

*UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”*



*Facultad: Ciencias Técnicas y
Empresariales*

Departamento: Ingeniería Industrial

*TÍTULO: “Planificación del mantenimiento
en la planta de asfalto Lázaro
Villavicencio”.*

AUTOR: Ronel Guerra Cruz

*TUTORES: Ms.C. Osmaní Alberto Pérez Fardales
Ing. Pedro Alejandro Díaz Jiménez*

Sancti Spíritus

2018

Dedicatoria

A las dos personas que en todo momento están a mi lado para apoyarme y animarme:
mi madre Doralia Cruz Infante y mi inseparable amigo Jairo Alberto Pacheco Crespo.

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a:

Mis tutores: Ms.C. Osmani Alberto Pérez Fardales, Ing. Pedro Alejandro Díaz Jimenez.

Los que siempre, aunque lejos, han estado a mi lado: Iliana, Tioni, Migue y Berta.

Mis amigos y hermanos: Adrián De Armas Valdivia y Víctor Manuel Álvarez Pérez.

Mis tres ángeles: Claudia, Glenia y Luzmila.

Jairo, por soportarme y apoyarme durante todo este tiempo.

Todos los actuales ingenieros que con sus trabajos de diploma contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

Todos los miembros del Departamento de Ingeniería Industrial.

Los profesores y trabajadores de la Facultad de Ingeniería Industrial.

Los trabajadores de la Empresa de Construcción y Montaje de Sancti Spíritus, en especial a los trabajadores de la Brigada número 6 Pavimentación y a los de la planta de asfalto "Lazaro Villavicencio".

Todos los que me brindaron su ayuda para la culminación de este empeño, en especial a: Daily Piña y Yosdani Morejón.

Resumen

El presente Trabajo de Tesis centra su objetivo general en elaborar una planificación de mantenimiento que ayude a la disminución de los tiempos de paradas por rotura en la planta de asfalto "Lázaro Villavicencio". Debido a que en los últimos años los índices de consumo de materiales, energía y combustibles, así como los tiempos de paradas por roturas, aumentaron considerablemente, esto se debe a la ocurrencia de frecuentes fallas en el equipamiento de la industria y a que no se cuenta con el personal necesario para la ejecución del mantenimiento de la instalación. Las reparaciones se efectuaban contra rotura, o sea, solamente correctiva. No se elaboraba un plan de mantenimiento para solucionar este problema que estaba atentando contra la vida útil de la máquina. En dicha investigación se logró determinar el tipo de mantenimiento a realizar a cada uno de los equipos productivos en función del contexto operacional en que se desempeñen, todo ello a partir de la selección de las principales variables que caracterizan este contexto (Seguridad, Calidad, Régimen de trabajo, Afectaciones, Frecuencia, Tiempo de reparación y Costo de reparación) y la clasificación de los fallos predominantes en el equipamiento. Como resultado del trabajo se diseñó un plan de mantenimiento para atenuar los problemas que dieron pie a la investigación.

Abstract

The present Thesis focuses its general objective in developing a maintenance planning that helps the decrease of the break times due to breakage in the "Lazaro Villavicencio" asphalt plant. Because of the fact that in recent years the consumption rates of materials, energy and fuels, as well as the times of breakdowns, increased considerably, this is due to the occurrence of frequent failures in the equipment of the industry since it does not have the necessary personnel for the execution of the maintenance of the installation.

The repairs were made against breakage, that is, only corrective. A maintenance plan was not prepared to solve this problem that was threatening the life of the machine. In this research was possible to determine the type of maintenance to be carried out to each of the productive teams based on the operational context in which they perform, all this from the selection of the main variables that characterize this context (Safety, Quality, Regime of work, Affectations, Frequency, Time of repair and Cost of repair) and the classification of the predominant faults in the equipment.

As a result of this work, a maintenance plan was designed to mitigate the problems that led to the investigation.

| Índice | Pág. |
|--|-------------|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1: Marco teórico referencial. | 4 |
| 1.1 Base conceptual del mantenimiento. | 4 |
| 1.2 Sistemas de mantenimiento. | 10 |
| 1.3 Gestión del mantenimiento. | 15 |
| 1.4 Mantenimiento en la industria en Cuba. | 21 |
| 1.5 Metodologías para la selección, basadas en la clasificación del equipamiento. | 25 |
| 1.6 Procedimientos analizados. | 27 |
| 1.7 Conclusiones parciales. | 28 |
| Capítulo 2: Descripción del procedimiento general seleccionado para la planificación del mantenimiento en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio. | 29 |
| 2.1 Características del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento. | 29 |
| 2.2 Método de expertos. | 37 |
| 2.3 Conclusiones parciales. | 38 |
| Capítulo 3: Aplicación práctica del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio. | 39 |
| 3.1 Caracterización de la Unidad Empresarial de Base número 6 pavimentación. | 39 |
| 3.2 Aplicación de la metodología para la selección del tipo de mantenimiento. | 45 |
| 3.3 Clasificación del equipamiento. | 46 |
| 3.4 Planificación del mantenimiento a la planta de asfalto Lázaro Villavicencio teniendo en cuenta los subsistemas de mantenimiento propuesto. | 54 |
| 3.5 Conclusiones parciales. | 54 |
| Bibliografía | |
| Anexos | |

Introducción

Los procesos de mantenimiento, hasta muy recientemente han desempeñado solo una función reactiva, limitada en medios y destinada exclusivamente a garantizar el cumplimiento de los programas del fabricante. Los grandes costos en la producción por roturas evitables con algún tipo de mantenimiento ha obligado a cambiar por completo ese punto de vista, pasando a ser el mantenimiento uno de los medios por los cuales la empresa moderna puede incrementar considerablemente los niveles de productividad y competitividad.

No existe en el mundo máquina alguna, por muy sencilla que sea, que no requiera de algún tipo de mantenimiento para así mejorar su funcionamiento y alargar así la vida útil de la maquinaria.

Solo en las últimas dos décadas, el mantenimiento ha cambiado quizás más que en cualquier otro momento. Estos cambios se deben principalmente al enorme aumento en número y variedad de los activos físicos que deben ser mantenidos en todo el mundo, a la elaboración de diseños más complejos, al uso de nuevos métodos de mantenimiento y a la existencia de una óptica cambiante en la organización de esta actividad y sus responsabilidades.

Todas las empresas para lograr su objetivo social y empresarial, necesitan que sus activos físicos se mantengan en buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde con sus necesidades, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar que la vida útil de sus activos físicos sea la máxima alcanzable al mínimo costo posible.

En relación a la actividad de mantenimiento según Borroto Pentón (2005), son múltiples los factores a tener en cuenta: objetivos, funciones, formas de ejecutarlo, de organizarlo, de dirigirlo, métodos a seguir, así como el sistema a aplicar. En la actualidad se procura el perfeccionamiento de estos factores y entre ellos, en particular, el relacionado con el sistema de mantenimiento a aplicar, el cual debe garantizar una alta confiabilidad operacional de los equipos con el mínimo costo. En Cuba desde los años 90' con la llegada del llamado "período especial" la función mantenimiento comenzó a degradarse en las empresas, caracterizándose esta etapa por la desorganización en esta actividad, falta de recursos materiales, financieros para

asumir el mantenimiento preventivo planificado, el mantenimiento comienza a ser reactivo, unido esto a la obsolescencia moral y física del equipamiento y las instalaciones. La Empresa de Construcción y Montaje de Sancti Spíritus (ECMSS) como la mayoría de las instituciones cubanas, no escapa a esta situación.

A partir del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba en Mayo del 2011, se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos; proponiendo como objetivos fundamentales:

- Priorizar la actividad del mantenimiento en el país.
- Aumentar la disponibilidad del equipamiento industrial y de transporte.
- Aumentar la fabricación y recuperación de piezas de repuesto.
- Potenciar los servicios de reparación y mantenimiento (fomentar la contratación del mantenimiento).
- Vincular el mantenimiento y las reparaciones con el uso eficiente de la energía (Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución, 2011).

