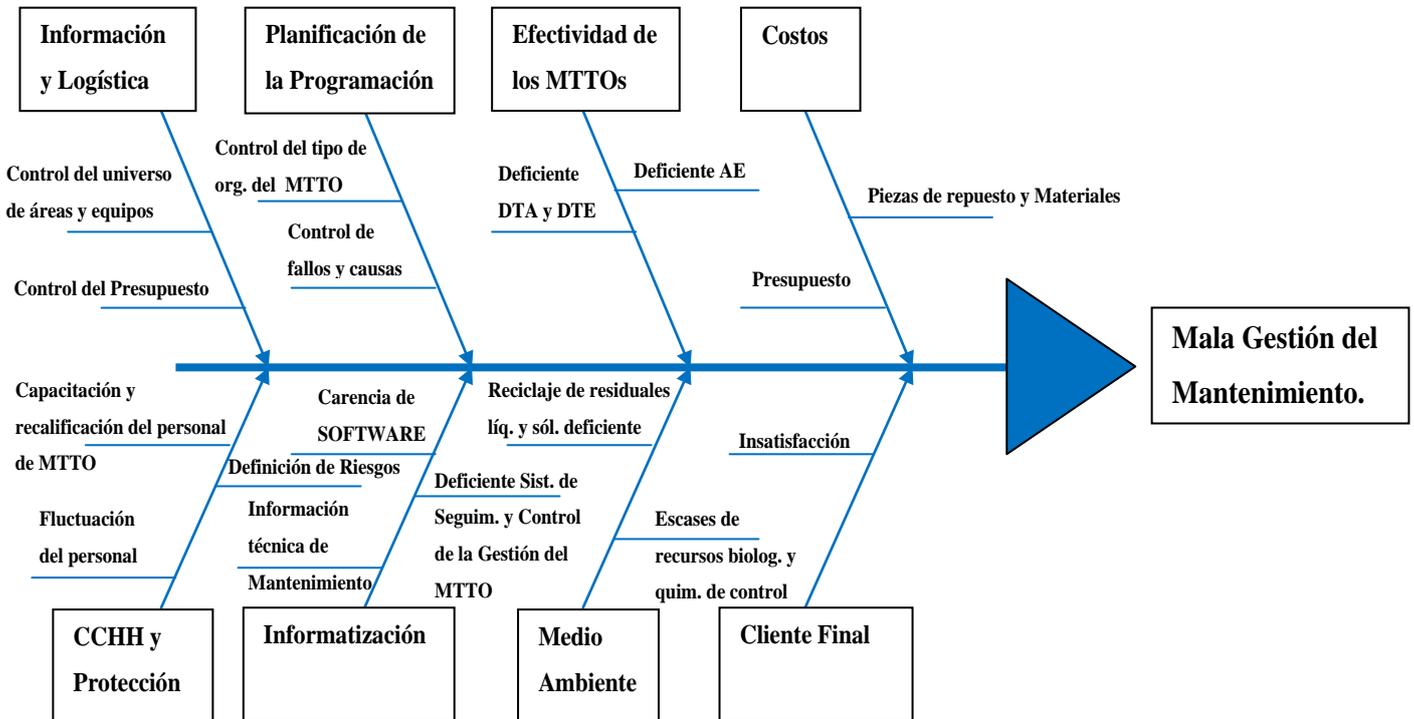


Figura 3.1 Gráfico de Ishikawa.

En el Gráfico de Ishikawa se pueden apreciar los diferentes problemas existentes en la entidad:

1. **Información y Logística:** deficiente control del universo de áreas y equipos, control de presupuesto.
2. **Planificación de la Programación:** deficiente control del tipo de organización del mantenimiento, así como el control de los modos de fallos y sus causas.
3. **Efectividad de los Mantenimientos:** deficiencia en la Disponibilidad del Total de Áreas (DTA), Disponibilidad del Total de Equipos (DTE), y Aprovechamiento de Equipos (AE).
4. **Costos:** deficiencia del presupuesto para la adquisición de piezas de repuesto y materiales.
5. **CCHH y Protección:** deficiente capacitación y recalificación del personal de mantenimiento, por causa de la fluctuación del personal, mala definición de riesgos.
6. **Informatización:** carencia de SOFTWARE que facilite el trabajo de la organización y Gestión del Mantenimiento, así como deficiencias en el Sistema de Seguimiento y Control del mismo. Informatización de la información técnica de Mantenimiento.

Ver Propuesta de Informatización. Epíg. 3.3

7. **Medio Ambiente:** Reciclaje de residuales líquidos y sólidos deficiente, así como también la escases de recursos biológicos y químicos de control.
8. **Cliente Final:** insatisfacción de sus clientes donde incide la gestión de SSTT (ISST), por retrasos de envíos, de horarios de salida y llegada de pasajeros, etc. Por causa de averías en sus equipos de transporte.