La Planta de Asfalto “Lázaro Villavicencio” de Sancti Spíritus, ubicada en la carretera Central Km 382.Chambelón, perteneciente a la ECMSS, fue ubicada en este lugar a mediados del año 1958 después de explotarla años antes en Chicago, Estados Unidos, y luego ser trasladada a la zona norte de la actual provincia de Villa Clara, en el municipio Placeta. En el año 2004 se implantó el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), gracias al esfuerzo de sus trabajadores y administrativos, el cual aún está vigente. Su producción es discontinúa y cuenta con una capacidad nominal de 35 toneladas por hora, en el momento del estudio realizado trabajaba al 80% de su capacidad nominal.

Durante los últimos años han aumentado los índices de consumo de materiales, energía y combustibles, así como los tiempos de paradas por roturas esto se debe a la ocurrencia de frecuentes fallas en el equipamiento de la industria y a que no se cuenta con el personal necesario para la ejecución del mantenimiento de la instalación, lo que indica que la política de mantenimiento vigente aplicada en la planta de asfalto no cumple con las exigencias actuales de producción y con los índices de eficiencia en el

uso de los recursos, **lo cual constituye la situación problemática de la investigación.**

Se plantea como **problema científico**: ¿Cómo disminuir los tiempos de paradas por roturas y mejorar los índices de eficiencia en el uso de los recursos en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio?

Objetivo General:

Planificar el mantenimiento de la planta de asfalto Lázaro Villavicencio que permita con su correcta ejecución la disminución de los tiempos de paradas por roturas y el mejoramiento de los índices de eficiencia en el uso de los recursos.

Objetivos Específicos:

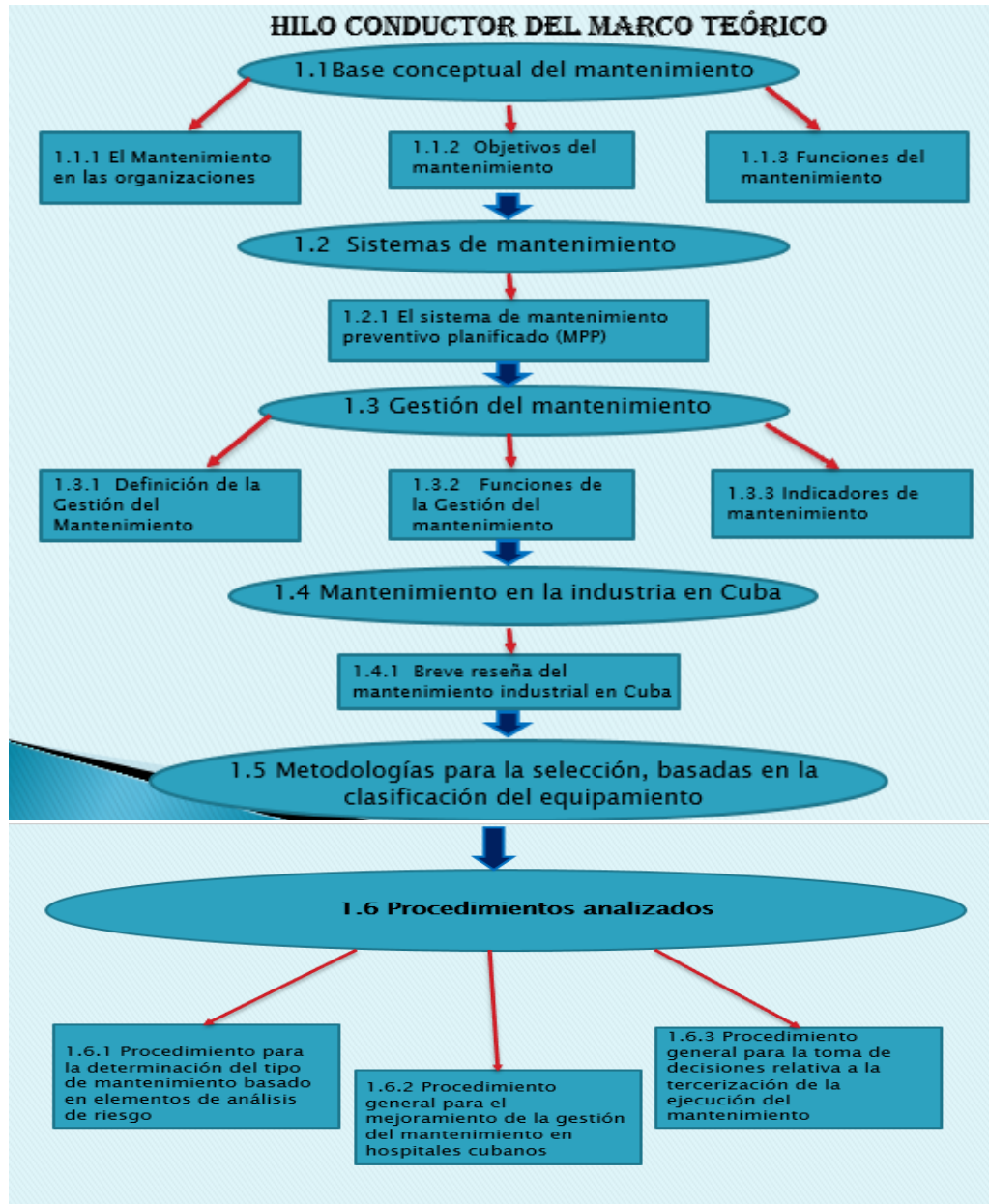
- 1- Desarrollar el marco teórico referencial de la investigación que parta del análisis de las tendencias actuales para la planificación del mantenimiento en las industrias.
- 2- Seleccionar un procedimiento que permita la realización de la planificación del mantenimiento en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.
- 3- Aplicar parcialmente el procedimiento seleccionado para la planificación del mantenimiento de la planta industrial caso de estudio.

Como **hipótesis de la investigación** se plantea que: Si se planifica el mantenimiento de la planta de asfalto Lázaro Villavicencio, entonces con su correcta ejecución se disminuirán los tiempos de paradas por roturas y mejorarán los índices de eficiencia en el uso de los recursos.

Para dar solución al problema de investigación planteado en la Tesis se acudió a diferentes métodos teóricos y empíricos, además de técnicas y herramientas de la investigación científica, que contribuyeron al desarrollo exitoso de la misma.

Capítulo 1: Marco teórico referencial

En el presente capítulo se muestra un análisis de las definiciones que aparecen en la literatura especializada y otras fuentes, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación a partir del análisis de las tendencias actuales para el mantenimiento de las plantas de asfalto, conformando así el cuerpo principal del marco teórico referencial.



1.1 Base conceptual del mantenimiento

La definición del término mantenimiento ha sido expresada en diferentes libros, revistas y otros documentos con puntos de vista similares y pequeñas diferencias o adaptaciones al caso de la empresa u organización de que se trate. Varios son los estudios realizados en los cuales se hace una caracterización del largo camino recorrido en el desarrollo del concepto de mantenimiento, en los que se definen las particularidades y elementos comunes de cada propuesta, así como sus objetivos, tareas y funciones (Hernández Milia, 2010).

Según Velazquez Pérez (2014) de las alternativas de decisión sobre los activos fijos (ampliación, modernización, mantenimiento o reemplazo) es importante tomar la más conveniente después de un período de explotación de los mismos, y esta decisión puede ser tomada bajo riesgo, bajo incertidumbre, bajo conflicto o bajo certeza según las circunstancias existentes. El mantenimiento como alternativa de decisión frente al desgaste de los activos fijos se trata con mayor profundidad en la presente investigación.