3.2 Propuesta de Plan de Medidas.

ASPECTOS	SUBASPECTOS DEFICIENTES	MEDIDAS
Información y Logística	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control del universo de áreas y equipos 2. Control de presupuesto 	<p>Evaluar la gestión y disponibilidad, en la entidad, de la información necesaria para la toma de decisiones relativas al mantenimiento. Por lo que hay que establecer el control de las áreas y equipos, su ubicación geográfica y jerarquía en la instalación; y el control por parte del personal de SSTT del Presupuesto de Mantenimiento.</p>
Planificación de la Programación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control del tipo de organización del mantenimiento 2. Control de los modos de fallos y sus causas 	<p>Controlar la existencia de una forma de planificación del mantenimiento con sus tipos de planes, cómo se aplicarán a las áreas y equipos, responsabilidad de los SSTT que gestiona el mantenimiento. Por lo que hay que establecer el control del tipo de organización del mantenimiento: Productivo Total, Centrado en la Fiabilidad, Centrado en los Costos, Alterno; lo propio en el control de los modos de fallo y sus causas.</p>
Efectividad de los	1. Disponibilidad del Total de Áreas	Definir la efectividad de la aplicación

Mantenimientos	<p>(DTA)</p> <p>2. Disponibilidad del Total de Equipos (DTE)</p> <p>3. Aprovechamiento de Equipos (AE).</p>	<p>de las medidas de mantenimiento implementadas en los planes. Alcanzar la Disponibilidad del Total de Áreas (DTA); como por ejemplo: el taller de mantenimiento de los equipos de transporte, la Disponibilidad del Total de los Equipos (DTE), así como el aprovechamiento de los mismos.</p>
Costos	<p>1. Control del costo relativo con material</p> <p>2. Inmovilizado en repuestos; a causa del bajo presupuesto de la Entidad.</p>	<p>Controlar una serie de índices relativos a los costos asociados al área de mantenimiento; dentro de ellos se deben considerar los que se detallan a continuación: el control del costo relativo del material, e inmovilizado en repuestos; y a su vez obligar el óptimo control del presupuesto de la Entidad.</p>
CCHH y protección	<p>1. Deficiente capacitación y recalificación del personal de mantenimiento</p> <p>2. Nivel de fluctuación del personal</p> <p>3. Definición de riesgos.</p>	<p>Capacitación y recalificación del personal de mantenimiento, debido al nivel de fluctuación de la mano de obra de mantenimiento, el cual se debe disminuirse dentro de lo posible, propiciando el alcance de experiencia necesario de los trabajadores, permitiendo que todos los mecanismos de control de mano de obra, sean orientados en el sentido de obtener mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, además de presentar la definición de los riesgos, permitiéndole al personal, disfrutar</p>

		de mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones.
Informatización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carencia de SOFTWARE que facilite el trabajo de la organización y Gestión del Mantenimiento 2. Informatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento 3. Informatización de la información técnica de Mantenimiento 	<p>Instalar SOFTWARE que permita la informatización de la información técnica de Mantenimiento, informatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento: Seguimiento y control sistemático (Mensual), Seguimiento y controles a petición; puesto que la informatización de un Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento, cada día se hace más necesaria.</p>
Medio Ambiente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclaje de residuales líquidos y sólidos 2. Recursos biológicos y químicos de control 	<p>Realización de los procesos de saneamiento de la instalación, realizar un adecuado sistema de control medio ambiental, determinante en la Gestión de la actividad de mantenimiento; lo que propicia que el reciclaje de residuales líquidos y sólidos sea deficiente, así como la utilización de los recursos biológicos y químicos de control, para que la Entidad alcance la categoría de Empresa Ecológica.</p>
Ciente final	<ol style="list-style-type: none"> 1. Insatisfacción de sus clientes donde incide la gestión de SSTT (ISST) 	<p>Conocer el criterio del cliente final. Realizar las encuesta y como principal objetivo cumplir estrictamente con todas las Medidas Propuestas para los aspectos y subaspectos anteriores.</p>

Tabla 3.2 Propuesta de Plan de medidas.

3.3 Propuesta de informatización.

3.3.1 Sistema de Gestión Empresarial. Software DISTRA.

Hoy en día nos encontramos en una época en la que la información se genera cada segundo de forma instantánea en todas las organizaciones y en cada uno de sus niveles. En el ámbito empresarial, tener a la mano la información necesaria, puede significar una ganancia o una pérdida monetaria. A través de las últimas décadas, han aparecido y evolucionado los sistemas de planeación de los recursos empresariales para ayudar en este sector, mejor conocidos como ERP y el mismo es un tipo de software que permite a las empresas controlar la información que se genera en cada una de sus áreas.

El Sistema de Gestión Empresarial les proporciona a sus usuarios la tecnología necesaria para contar con una amplia visión de todas las actividades de su negocio. De esta manera, sus decisiones serán más acertadas, debido a que reflejarán la situación de su empresa en el momento oportuno y no deberán de basarse en estimaciones o información obsoleta. Incremente, entonces, la efectividad de su gestión y refleje esta mejora en sus estados financieros y contables mediante la maximización del uso de sus recursos empresariales.

Un sistema ERP es un conjunto de programas integrados que apoya las principales actividades de organizacionales tales como planificación, logística, recursos humanos, contabilidad y finanzas. Esto significa que lo que se trata, es de contar con un solo programa de software que satisfaga las necesidades de todos los departamentos de la empresa.

Aunque en los conceptos anteriormente expuestos se hace un especial énfasis en la planificación como criterio fundamental de la filosofía EPR muy pocos o casi ninguna de las tecnologías actualmente en el mercado contemplan subsistemas o módulos completamente especializados en el área de planificación. En el caso del producto DISTRA se ha desarrollado un subsistema enteramente de planificación con varios niveles de complejidad y estructura conceptual, adaptable a distintos procesos, pero con objeto común de llevar a cabo la planificación como proceso fundamental.

3.3.2 Subsistema de Estructura y Composición.

La creación de esta solución está dada por la necesidad de crear un sistema que apoye la actividad de estructura y composición como parte del perfeccionamiento de los procesos; con el objetivo de mejorar la organización y elevar la eficiencia de los mismos, con el fin de obtener un sistema base

y/o marco normativo para el trabajo con los procesos de gestión del personal y de los medios, igualmente para el perfeccionamiento y organización de las estructuras organizativas en su totalidad. En la actualidad, la gestión de los procesos fundamentales de una entidad u organización, dígase; del capital humano, la planificación y las finanzas; se torna engorrosa, debido a que es complejo llevar el control y/o la gestión centralizada de los mismos; ya que se hace difícil la acción de determinar responsables, de asignar responsabilidades, tareas o funciones a un departamento o a un conjunto de cargos o personas asignados a estos; así como disponer o asignar medios y tener el control de estos, adhiriendo a estas acciones lo compleja que se hace la recopilación necesaria y exacta de toda la información asociada a la estructura organizativa (incluyendo su relación jerárquica) que deben analizar los niveles superiores u órganos rectores.

El sistema permite la creación de la estructura jerárquica de organizaciones, gestiona las plantillas y la generación de documentos oficiales asociadas a estas, incluye un módulo para el proceso de tarifado de la organización, un módulo para el control de dominios de seguridad y la visualización gráfica de información asociada a determinados indicadores sobre la actividad de estructura y composición. Además el sistema es la base integradora de la solución a partir de que este sistema brinda los servicios necesarios para el funcionamiento del resto de los sistemas.

3.3.3 Subsistema de Configuración General.

El módulo de Configuración General brinda la posibilidad de personalizar y adaptar la solución a las necesidades de cada organización. En él se gestionan la mayoría de los componentes configurables que incluye esta versión del producto como son: nomencladores generales de país, unidad de medida, clientes y proveedores. Además, se gestionan los formatos que se utilizarán en el trabajo de los diferentes módulos. Cada formato posee niveles, lo cual se presenta como una facilidad para la creación de nuevos formatos, por tanto, la estructura y la longitud de sus niveles quedan abiertos para que el usuario lo haga de acuerdo a sus necesidades. Permite también la definición de ejercicios, operaciones, documentos primarios, objetos y reglas contables, permitiendo obtener una mayor flexibilidad y operatividad a la hora de explotar la solución.

Principales funcionalidades del software:

- Configuración flexible de los periodos contables y ejercicios económicos.
- Definición de los formatos de forma dinámica para cada uno de los clasificadores a emplear en el sistema.
- Definición de los documentos primarios y operaciones contables con los que trabajará su entidad.

- Configuración de las reglas contables permitiendo agilidad en la contabilización de las operaciones.
- Definición de los clientes y proveedores con los cuales interactúa su organización.
- Definición de los conceptos principales por los cuales recibe ingresos una entidad.
- Gestión de los bancos y sucursales bancarias con las cuales tiene relaciones económicas la organización.
- Gestión de monedas y tasas de cambio de cada una de las monedas en las cuales opera la organización.
- Reevaluación de monedas a partir de cambios en las políticas cambiarias.

3.3.4 Subsistema de Planificación.

Para cualquier organización es vital el uso eficiente de sus recursos humanos y materiales, por lo que realizar, a partir de una necesidad, un correcto balance de las fuerzas y recursos que se tienen para poder determinar qué es necesario adquirir, es fundamental. A partir de aquí, se obtiene el presupuesto necesario, que es el elemento culminante del proceso de planificación.

Está compuesto por varios subsistemas que operan de forma automatizada algunos de los conceptos internacionales más utilizados para la conformación, puntualización y ejecución de cualquier tipo de plan. Abarca de forma puntual temas como la Planeación Estratégica, Operativa, Financiera, Normalizada y de Producción.

Permite darle seguimiento de forma lineal y conjunta a cualquier elemento que tenga peso en el proceso de la gestión de toda la actividad de una organización y se describe de esta forma para darle un seguimiento no solo a los eventos, actividades o indicadores a desarrollar y/o ejecutar por un individuo o una organización, sino a todas las relaciones de los mismos con los elementos que les rodean.

Algunos de los elementos más importantes que componen la solución son:

- La Planeación: permite la gestión dinámica de modelos de captura y análisis de cualquier elemento que se involucre en la planificación, ya sean actividades, indicadores, áreas de resultados, objetivos, factores que influyen en el plan y cualquier otro concepto que se defina por la organización que utilizará el sistema, siempre desde una perspectiva medible ya que esta es la característica fundamental del sistema (planeación y control).
- Establecimiento de indicadores económicamente significativos: en la dinámica de otros sistemas de planificación se separan los componentes operativos de los componentes económicos como si

fueran dominios diferentes, este sistema garantiza una interoperabilidad entre estos garantizándole a la organización al momento de realizar un análisis contar con todas las relaciones necesarias.