1.1.1 El Mantenimiento en las organizaciones

A partir de los estudios realizados respecto al tema el autor coincide con Velazquez Pérez (2014) que las empresas generadoras de bienes y/ o servicios que utilizan instalaciones, edificios, máquinas, equipos, herramientas, utensilios, dispositivos, etc., para lograr su objetivo social y empresarial, necesitan que estos activos se mantengan en buen estado de funcionamiento, de confiabilidad, de mantenibilidad y de disponibilidad, acorde con sus necesidades, por lo cual las organizaciones empresariales deben procurar, que la vida útil de sus activos físicos sea la máxima posible al mínimo costo alcanzable; lo cual se logra a través del mantenimiento industrial como una entidad de servicio a la producción.

La forma de maximizar la eficacia, la eficiencia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de las leyes que gobiernan la relación entre producción y mantenimiento.

Se pueden encontrar infinidad de definiciones para el concepto de mantenimiento, la alternativa de decisión tiene su base en la definición dada sobre este término por autores como Borroto Pentón (2005), De la Paz Martínez (2011) y Mora Gutiérrez (2012).

A partir de los estudios realizados respecto al tema el autor coincide con De la Paz Martínez (2011) quien define el mantenimiento como: la integración de acciones técnicas, organizativas y económicas, encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos físicos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, con una mayor disponibilidad y confiabilidad, para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el medio ambiente y la seguridad del personal.

Los autores García González-Quijano (2004) y González Fernández (2007) plantean que a los desarrollos en la tercera generación del mantenimiento se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías, de tal forma que actualmente se puede hablar de una cuarta generación del mantenimiento la que se presenta en la figura 1.1.

A modo de resumen, en la figura 1.2 se presenta cómo han ido evolucionando las expectativas y técnicas del mantenimiento durante estas cuatro generaciones.

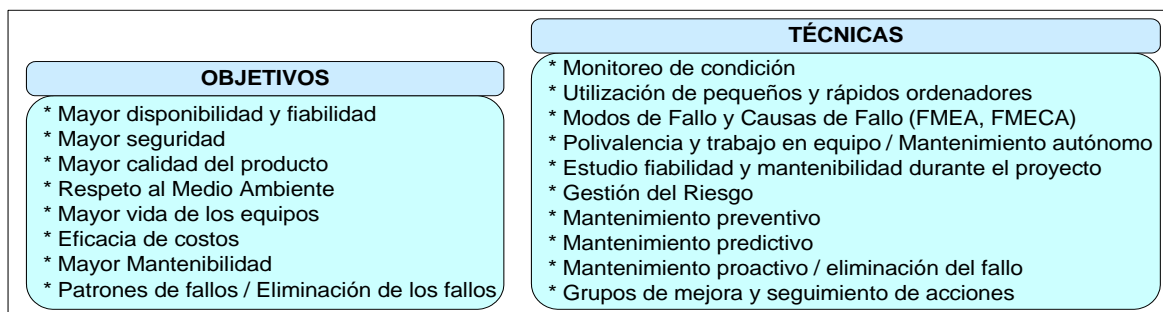
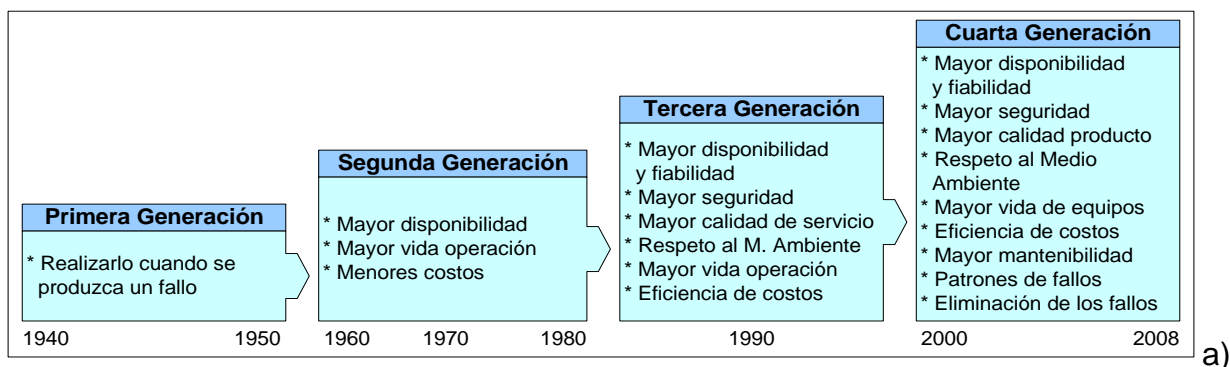
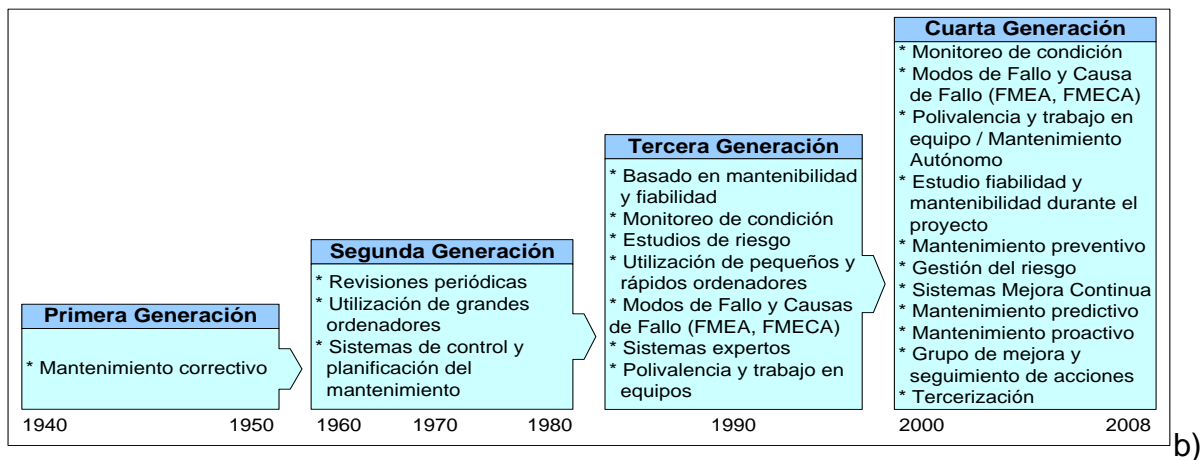


Figura 1.1 Cuarta generación del mantenimiento. Fuente: García González-Quijano (2004).



Evolución de las expectativas del mantenimiento.



Evolución de las técnicas de mantenimiento

Figura 1.2 Evolución de las expectativas y técnicas del mantenimiento. Fuente: García González-Quijano (2004) y González Fernández (2007).

El mantenimiento industrial se muestra como un conjunto de técnicas encauzadas a mantener la tecnología a lo largo de su ciclo de vida, llegando a utilizar el equipamiento con la máxima disponibilidad técnica y al menor costo.

1.1.2 Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento industrial, en forma general, es una actividad dirigida a conservar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento, durante un periodo predeterminado y al menor costo, contribuyendo así a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas, es decir: los dueños de la empresa, sus empleados, clientes y proveedores, así como de la sociedad donde la organización desarrolla sus actividades productivas (Martínez, 2007). Autores como Stefano (2006); Lodola (2006) y Mora Gutiérrez (2012), coinciden en definir el objetivo del área de mantenimiento, de manera general, como: “conseguir el nivel máximo de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y/o de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible”.