- La producción: a partir de la identificación del objetivo de la organización que implantará el sistema los niveles de configuración le permitirán llegar desde los procedimientos más simples, como la fácil gestión de una agenda personal, hasta la gestión productiva a partir de una base tecnológica científica y económicamente avalada y de toda la cadena de producción.

Principales funcionalidades:

- Cálculo de las necesidades
- Nominalización de las actividades productivas y económicas con las que opera su organización.
- Configuración de las normas de consumo para cada una de las actividades productivas que realiza la institución.
- Definición de niveles de actividad automáticamente en función de las configuraciones y las actividades que se nominalizan.
- Determinación de las necesidades de materiales aplicando modelos matemáticos lo que garantiza una planeación más efectiva y objetiva.
- Consolidación de la información de la planificación de la organización, permitiendo realizar una gestión integrada de la demanda y proyectar una planeación estratégica de su institución.
- Integración con los planes definidos de forma tal que los cálculos de recursos tanto materiales como financieros tengan una representación de forma automática en cada uno de los planes configurados.
- Planes
- Soporte de múltiples planes para la previsión y planificación maestra.
- Uso de múltiples planes para realizar la simulación de los requerimientos de material y capacidad basándose en múltiples condiciones.
- Configuración de forma dinámica de los conceptos de la planificación lo que permite realizar cualquier tipo de planificación en función de los requerimientos del usuario u organización.
- Realización de balance de materiales en función de las existencias en inventarios.
- Cálculo del presupuesto en función de las necesidades financieras de la organización y su integración con el módulo financiero.
- Establecimiento de Modelos para la captura de datos de planificación de forma rápida y dinámica

- Establecimiento de un nomenclador de Indicadores (Productos y Servicios) que sirvan como base cuantitativa para la ejecución de la planificación y la integración con el Registro y Control Material y Financiero.
- Ejecución de los Procesos de Balance Material y de elaboración de Presupuesto de una organización.

3.3.5 Subsistema de Gestión de Aprovisionamiento (Compras).

El sistema permite mantener el control y seguimiento de los procesos de gestión de aprovisionamiento a través de la gestión de solicitudes de compra (SC) y de licitación (SL) de materiales automatizando la revisión de los productos solicitados en el stock, con el fin de reducir los inventarios existentes. Recepcionar o importar las ofertas recibidas así como confeccionar el dictamen técnico y evaluación de las mismas, permitiendo además emitir órdenes de compras y de prestación de servicios a partir de cada una de ellas. El sistema se integra con el Sistema de Inventarios brindando la posibilidad de recepcionar los materiales a partir de cada una de las órdenes de compra facilitando la trazabilidad en todo el proceso.

Las funcionalidades que brinda el sistema permiten que la información manipulada por los usuarios sea compartimentada de manera tal de que solo se puedan realizar las acciones y recuperar la información que sea autorizada. Permite además controlar el estado de ejecución del proceso en tiempo real y facilita el trabajo en grupo de los responsables ayudando así a una mejor organización de las áreas.

Principales funcionalidades:

- Configuración de tipos de compras y rangos para la generación automática de números de documentos.
- Gestión de modos de transportación y términos comerciales internacionales asociados a los mismos.
- Configuración de orígenes de expediciones y fletes de mercancías por lugar de origen.
- Generación de Solicitudes de compras y Solicitudes de licitación de mercancías.
- Recepción de ofertas y evaluación de proveedores potenciales para la ejecución de las compras.
- Emisión de órdenes para la compra de materiales y recepción en almacenes de las mismas.

3.3.6 Subsistema de Gestión del Inventario.

El sistema permite el registro y control de los medios almacenados, automatizando los procesos de apertura de almacenes, recepción de productos por suministros o producción terminada realizando el control de los mismos hasta nivel de lote y teniendo en cuenta en cada uno de los procesos su fecha de vencimiento. Flexibiliza la ubicación de los productos del almacén permitiendo una simulación de su estructura física. Permite además la realización de conteos parciales o generales, conciliación, ajustes de inventario y órdenes de despacho, así como dar salida a los medios en inventario para la venta o una solicitud del almacén mediante facturas, transferencias, conduces o vales de entrega. Muestra información actualizada del estado de los productos y sus movimientos y cuenta además con una herramienta de análisis de información apoyando la toma de decisiones.