Boroto Pentón (2005) plantea que entre los principales objetivos del mantenimiento se puede señalar:

1. Garantizar la máxima disponibilidad del equipamiento y las instalaciones, al mínimo costo posible.

2. Mejorar la fiabilidad del servicio, teniendo en cuenta las horas de funcionamiento del equipamiento, calidad del servicio, seguridad de las personas y mínimo deterioro ambiental.
3. Prolongar la vida útil económica de los activos fijos.
4. Contribuir al confort de las instalaciones.
5. Cuidar la imagen de la institución desde el punto de vista del entorno físico.

Los objetivos del mantenimiento en la ECMSS, según manual:

1. Garantizar un coeficiente de disponibilidad técnica del equipamiento mayor a un 70%.
2. Elevar la productividad y eficiencia de los equipos.
3. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
4. Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

Estos objetivos están subordinados a las exigencias de las producciones principales y permite dar respuesta a los planes de producción previstos, cumpliendo con las expectativas de los clientes en cuanto a calidad, lo que implica: maximizar la productividad, incrementar el ahorro energético, minimizar el impacto en el medio ambiente, maximizar la seguridad e higiene, conservar el sistema de producción y/o servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de los fallos, adaptarse rápidamente a los cambios del entorno (flexibilidad) y controlar y reducir los costos a su mínima expresión.

1.1.3 Funciones del mantenimiento

La función principal del mantenimiento es maximizar la disponibilidad que se requiere para la producción de bienes y servicios, al preservar el valor de las instalaciones, para minimizar el deterioro de los equipos, lográndolo con el menor costo posible y a largo plazo (Mora Gutierrez, 2012).

La función de mantenimiento se define como la ejecución de todas las actividades inherentes de mantenimiento que contribuyan al funcionamiento continuo de los sistemas productivos, de los equipos de proceso, dentro de las características originadas de diseño, conservándolos en un estado óptimo corporal para la utilización más racional, mediante un uso efectivo y eficiente del presupuesto y del personal de ingeniería de conservación (Mora Gutiérrez, 2009).

Las funciones de mantenimiento caracterizan y justifican la existencia de una subdivisión de la empresa dedicada al mantenimiento (Borroto Pentón, 2005). Estas funciones pueden clasificarse en dos grupos: primarias y secundarias. Por su parte Corretger Rauet (1994), plantea que son las que comprenden sus relaciones con los servicios de producción u otros departamentos de la empresa y las que corresponden a sus propias responsabilidades como servicio autónomo.

En la ECMSS la función del mantenimiento está encaminada a la ejecución de una política sistemática de mantenimiento y reparaciones, que permita restituir las capacidades potenciales de los medios de producción, garantizar la continuidad de la producción y la obtención de un producto final con la calidad requerida, para lo cual se establece como estrategia:

- 1) Conservar la capacidad de trabajo del equipamiento
- 2) Disminuir a la mínima expresión los paros imprevistos del equipamiento
- 3) Contribuir al aumento de la productividad del trabajo
- 4) Prevenir la ocurrencia de imprevistos.

Las funciones de mantenimiento para cualquier organización deben estar en consonancia con sus objetivos, políticas o estrategias de mantenimiento que se apliquen. Autores como Portuondo Pichardo y Pérez Tejeda (1994), Mora Gutiérrez (2012) y Mora Gutiérrez (2009), señalan con igual significado: política, estrategia, sistema y tipo de mantenimiento.

Es política de mantenimiento de la ECMSS, propiciar el cumplimiento de metas y objetivos, garantizando una elevada disponibilidad técnica del equipamiento tecnológico y de apoyo que permita la realización de los procesos productivos con el máximo de eficiencia, eficacia y calidad, además de un mínimo de costos, interrupciones y riesgos (Políticas y Estrategias ECMSS, 2017). Desarrollando y preservando para ello una fuerza de trabajo capacitada y comprometida, con una gran experiencia y especialización; además de mecanismos de aprovisionamiento que gestionan los suministros de recursos para cada período a partir de demandas precisadas, con respaldo financiero y contractual. Influyendo y actuando con filosofía preventiva, apoyado en la ciencia e innovación tecnológica para elevar el rendimiento y

productividad de los procesos, así como, favoreciendo las condiciones laborales, la reducción del impacto ambiental, y la modernización.

1.2 Sistemas de mantenimiento

La tarea de mantenimiento siempre ha estado sujeta a diferentes formas de realización que se relacionan directamente con los tipos de mantenimiento a aplicar.

Varios autores han identificado como sistemas de mantenimiento a los siguientes: sistema controlado mediante la supervisión en la producción, sistema regulado, sistema por interrupción en la producción o contra avería, sistema inspectivo, predictivo o por diagnóstico y sistema de MPP, estos son referenciados en Rojas Álvarez y Borroto Pentón (2011). También es conocido en la industria cubana el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) como integrador de varios de los sistemas tradicionales (Aguilera Martínez, 2001). En la actualidad según De la Paz Martínez, Borroto Pentón y Alfonso Llanes, (2013) y Torres, (2005) existen infinidad de herramientas, técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento. Algunas de las más utilizadas pueden ser:

- 1- Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (MPT).
- 2- Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO).
- 3- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC/RCM).
- 4- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR).
- 5- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R).
- 6- Análisis Causa Raíz (ACR).
- 7- Análisis de Criticidad (AC).
- 8- Optimización Costo Riesgo (OCR).
- 9- Inspección Basada en Riesgo (IBR).

Se pudo apreciar que son muchas las denominaciones de las formas en que se pretende efectuar el mantenimiento a los activos fijos, todos expresan como hacer el mantenimiento y los mismos serán tratados de manera más detallada en los apartados siguientes.

El desarrollo de las actividades de mantenimiento, se encuentra en relación directa con las estrategias que hayan sido definidas y establecidas por los altos niveles directivos de la empresa, cada una de las cuales presenta ciertas desventajas. Entre las distintas

formas de enfrentar el mantenimiento en las instalaciones industriales, se destacan las siguientes:

- 1- Operar hasta el fallo, que consiste en dejar que el equipo continúe funcionando hasta que se produzca el fallo de un componente, o un conjunto de ellos, que inhabilite al equipo, para luego proceder a su sustitución. Durante el tiempo de permanencia en servicio del equipo, el equipo es sometido a mantenimiento preventivo programado básico (limpieza, lubricación, ajustes, etc.)
- 2- Mantenimiento a plazo fijo que consiste en establecer un programa de interrupciones para realizar trabajos de mantenimiento en equipos importantes. Incluye reparación y/o sustitución de aquellas piezas a las cuales se les pueda estimar su tiempo de vida útil. Respecto a la estrategia anterior resultaría menos costosa y los tiempos de parada más breves.
- 3- Mantenimiento basado en la condición del equipo (mantenimiento predictivo) que es cuando se somete a monitoreo la condición o estado del equipo, hasta detectar una señal que haga presumir la existencia de un deterioro incipiente, que podrá en algún momento provocar el fallo del mismo. En ese momento se programa la parada para el mantenimiento correspondiente (Martínez, 2007).

1.2.1 El sistema de mantenimiento preventivo planificado (MPP)

El sistema de mantenimiento preventivo planificado es una filosofía de mantenimiento en el que las intervenciones se basan en el tiempo de operación de los equipos. Cuando se aplica esta filosofía es necesario establecer los llamados ciclos de mantenimiento (Borroto Pentón y De la Paz Martínez, 2009).

El MPP puede ser definido como una lista completa de actividades de mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento de la planta, máquinas y equipos mediante el mantenimiento técnico racional, cambio y reparación de las piezas y conjuntos desgastados, realizados bajo un plan de mantenimiento detallado y con las programaciones que permitan su ejecución y control, elaborado con anterioridad.

El sistema de MPP establece distintos tipos de intervenciones que se clasifican en dos grandes grupos: los servicios técnicos y las reparaciones programadas (Tavares, 1999).