Las funcionalidades que brinda el sistema permiten el monitoreo del ciclo logístico de los medios materiales en el almacén, mostrando en cada momento la existencia real de los mismos y sus movimientos. La información manipulada por los usuarios es compartimentada de manera tal, que solo puede realizar acciones y recuperar la información permitida. Permite además obtener los reportes según la información que se desea así como mantener la integridad de los datos y la trazabilidad de todas las operaciones realizadas

Principales funcionalidades

- Gestionar la estructura de ubicación física de una entidad dada en función del almacenamiento de sus productos.
- Clasificar las distintos tipos de área así como relacionar las operaciones que se pueden realizar sobre las mismas y los distintos tipos de productos que se pueden ubicar en cada una de ellas.
- Gestionar el clasificador de productos a los distintos niveles en dependencia del formato seleccionado.
- Gestionar el inventario cero o inicial del almacén, con el objetivo de llevar el control de los movimientos de productos.
- Permite ubicar y desubicar los productos del almacén según la estructura definida y la operación realizada hasta nivel de lote en caso de que lo requiera.
- Permite elaborar informes de recepción a partir de producciones terminadas, compra de mercancía, transferencia entre almacenes y vale de devolución.
- Permite crear informes de diferencia para registrar las diferencias por cantidad o calidad del producto seleccionado del informe de recepción.
- Permite elaborar los ajustes de inventarios de productos por concepto de sobrante o faltante, mermas, deterioro, bajas e importe.

- Permite la elaboración de las hojas de inventario físico de productos en el almacén, donde el sistema permite registrar el conteo físico de los productos a partir del porcentaje configurado a tener en cuenta en el inventario físico parcial mensual o el inventario por periodo del ejercicio contable. Luego de introducir el conteo, el sistema mostrará las diferencias por sobrante o faltantes de inventarios en el almacén permitiendo generar los ajustes correspondientes.
- Permite realizar transferencias de productos entre las áreas de un mismo almacén según la estructura definida siempre que las mismas hayan sido configuradas y se especifique el área origen y destino.
- Permite elaborar solicitudes de entrega por parte de los centros de costo con el fin de solicitar productos o mercancías al almacén.
- Permite la elaboración o importación de los pedidos de los clientes al almacén así como dar seguimiento al mismo lo que ayudara a mantener al usuario informado del estado o la etapa en la que se encuentra un pedido dado.
- Gestionar autorizaciones de entrega a partir de solicitudes de entrega o pedidos realizados al almacén, elaborando de esta forma una orden de entrega, plan de distribución o una distribución y visualizando el estado de ejecución de las mismas.
- Permite elaborar o generar documentos de salidas como transferencias, vales de entrega y conduces por cada cliente a partir o no de una autorización de entrega.
- Permite la elaboración de los vales de devolución de productos al almacén a partir de un vale de entrega.
- Permite realizar los distintos cierres contables en la entidad, cierre de apertura, cierre de diario, cierre de periodo y cierre de ejercicio.
- Permite llevar el submayor de inventario donde se muestra el listado de productos que conforman el inventario de la organización, visualizando la tarjeta de un producto así como listando todos los movimientos realizados sobre los mismos.

3.3.7 Subsistema de Mantenimiento.

El sistema permite realizar órdenes de mantenimiento a un medio especificando el técnico que la ejecutará, cada uno de los trabajos a realizar y las piezas y herramientas necesarias, para lo cual se integra con el sistema de inventario verificando las existencias de las mismas. Además de brindar un historial de los problemas más frecuentes y los trabajos realizados para solucionar los mismos. Permite mostrar en todo momento los mantenimientos realizados a un medio y todos los datos asociados a los mismos así como realizar una planificación de reparaciones en caso que se necesite.

El sistema está diseñado completamente configurable, fácil de adaptar a cualquier entidad que tenga como objeto este fin.

Principales funcionalidades:

- Configuración del nomenclador de servicios para realizar mantenimiento a los medios.
- Se gestionan documentos para registrar y controlar los medios materiales, confirmarlos e imprimirlos, integrado con el módulo de activo fijo.
- Se gestionan solicitudes para realizar los procesos de recepción y entrega de medios al cliente que serán seleccionados mediante la integración con el módulo de Capital humano y Nómina.
- Se gestiona un registro para la recepción y entrega de los medios materiales al taller.
- Se gestionan y facturan las órdenes de trabajo para la realización de la orden de trabajo.

CONCLUSIONES.

1. Se evaluó la Gestión del Mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas, detectándose cuatro problemas significativos: los Indicadores de Costos, Informatización, Medio Ambiente y Efectividad de los Mantenimientos (y la Planificación de estos), analizando las posibles medidas de solución para la mejora de dichos índices.
2. Se adecuó la Gestión de Mantenimiento con Enfoque Proactivo, para la UEB Ferrocarriles Matanzas, al Sistema Integral de Gestión de la misma, para ser aplicado como procedimiento metodológico general.
3. Fueron definidas las causas y efectos de los fallos y su criticidad en los Casos de Estudio, aplicados como procedimiento metodológico general.
4. El deterioro y aumento de fallas detectado en la Entidad fue producto de una mala Gestión del Mantenimiento.
5. Se elaboró un plan de medidas en función de la evaluación de la Gestión del Mantenimiento en la UEB Ferrocarriles Matanzas.
6. Se detectó la necesidad urgente de iniciar la creación de las bases de datos necesarias para la gestión informatizada de la Entidad.

RECOMENDACIONES.