Las actividades de servicios técnicos más empleadas en el MPP son las revisiones periódicas, las cuales no son más, que los servicios de mantenimiento que se realizan entre dos reparaciones programadas, incluye vigilancia sistemática de las condiciones del activo físico y la eliminación de los defectos observados. Si como resultado de la revisión se detecta que los defectos encontrados afectan la calidad del trabajo del equipo, se trata de eliminarlos de inmediato o en la próxima reparación.

Las reparaciones programadas son aquellos trabajos en los cuales se reparan o sustituyen piezas y conjuntos desgastados del activo físico por otros más nuevos.

Las reparaciones de los diferentes grupos de activos físicos se organizan en forma diferente, así pues los edificios, las instalaciones y los medios de transporte son reparados sobre la base de contratos concertados con empresas especializadas si la empresa no posee sus propios medios de reparación (Portuondo Pichardo, Montes de Oca Ubiña y Morera, 1989).

Las reparaciones periódicas se realizan según un plan establecido previamente y comprenden el volumen fundamental de los trabajos de mantenimiento, se dividen en reparaciones pequeñas o ligeras, medianas y generales o capital.

Como su nombre lo indica su finalidad es prevenir al mínimo las fallas y la depreciación prematura y excesiva de la planta; esto se logra planificando y realizando las actividades de mantenimiento preestablecidas por los fabricantes de los equipos; estas actividades pueden ser: Lubricación, pintura, calibración y sustitución de elementos dañados.

La mejor forma de adoptar el mantenimiento como norma es la creación de un plan desde el principio, aunque no parezca necesario. De este modo, nos acostumbramos a conocer los puntos más críticos y acompañar el desgaste de algunos componentes para poder determinar el momento exacto de su reemplazo o recuperación (Rodríguez Chinchilla 2008).

Aunque toda la industria requiere de un buen plan de mantenimiento las partes que más desgaste tiene y por tanto que requieren de un mantenimiento preventivo más minucioso son las siguientes:

Cinta transportadora y colectoras.

Tiene la función de coleccionar todo el material virgen que fue dosificado y transportarlo hasta el elevador en frío.

Identificación general de los componentes de la cinta transportadora y colectora

- Chasis.
- Rodillo conductor.
- Rodillo conducido.
- Rodillo de carga.
- Conjunto tensor.
- Motor.
- Reductor.
- Lona de vedamiento.

Elevador en frío

Es el componente destinado para transportar los áridos que provienen de los silos dosificadores.

Identificación de los componentes.

- Conjunto tensor.
- Motor.
- Reductor.
- Cadena.
- Canchales.
- Rodamientos.

Secador.

El secador, del tipo cilíndrico con aletas internas soldadas, opera con proceso contraflujo de mezcla externa, que trae comprobadas ventajas en calidad y capacidad de producción.

Identificación de los componentes.

- Cuerpo principal.
- Anillos de rodaje.
- Anillo dentado.
- Motor.
- Reductor.

- Rodamientos.

Quemador.

Es el componente responsable por la generación de energía para el secado y calentamiento de los áridos a través de la combustión de fuel oíl.

Identificación de las partes.

- Cabeza del quemador.
- Quemador.
- Válvula de aire.
- Motor eléctrico del ventilador.
- Ventilador.
- Rodamientos.
- Bomba de fuel oíl.
- Motor eléctrico de la bomba.

Elevador en caliente.

Ya secados y con la temperatura adecuada este será el que traslade los áridos al sistema de clasificación.

Identificación de los componentes.

- Conjunto tensor.
- Motor
- Reductor.
- Cadena.
- Canjilones.
- Rodamientos.

Criba.

Identificación de los componentes.

- Motor.
- Reductor.
- Rodamientos internos.
- Rodamientos externos.

Tolvas en caliente

Es el componente que almacena los áridos en caliente mientras el operador pesador ejerce la actividad de pesaje.

Báscula.

Componente mediante el cual se comprueba y verifica lo que se pesa para realizar luego el mezclado para la elaboración del HAC.

Mezclador.

Es el componente responsable por la homogenización entre áridos, uno de los principales factores relacionados a la calidad de la mezcla producida.

- Motor.
- Reductor.
- Ejes con paletas y brazos
- Rodamientos externos.

Extractor.

Componente que se encarga de extraer todos los gases y partículas volátiles que se generan en el proceso de producción.

- Motor eléctrico del ventilador.
- Ventilador.
- Rodamientos.

Sistema hidráulico por aceite

Identificación de los componentes:

- Bomba de aceite.
- Motor.
- Selector hidráulico.
- Cilindros (7).

1.3 Gestión del mantenimiento

Según la norma ISO 9000:2001, la gestión no es más que el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. A partir de esta definición se puede entender que para desarrollar una buena gestión es preciso conocer y haber definido el objetivo u objetivos a alcanzar.

El ejecutar mantenimiento no implica reparar el equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados. En consecuencia,

buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente, su primera prioridad es prevenir fallas y, de ese modo reducir los riesgos de paradas imprevistas. Uno de los principios básicos para la gestión del mantenimiento lo constituyen los activos físicos, con ellos se puede asegurar la confiabilidad, desempeño e integridad de los equipos productivos.

Los activos son todos aquellos equipos, instalaciones y recursos que intervienen en el proceso productivo o de transformación dentro de una compañía o planta. Estos activos deben estar en óptimas condiciones para cumplir con la función por la cual fueron adquiridos. Es decir, la integridad de los activos se verifica en su capacidad de cumplir con su función de una manera confiable, óptima y sin riesgos más allá de los propios de las operaciones o del proceso productivo; lo ideal es que esa integridad se mantenga a lo largo del ciclo de vida del activo y a través de todo el proceso (Prando, 1996).

La gestión del mantenimiento es responsable de armonizar los activos, minimizando los tiempos de parada y los presupuestos de mantenimiento y por esto se afirma que "...una adecuada gestión del mantenimiento en el marco de un desarrollo tecnológico creciente y de una política de personal orientada hacia la calidad, ayuda a mejorar la productividad bajo la forma de un incremento en la rentabilidad". Hoy, no solo es importante la gestión del mantenimiento, sino también la gestión de los activos fijos durante todo su ciclo de vida, o sea, la gestión de activos. No es menos cierto que en la etapa de explotación que es la que se palpa, se observa, se analiza en las empresas cubanas lo que más se hace es gestionar el mantenimiento y en ocasiones no muy eficientemente (Torres, 2005).

1.3.1 Definición de la Gestión del Mantenimiento.

La gestión de mantenimiento es el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control.

Por lo que la gestión de mantenimiento puede ser definida como: el proceso de planificación, organización, ejecución y control en las tareas relacionadas con el mantenimiento, buscando la forma de retroalimentar el ciclo para en la medida de lo posible mejorar la gestión, logrando un alto índice de calidad de los productos y/o servicios y una mayor disponibilidad de los activos físicos (Borroto Pentón, De la Paz Martínez, Alfonso Llanes, 2013).

La gestión de mantenimiento debe estar regulada conforme al presupuesto anual asignado y a los costos, de la misma forma que proceden todas las demás áreas de una empresa, por lo que "...este servicio desarrolla una función económica a través de una serie de actividades técnicas propias de sus responsabilidades dentro de la organización" (Mora Gutiérrez, 2012; Torres, 2005).

Recientes análisis sobre la efectividad de la gestión del mantenimiento indican que un tercio de todos los costos de mantenimiento se debe a una gestión deficiente (Al-najjar, 2007).

1.3.2 Funciones de la Gestión del mantenimiento

La gestión de mantenimiento abarca el cumplimiento de un conjunto de funciones: la planificación, la organización, la ejecución y el control (Figura 1.3).



Figura 1.3. Ciclo Deming de mantenimiento. Fuente: referenciado en Borroto Pentón (2012).