1. Se debe prestar especial atención a los Indicadores de Costos, Informatización, Medio Ambiente y Efectividad de los Mantenimientos (y la Planificación de estos), analizando las posibles medidas de solución para la mejora de dichos índices.
2. Es necesario evaluar periódicamente la Gestión del Mantenimiento para observar su funcionamiento y variación, tratando de elevar todas las áreas de la entidad a la condición de ÓPTIMO.
3. Es importante crear organizadamente las fichas técnicas de cada equipo o área, conocer todas las características y condiciones de los bienes que poseemos para así poder establecer un adecuado Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado y reducir al mínimo el Mantenimiento Correctivo.
4. Se hace indispensable la implementación de un software para la gestión del mantenimiento en el área de transporte para poder tener registro de la actividad realizada y necesaria de cada equipo. El autor propone por sus características el software DISTRA.1
5. Es necesario aumentar la compra de piezas de repuesto y fomentar la aplicación del mantenimiento dentro de los trabajadores de la empresa.

Bibliografía

1. 12 Manage. *Diagrama Causa-Efecto*. (26 de Junio de 2020). Recuperado el 29 de Agosto de 2009, de 12 Manage The Executive Fast Track. 2009: http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram_es.html
2. Aguilar de Oro, Y. (2012). *Procedimiento para la determinacion del tipo de mantenimiento a partir del Analisis de Riesgo. Aplicacion en la Empresa Mecanica "Indalecio Montejo" de Ciego de Avila*. trabajo de diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Industrial, Villa Clara.
3. Arenas, E. F. (2009). "Procedimiento de Evaluación y Control para Gestión del Mantenimiento en Hoteles, mediante Indicador General". *Tesis de Maestría* . Matanzas.
4. Arenas, E. F. (2005). *Indicador General de la Gestion del Mantenimiento*. Matanzas.
5. Benitez H., L. E. *Mejoramiento Continuo por medio del TPM*.
6. Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). *VALIDEZ DE CONTENIDO Y JUICIO DE EXPERTOS: UNA APROXIMACIÓN A SU UTILIZACIÓN*. Artículo, Universidad El Bosque, Institución Universitaria Iberoamericana, Facultad de Psicología , Bogotá, Ecuador.
7. Fitch, J. C. 7. *Proactive maintenance can yield more than 10-fold savings over conventional Preventive / Predictive maintenance programs.* .
8. Fitch, J. C., & Trujillo, G. *Seminario del Mantenimiento Proactivo y Análisis de Aceite*.
9. Herrera Suárez, M., Iglesias Coronel, C. E., Contreras Milían, Y., López Bravo, E., & Sánchez Iznaga, Á. (2010). Análisis de los factores que inciden en el desgaste de los órganos de trabajo de los aperos de labranza. Analysis of the factors that impact in the wear of the work organs of the tillage tool. *REPARACIÓN Y TECNOLOGÍA MECÁNICA. REPAIRING AND MECHANICAL TECHNOLOGICAL.* , Vol. 19 (No. 2).
10. Informe del VI Congreso del PCC. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del PCC*. La Habana: Editora del PCC.
11. León Márquez, O. (2010). *Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo de la Unidad Básica de Producciones Metálicas "El Vaquerito"*. Trabajo de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ingeniería Industrial, Villa Clara.
12. Parra Márquez, C. y. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. En *INGEMAN*. Sevilla, España.
13. Peresson, L. (Enero, 2007). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD CON ENFOQUE AL CLIENTE* . PROYECTO FINAL DEL MBA , Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
14. Torres Samuel, M., & Vásquez Stanescu, C. L. (2015). *Compendium. Modelos de evaluación de la calidad del servicio: caracterización y análisis* (Vol. 18). Barquisimeto, Venezuela.

ANEXOS.

Anexo 1

1. Información y logística.

Este aspecto principal tiene como objetivo evaluar la gestión y disponibilidad, en la entidad, de la información necesaria para la toma de decisiones relativas al mantenimiento.

De esta forma, se persigue verificar el control de los siguientes subaspectos:

- Control del universo de áreas y equipos, responsabilidad de los SSTT que gestiona el mantenimiento. Óptimo _____. Bueno x_. Deficiente ____.
- Control de las áreas y equipos, su ubicación geográfica y jerarquía en la instalación. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x_____.
- Control de las características adquisitivas, técnicas y de funcionamiento, planos, componentes y repuestos, así como cualquier nota o aclaración relevante del equipo. Óptimo _____. Bueno x_. Deficiente ____.
- El control del valor de compra de cada equipo. Óptimo _____. Bueno x_. Deficiente _____.
- Control de la información sobre el proveedor del equipo. Óptimo _____. Bueno x_. Deficiente _____.
- Control de Terceros. Óptimo _____. Bueno x_. Deficiente _____.
- Control por parte del personal de SSTT del Presupuesto de Mantenimiento. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x_____.

- Control de los recursos humanos con que se cuenta. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Control de los recursos materiales. Logística de Almacén, que incluye stock mínimos de recursos. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.

Clave de evaluación:

Óptimo: 9 - 10

Bueno: 7 - 8

Deficiente: 6

2. Sistemas de Mantenimientos, planificación y programación.

En este aspecto principal tiene como objetivo controlar la existencia de una forma de planificación del mantenimiento con sus tipos de planes. Como se aplicarán a las áreas y equipos, responsabilidad de los SSTT que gestiona el mantenimiento.