Autores como Rodríguez Machado, Borroto Pentón y Alfonso Llanes (2012); Sánchez Sánchez (1999); Tavares (1999) y Torres (2005) la planificación, en general, puede considerarse como un sistema de tratamiento de la información, ya que a partir de ciertas entradas, pretende tener una visión del futuro, reflejando a este como una salida en forma de plan.

Los mismos autores antes mencionados denominan la planificación del mantenimiento al conjunto de actividades que a partir de las necesidades de mantenimiento, definen el

curso de acción y las oportunidades más apropiadas para satisfacerlas, identificando los recursos necesarios y definiendo los medios para asegurar su oportuna disponibilidad.

En ella se le debe dar respuesta a la pregunta:

¿Qué hacer?

También deben ser cubiertos por la planificación los aspectos siguientes:

- Planes de mantenimiento.
- Manejo de repuestos y partes.
- Recursos Humanos.
- Manejo de contratistas.
- Recursos físicos.
- Recursos financieros.

La organización identifica las actividades básicas u orgánicas que se deben ejecutar y organiza todo el trabajo en torno a ellas. Esta, por lo general, consiste en la programación de todas las actividades tendientes a optimizar la ejecución de un conjunto de tareas en un período generalmente establecido, distribuyendo frente a las necesidades derivadas de la carga de trabajo programable, los recursos con la finalidad de optimizarlos.

La organización debe dar respuesta a las preguntas: ¿cómo hacerlo? y ¿cuándo hacerlo?

Para ello se vale de dos fases:

- La fase organizativa donde se determina la estructura de trabajo, las funciones dentro de esta, las relaciones externas e internas, los procedimientos para el flujo y registro de información y documentación;
- La fase preparatoria donde se define la preparación de los recursos (materiales y humanos), la documentación y las instalaciones.

La ejecución del mantenimiento puede realizarse por medios propios, por contratación de los trabajos a terceros o, como es bastante común, contratar una parte y el resto ejecutarlo por medios propios, combinación conocida como mixta. La tendencia generalmente es a las organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores. En ella se le debe dar respuesta a las preguntas: ¿con qué hacerlo? y ¿con quién hacerlo?

Para ejecutar el mantenimiento por medios propios, la empresa debe disponer de personal calificado y de los recursos materiales que se necesitan para desarrollar las labores. Se emplea cuando el volumen de trabajo de mantenimiento asegura una adecuada utilización de personal calificado y de los recursos materiales.

Desde 1992, Pérez Jaramillo planteaba que el control es el conjunto de actividades tendientes a verificar el desempeño correcto de la preparación, de su realización correcta, el control funcional y la información al sistema; posteriores a la ejecución. La evaluación y control del mantenimiento está orientada a determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, a fin de que permita tomar decisiones.

1.3.3 Indicadores de mantenimiento

La Gestión del Mantenimiento está estrechamente ligada al control y análisis de indicadores o índices que brindan información respecto al desempeño de un elemento crítico identificado previamente (Tavares, 1999).

Según Rodríguez Machado, Borroto Pentón y Alfonso Llanes (2012) el término indicadores se define como: parámetros que contienen información importante, que a partir de datos definidos con anterioridad conforman el criterio para la toma de decisiones de los individuos que intervienen en el proceso, existiendo un balance previo entre ellos, que permita valorar la decisión desde diferentes enfoques y los dividen en cinco grupos (efectividad, rendimiento, costos, fiabilidad y seguridad). El manejo de indicadores como control sobre la gestión de mantenimiento constituye una forma muy eficaz para comprender su desarrollo, lo que permite realizar acciones comparativas entre estados anteriores y estados deseados.

Lourival Tavares, en su libro Administración moderna del mantenimiento (Tavares, 1999) refiere seis indicadores de clase mundial, cuatro de ellos se refieren al análisis de gestión de equipamiento y los demás se refieren a la gestión de costos.

Es conveniente señalar que si la empresa decide contratar su mantenimiento o parte de este a terceros, deberá utilizar indicadores de control sobre estos trabajos, que por lo general estarán referidos al cumplimiento de los plazos establecidos, a la calidad de los trabajos ejecutados y a sus costos.

Según (Tavares, 1999; Hernández Cruz y Navarrete Pérez, 2001 y Gento y Redondo, 2005), referenciados en Alfonso Llanes (2009), las características fundamentales que

deben cumplir los indicadores, siempre con la mirada puesta en lo que se desea alcanzar con el mantenimiento industrial, son las siguientes:

- Pocos, pero suficientes.
- Claros de entender y calculables.
- Útiles para conocer el rumbo del negocio y las causas de las desviaciones.

Según Borroto Pentón (2005), los índices de mantenimiento se clasifican en dos grandes grupos: indicadores del comportamiento de mantenimiento (ICM) e indicadores de estado técnico de los equipos y sistemas (IET). Por su parte Duffuao, Raouf y Dixon Campbell (2002) clasifican los índices en dos categorías, los económicos (de costos) y los de tipo técnico; sin embargo, muchas de las entidades cubanas no utilizan indicadores para evaluar la gestión de su mantenimiento y las que lo hacen se basan fundamentalmente en índices de costo y de disponibilidad (Alfonso Llanes et al., 2008).

Uno de los principales documentos sobre el tema de indicadores de mantenimiento es el presentado por Tavares (1999), enriquecido luego de conjunto con Calixto y Poydo (Tavares et al., 2005), donde plantean una serie de indicadores que son divididos en cuatro grupos fundamentales. El primer grupo y más importante es el de los llamados “índices de clase mundial”, nombrados de esta forma por emplearse mundialmente con las mismas siglas y coincidir con varios autores como Gusmão (2001); Sotuyo Blanco (2001) y Rodríguez (2003) con su definición y su grado de importancia en las empresas. Otro grupo de indicadores lo constituyen los relativos a los “costos de mantenimiento”, sobre los cuales abordan también Gusmão (2001); Rodríguez (2003) y Torres (2005). El tercer grupo es el relativo a “la gestión de equipos” y el cuarto el de los llamados “índices de gestión de mano de obra”.

En investigaciones realizadas (Alfonso Llanes et al., 2006a; Alfonso Llanes et al., 2006c; Alfonso Llanes et al., 2006e; Alfonso Llanes et al., 2008j) en empresas productivas del territorio central de Cuba se ha concluido que es importante, para el trabajo con los indicadores, tener presente los errores o defectos más usuales en los que se suele incurrir, entre ellos están:

- Inadecuada selección de los índices, excesivos en número y no jerarquizados.
- Insuficiente y confusa definición que provoca diferentes interpretaciones y/o cálculos.

- Escasa o nula identificación de la relación existente entre el índice y los factores críticos.
- Inadecuación en los sistemas de captación de datos para la determinación de los índices, cálculos erróneos u obtenidos con retraso, con lo cual se pierde la aptitud y rapidez de acción.
- Falta de establecimiento de valores objetivos y dificultades en obtener la información adecuada.
- Carencia de controles sistemático.

Existe un listado de índices destinados al gestor de mantenimiento, entre ellos tenemos:

- a) Costo de mantenimiento.
- b) Costo del personal de mantenimiento.
- c) Costo de materiales.
- d) Valor del surtido promedio.
- e) Valor acumulado de repuestos utilizados en doce meses.
- f) Efectivo de mantenimiento.
- g) Número de horas de averías de los equipos de producción.
- h) Número de horas teóricamente disponibles por año.
- i) Disponibilidad.
- j) Confiabilidad.
- k) Utilización.
- l) Frecuencia de fallos.
- m) Tasa de gravedad de los fallos.
- n) Índice de frecuencia bruta.
- o) Índice de frecuencia neta

Estos indicadores servirán al responsable como señales que le permitan tomar decisiones rápidas o hacer análisis complementarios en el caso de que se constate una anomalía o de una evolución hacia una situación intolerable (Crespo Márquez, 2004).

1.4 Mantenimiento en la industria en Cuba

En Cuba, antes de 1959 y con la excepción de determinadas industrias, no existía una cultura de mantenimiento, y no fue sino hasta 1961 cuando comenzó a promoverse el respeto hacia esta actividad, a partir de la introducción del Mantenimiento Preventivo

Planificado en el otrora Ministerio de Industrias, con la colaboración de algunos especialistas extranjeros amigos de Cuba.

1.4.1 Breve reseña del mantenimiento industrial en Cuba

Al estudiar las actividades realizadas en función del desarrollo del mantenimiento en Cuba se puede afirmar que se ha producido un avance paulatino, no obstante se debe señalar que se está lejos aún de lograr que las empresas adquieran una cultura fortificada y con basamentos sólidos respecto a la Gestión del Mantenimiento. En 1975, el Centro de Servicio Técnico Automotriz (CESETA), publicó el Manual de mantenimiento y reparación de equipos industriales. El objetivo de este manual era guiar la aplicación del mantenimiento preventivo planificado en plantas y talleres, principalmente de la industria mecánica y en 1976 se promulgó la Ley No. 1323, Ley de Organización de la Administración Central del Estado, que estableció, en su artículo 81, inciso ch, "...la elaboración de Normas de mantenimiento y explotación para las máquinas-herramienta del país."

En el II Congreso del Partido Comunista de Cuba (1981, p. 78), se estableció, como un lineamiento para el desarrollo de la industria: "Ejecutar una política sistemática de mantenimiento y reparaciones generales que permitan garantizar o restituir las capacidades potenciales a las unidades..." y, a partir de la política trazada en el país en relación con el mantenimiento, la mayoría de las empresas cubanas asumieron el Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado, conocido por las siglas MPP, adaptándolo a sus características.

En el Informe Central al III Congreso del Partido (1986), se hizo un análisis crítico de la calidad del mantenimiento y las reparaciones a partir del cual se planteó, como lineamiento de trabajo para el quinquenio 1986-1990: "Reducir la influencia negativa que ejercen en el aprovechamiento de las capacidades instaladas (...) las roturas de los equipos tecnológicos y la reducción del rendimiento de los fondos básicos por mantenimiento insuficiente u operación inadecuada."

En el mes de octubre de 1987 cobró vigencia la Norma Cubana (NC 92-44: 86) que establece los términos y definiciones fundamentales y de uso más común en la realización del mantenimiento y la reparación de los artículos industriales.

En el Programa del Partido (1987), dentro de los objetivos de la política económica a partir del III Congreso, se señala: “Se deberá priorizar la política de mantenimiento y reparación periódica de los equipos, edificios e instalaciones, por su decisiva influencia en el ahorro de recursos para las inversiones, así como en el funcionamiento ininterrumpido del proceso productivo y en la reducción de las normas de consumo de energía y materiales”. En general, puede apreciarse que ha existido una atención y un reconocimiento a la importancia de la actividad de mantenimiento en el país y que no ha cambiado la política económica respecto a mantenimiento en los últimos años, más bien se ha matizado, y esto puede ser interpretado de la Resolución sobre el desarrollo económico del país (1991), posterior al IV Congreso del Partido.

Otro avance en la actividad del mantenimiento en Cuba se realiza a partir de 1996. Este está dado por la propuesta realizada por De la Paz Martínez (1996), quien, a partir de la versión cubana del Sistema Alternativo de Mantenimiento, introducido en la industria mecánica cubana por Portuondo Pichardo (1989), desarrolla este con la denominación de Sistema Alternativo de Mantenimiento, manteniéndolo.

Desde el año 1999, se empieza a enfocar el mantenimiento desde un punto de vista más gerencial o de gestión, Sánchez Sánchez (1999), realiza una contribución al Sistema de Gestión del Mantenimiento en empresas productoras de azúcar crudo, con lo que se pretende mejorar la gestión de los activos físicos en el Ministerio de la Industria Azucarera.

En el año 2001 se realiza otro aporte a la Gestión del Mantenimiento, esta vez desde una óptica poco tratada pero verdaderamente importante, la planificación de los Recursos Humanos (Aguilera Martínez, 2001). Esta fue aplicada en empresas textiles del Ministerio de la Industria Ligera.

En el 2005 se produjo otro avance notable en la Gestión del Mantenimiento, al ser desarrollado e implementado un procedimiento para la realización de la auditoría de Mantenimiento en el Ministerio de Salud Pública específicamente en hospitales de la provincia de Villa Clara Borroto Pentón (2005). Además, como resultado de las auditorías aplicadas, se propuso un sistema de mantenimiento especialmente diseñado para hospitales, denominado Sistema Alternativo de Mantenimiento en Hospitales (SAMHOS).

Alfonso Llanes (2009) propuso un procedimiento para administrar el proceso de tercerización del mantenimiento, cuya aplicación se realizó en empresas del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), del Ministerio del Turismo (MINTUR) y del Ministerio de la Industria Ligera (MINIL), proveyendo al sistema empresarial de una herramienta efectiva para la administración de los procesos de externalización de actividades y funciones de mantenimiento.

Por su parte, Torres Rodríguez (2010) desarrolló un enfoque de Gestión del Mantenimiento o Servicios Técnicos en el MINTUR aplicado a los Hoteles de sol y playa que considera la “dimensión ambiental”. A partir del VI Congreso del PCC en Mayo del 2011 se ponen en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos, manifestando que constituirán la primera prioridad las actividades de mantenimiento tecnológico y constructivo en todas las esferas de la economía, así como priorizar la reactivación del mantenimiento industrial, incluyendo la producción y recuperación de partes, piezas de repuesto y herramientas, entre otros.

En el año 2013, con el objetivo de implementar los lineamientos 117 y 220 del VI Congreso PCC, dirigidos a priorizar el mantenimiento industrial, se decide elaborar la política, para lo cual fue designado el MINDUS, para ello se creó un grupo de trabajo temporal constituido por representantes de los organismos que tienen incidencia, en esta actividad y que comenzaron a hacer el diagnóstico en 91 entidades seleccionadas según el procedimiento de Acosta Palmer (2013). El alcance del diagnóstico incluyó la gestión del mantenimiento y el estado técnico de las maquinas, equipos e instalaciones industriales. Tuvieron en cuenta las principales deficiencias que existen en el estado técnico de los equipos, tanto mecánicos como eléctricos, en las condiciones socio ambiental de las instalaciones, en la lubricación, la organización y limpieza de las instalaciones. Algunos de los principales problemas arrojados son:

- Alto nivel de desajustes mecánicos por desgaste lógico de explotación durante muchos años sin un adecuado mantenimiento.
- Falta de rigor en los trabajos de reparación y mantenimiento.
- Equipos trabajando sin el nivel de lubricantes indicado en sus visores y copillas sin lubricar.

- Insuficientes instrumentos de medición o que no están verificados.
- Instalaciones eléctricas que no cumplen con los requerimientos técnicos requeridos.
- Deficiente mantenimiento a las pizarras eléctricas.
- Equipos sin conectar a tierra.
- Insuficiente chequeo del aislamiento de los motores eléctricos y de sus sistemas de ventilación.
- Falta de diagramas eléctricos de equipos y de redes.
- No existen planes de mantenimiento constructivos, o existen y no se llevan a cabo por falta de presupuesto.
- Deficiente estado técnico de las instalaciones constructivas, techos, paredes, pisos, calles, aceras, cerca perimetral, etc.
- Falta de rigor en la aplicación de la lubricación.
- Faltan estudios de lubricación, no están los lubricantes recomendados.
- No hay local de lubricantes en la mayoría de los casos, y en el caso que existe están en mal estado.
- La aplicación de la lubricación no se controla por tarjetas.
- De forma general no hay una cultura de organización y limpieza en la mayoría de las organizaciones.
- Los directivos no exigen que se limpie al final de cada jornada de trabajo.
- La recogida de los desechos no es sistemática.