- Control del tipo de organización del mantenimiento que se aplica en la entidad al universo de equipos y áreas.

Productivo Total

Centrado en la Fiabilidad.

Centrado en los Costos.

Alternativo

Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.

- Control de áreas o equipos con los tipos de mantenimiento.

Correctivos.

Preventivos Planificados.

Predictivos

Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.

- Control del estado de los planes de mantenimiento. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Control de las órdenes de trabajos ejecutados y por ejecutar. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Control del personal que ha intervenido el equipo. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Control de los tiempos de paro. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Control de los modos de fallo y sus causas. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Control de los tiempos de funcionamiento. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Diseño y control de las señales de alarma. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.

Clave de evaluación:

Óptimo: 9 - 10

Bueno: 7 - 8

Deficiente: 6

3. Eficacia y efectividad de la planificación de los Mantenimientos.

Este aspecto principal tiene como objetivo definir la efectividad de la aplicación de las medidas de mantenimiento implementadas en los planes.

- Disponibilidad total de los Equipos (DTE) Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Disponibilidad total de Áreas (DTA) Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Aprovechamiento de los equipos (AE) Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.

Clave de evaluación:

Óptimo (más del 90%): 9 - 10

Bueno (85% - 90%): 7 - 8

Deficiente (menos del 85%): 6

4. Costos.

En el área de mantenimiento es recomendable controlar una serie de índices relativos a los costos asociados a la misma; dentro de ellos se deben considerar los que se detallan a continuación:

- Costo relativo con personal propio/ Costo de SSTT. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente ____.
- Costo relativo con material / Costo de SSTT. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Costo de mano de obra externa / Costo de SSTT. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente ____.
- Inmovilizado en repuestos / Costo de SSTT. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Costo de SSTT / Valor de venta. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente ____.

- Costo de SSTT / Locales. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.

Clave de evaluación:

Óptimo (más del 90%): 9 - 10

Bueno (85% - 90%): 7 - 8

Deficiente (menos del 85%): 6

5. Sobre el capital humano en el área de SSTT y la protección de estos.

Todos los mecanismos de control de mano de obra, deben ser orientados en el sentido de obtener mayor aprovechamiento de los recursos humanos disponibles como un todo, como también propiciar, al personal, mayor seguridad y satisfacción en el desempeño de sus atribuciones.

En este aspecto principal se propone considerar los subaspectos o indicadores siguientes:

- Capacitación y recalificación del personal de mantenimiento. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Nivel de fluctuación de la mano de obra de mantenimiento. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Índice de Frecuencia (IF) de Accidentes en el área de SSTT y gravedad de Accidentes. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Tener definido los riesgos. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Tener definidas las medidas de protección en función de los riesgos. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Aplica los Procesos de Gestión de la Seguridad Basado en el Comportamiento (PGSBC) y determina el Índice de Seguridad Basado en el Comportamiento (IS) Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.

Clave de evaluación:

Óptimo: 9 - 10

Bueno: 7 - 8

Deficiente: 6

6. Informatización.

La informatización de un Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento, cada día se hace más necesaria, por lo que la evaluación de este aspecto principal deberá contemplar:

- Informatización de la información técnica de Mantenimiento. Óptimo ____.
Bueno ____.
Deficiente x.
- Informatización del Sistema de Mantenimiento Correctivo. Óptimo ____.
Bueno x.
Deficiente ____.
- Informatización del Sistema de Mantenimiento Preventivo/Predictivo. Óptimo ____.
Bueno x.
Deficiente ____.
- Informatización del Sistema de Paradas programadas. Óptimo ____.
Bueno x.
Deficiente ____.
- Informatización del Sistema de Seguimiento y Control de la Gestión del Mantenimiento. Óptimo ____.
Bueno ____.
Deficiente x.

Seguimiento y control sistemático (Mensual).

Seguimiento y controles a petición

- Interfaz con otras aplicaciones informáticas. Óptimo ____.
Bueno x.
Deficiente ____.
- Suministrador y cumplimiento de las normas de seguridad informática. Óptimo ____.
Bueno x.
Deficiente ____.

Clave de evaluación:

Óptimo: 9 - 10

Bueno: 7 - 8

Deficiente: 6

7. Medio ambiente.

Un adecuado sistema de control medio ambiental es determinante en la Gestión de la actividad de mantenimiento y es además el área de SSTT la encargada de los procesos de saneamiento de la instalación.

- Reciclaje de residuales líquidos. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Reciclaje de residuales sólidos. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Utilización de recursos biológicos de control. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Utilización de recursos químicos de control. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.
- Tiene la condición de Empresa Ecológica, aspira y se prepara o no se prepara. Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.

Clave de evaluación:

Óptimo: 9 - 10

Bueno: 7 - 8

Deficiente: 6

8. Opinión del cliente final.

Para apreciar una adecuada gestión de la calidad de los servicios, es indispensable conocer el criterio del cliente final.

Por regla, las encuestas, no son realizadas por el área de SSTT y no reflejan intencionalmente la evaluación de la gestión de los SSTT, por lo que este aspecto deberá ser controlado siempre.

- Control del número de quejas relacionadas por la gestión de SSTT. Óptimo _____. Bueno x. Deficiente _____.
- Índice de satisfacción del cliente donde incide la gestión de SSTT (ISST) Óptimo _____. Bueno _____. Deficiente x.

ISST = # de quejas correspondientes a la actividad de SSTT / # total de quejas.

Anexo 2

Hoja de Cálculo de Excel donde se introducen los Valores dados a cada Subaspecto por los Jefes de Mantenimiento y se obtiene el índice General de Gestión Del Mantenimiento.

IGGM =	66.064	%
---------------	---------------	----------

RESUMEN DE LOS VECTORES JERARQUICOS

A	Aspectos Principales	V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A1	Información y Logística	0.144	6.840	0.985
A2	Planificación de la Programación	0.209	6.758	1.412
A3	Efectividad de los Mantenimientos	0.114	6.000	0.684
A4	Costos	0.116	6.865	0.796
A5	CCHH y protección	0.098	6.952	0.681
A6	Informatización	0.036	6.763	0.243
A7	Medio Ambiente	0.125	6.006	0.751
A8	Cliente final	0.157	6.666	1.047
				6.600

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A1	Información y Logística			
1.1	Control del universo de ...	0.08	7	0.539
1.2	Control de las áreas y equipos ...	0.18	6	1.062
1.3	Control de las características ...	0.18	7	1.239
1.4	Control del Valor de compra.	0.07	8	0.568
1.5	Control del proveedor.	0.04	8	0.336
1.6	Control de terceros.	0.07	8	0.544
1.7	Control del presupuesto.	0.16	6	0.942
1.8	Control de los RRHH	0.07	7	0.455
1.9	Control recursos y logística almacén	0.17	7	1.155

6.840

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A2	Planificación de la Programación			
2.1	Control del tipo de organización...	0.16	6	0.936
2.2	Control de tipos de mto por áreas y ...	0.17	7	1.162
2.3	Control estado de los planes de mto.	0.17	7	1.162

2.4	Control de órdenes de trabajo ...	0.04	8	0.352
2.5	Control del personal ...	0.04	8	0.344
2.6	Control de los tiempos de paro.	0.05	7	0.322
2.7	Control de los modos de fallos y ...	0.17	6	0.996
2.8	Control de los tiempos de ...	0.05	7	0.357
2.9	Diseño y control de señales alarmas.	0.16	7	1.127

6.758

EFA

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A3	Efectividad de los Mantenimientos			
3.1	Disponibilidad del equipo.	0.4	6	2.400
3.2	Disponibilidad del área.	0.4	6	2.400
3.3	Aprovechamiento del equipo/área	0.2	6	1.200

6.000

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A4	Costos			
4.1	Personal propio/Costo SSTT	0.243	7	1.701
4.2	Material/Costo SSTT	0.071	6	0.426
4.3	Mano de obra externa/Costo SSTT	0.192	7	1.344
4.4	Inmovilizado repuestos/Costos SSTT	0.071	6	0.426
4.5	Costos SSTT/Valor de Ventas	0.212	7	1.484
4.6	Costos SSTT/Locales	0.212	7	1.484

6.865

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A5	CCHH y protección			
5.1	Capacitación del personal de SSTT.	0.196	6	1.176
5.2	Fluctuación del personal de SSTT.	0.219	6	1.314
5.3	Índice de frecuencias de accidentes	0.14	8	1.120
5.4	Definición de riesgos.	0.072	6	0.432
5.5	Medidas de protección en base riesgos	0.074	7	0.518
5.6	Aplica PGSBC y IS	0.299	8	2.392

6.952

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A6	Informatización			
6.1	... de la información técnica de mtto.	0.127	6	0.762
6.2	... del sistema de mtto correctivo.	0.186	7	1.302
6.3	... sist. de mtto. preventivo/predictivo.	0.141	7	0.987
6.4	... sist. de paradas programadas.	0.083	7	0.581
6.5	... seguimiento y control ...	0.255	6	1.530
6.6	Interfaces con otras aplicaciones.	0.055	7	0.385
6.7	Seguridad informática	0.152	8	1.216

6.763

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A7	Medio Ambiente			
7.1	Reciclaje residuales líquidos	0.163	6	0.978
7.2	Reciclaje residuales sólidos	0.181	6	1.086
7.3	Recursos biológicos de control	0.157	6	0.942

7.4	Recursos químicos de control	0.124	6	0.744
7.5	Condición Empresa Ecológica	0.376	6	2.256
				6.006

EFA

Sub Aspectos		V. Saaty	Evaluación	Ponderación
A8	Cliente final			
8.1	No de quejas vinculadas con SSTT	0.333	8	2.664
8.2	Indice de satisfacción del cliente	0.667	6	4.002
				6.666

V. Saaty	Evaluación	Ponderación
0.144	10	1.440
0.209	10	2.090
0.114	10	1.140
0.116	10	1.160
0.098	10	0.980
0.036	10	0.360
0.125	10	1.250
0.157	10	1.570
Suma de Ponderaciones		9.990
		=