1.5 Metodologías para la selección, basadas en la clasificación del equipamiento (análisis de criticidad).

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, al crear una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, que dirige el esfuerzo y los recursos hacia las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional (Huerta Mendoza, 2001; Christensen, 2006; Alfonso Llanes *et al.*, 2008c). La clasificación de un componente como “crítico” supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo que permita detener sus posibles causas de fallo.

El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema se realiza normalmente mediante la técnica de Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos (FMEA, Failure Mode and Effect Analysis) y, en otros casos, mediante la herramienta de Análisis de Modos de Fallo y Efectos Críticos (FMECA, Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) (Fernández Pérez et al., 2003 y García González-Quijano, 2004).

La forma más generalmente utilizada para realizar la jerarquización de los elementos dentro de un sistema productivo o de servicios es el empleo de un grupo de factores, criterios o variables que caractericen su contexto operacional y valoren las consecuencias que sobre cada una de ellas genera el modo de fallo que se presente (González Fernández, F. J., 2007).

En la tabla 1.1 que se encuentra en los anexo 1, 2, 3, 4, 5, 6, se muestra un resumen de las propuestas realizadas por diferentes autores e instituciones concernientes a la realización del análisis de criticidad (variables de priorización). Existe un grupo de criterios que son comunes a la mayoría de las propuestas, dígame: seguridad, impacto ambiental, costo de reparación, pérdida de producción y tiempo de reparación.

Tabla 1.2 Clasificación del equipamiento.

| FUENTE | CLASIFICACIÓN |
|--|--|
| MINBAS (1986) | Fundamentales para la producción No fundamentales en la producción |
| Ochoa Crespo (1994) | Máxima categoría Categoría media Categoría regular Categoría mínima |
| Vinicius Lucatelli y García Ojeda (1995) | De soporte directo a la vida Con sustitución periódica y obligatoria de piezas Que ofrece altos niveles de energía Con intervalo de mantenimiento normalizado |
| De la Paz Martínez (1996) | Muy importantes o fundamentales Normales o convencionales Auxiliares |
| González Danger y Hechavarría Pierre (2002) Torres (2005) | Importancia A Importancia B Importancia C |

| | |
|---|--|
| Espinosa Fuentes (2006) | Crítico Semicrítico No crítico |
| Torres (1997) Huerta Mendoza (2001) García Garrido (2003) Yañez Medina (2004) Cardoso de Morais (2004) Borroto Pentón (2005) Christensen (2006) | Alta criticidad (clase A) Mediana criticidad o importantes (Clase B) Baja criticidad o prescindibles (Clase C) |

Fuente: adaptada de Alfonso Llanes (2009).

1.6 Procedimientos analizados.

1.6.1 Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento basado en elementos de análisis de riesgo (Aguilar de Oro, 2012).

Este procedimiento sirve de soporte al proceso de toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento teniendo en cuenta el análisis de riesgo. El carácter autóctono del procedimiento, así como, el resto de las cualidades de este, se definen, en gran medida, por el objetivo, el conjunto de principios básicos, las premisas y demás características que lo sustentan. Está conformado por cinco fases que son:

- 1: Inicio o preparación.
2. Realizar la jerarquía de la planta.
3. Realizar el análisis de riesgo.
4. Evaluación de riesgos.
5. Determinación del tipo de mantenimiento a aplicar al componente asociado al modo de fallo correspondiente.

1.6.2 Procedimiento general para el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales cubanos (Borroto Pentón, 2005).

Este procedimiento general propone la necesaria “reconceptualización” de los conceptos establecidos en Cuba sobre mantenimiento hospitalario, como parte del mejoramiento, partiendo de su definición y de la ampliación y/o establecimiento de sus objetivos y funciones. Este fue estructurado en 10 etapas distribuidas en tres fases y una interfase y una etapa final de seguimiento. A continuación se enumeran dichas fases.

1. Preparación.

2. Realización de la auditoría de mantenimiento.

3. Sistema Alternativo de Mantenimiento en Hospitales.

1.6.3 Procedimiento general para la toma de decisiones en la ejecución del mantenimiento basado en la criticidad del equipamiento (Alfonso Llanes, 2009).

Este procedimiento fue estructurado en cinco fases generales estrechamente vinculadas y con interacciones durante su ejecución, que implican, a su vez, un conjunto de 17 etapas con sus pasos y acciones correspondientes. A continuación se enumera cada una de las fases.

1. Inicio o preparación.

2. Seleccionar la(s) tarea(s) de mantenimiento.

- Clasificación del equipamiento.
- Clasificación de los fallos.
- Propuesta de variantes de mantenimiento.

3. Selección de proveedores.

4. Establecimiento del contrato.

5. Administración de la relación de outsourcing.

1.7 Conclusiones parciales.

La bibliografía estudiada permitió conocer que la mejor forma de aplicar el mantenimiento no es emplear un solo tipo de ellos, sino la combinación de varios de estos, coincidiendo con la mayoría de los autores referenciados los que consideran que según las complejidades de la organización, planta y proceso, se pueden utilizar varios de ellos en una misma instalación.

Capítulo 2: Descripción del procedimiento general seleccionado para la planificación del mantenimiento en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.

En el presente capítulo se realiza una descripción del procedimiento general de Alfonso Llanes (2009) el cual fue seleccionado por el autor por su fácil aplicación y que se adecua a las condiciones actuales de la planta de asfalto Lázaro Villavicencio. Este procedimiento permite realizar el diagnóstico de los principales problemas relacionados con el sistema de mantenimiento aplicado actualmente, así como, los cálculos para determinar el % disponibilidad y del método de experto con las consideraciones estadísticas correspondientes.

2.1 Características del procedimiento general para la toma de decisiones vinculada a la selección del tipo de mantenimiento.

En este epígrafe se da cumplimiento a la tarea de seleccionar un procedimiento que le permita a la empresa, sobre la base del análisis de la situación actual que presenta el equipamiento productivo, decidir la política de mantenimiento más adecuada para cada equipo en función de su contexto operacional.

Luego de la revisión bibliográfica y de la consulta a expertos de la entidad objeto de estudio, se decidió que la metodología presentada por Alfonso Llanes (2009), desarrollada sobre la base de las exhibidas por Torres (1997), Borroto Pentón (2005) y Chistensen (2006), es adecuada para su aplicación a la industria en cuestión. Para llegar a esta decisión se analizó que el procedimiento se adecua a las condiciones de la organización, además ha sido aplicado con éxito en otras industrias.

Los pasos a seguir en este procedimiento son los siguientes:

1. Clasificación del equipamiento.
2. Clasificación de los fallos.
3. Propuesta de variantes de mantenimiento.

Paso 1. Clasificación del equipamiento.

Evaluadas todas las variantes de clasificación expuestas en la literatura especializada que aborda el tema (ver tabla 1.5) se decidió asumir la codificación en tres clases, denominadas: Clase "A", Clase "B" y Clase "C"; criticidad alta, mediana y baja, respectivamente.

Para alcanzar la clasificación de cada equipo en las categorías de criticidad enunciadas anteriormente, se propone utilizar un algoritmo que logra este objetivo en dependencia del valor de cada una de las variables contenidas en el mismo (ver figura 2.1), las cuales van a caracterizar el entorno operacional en que se desempeña el equipamiento. La selección de las variables de decisión contenidas en el algoritmo a utilizar se ha realizado a partir de analizar las similitudes y coincidencias de las propuestas presentadas en el anexo 8.

A continuación se definen las variables consideradas en el algoritmo de decisión, así como los posibles efectos (niveles) que, ante un fallo del equipamiento, se pueden presentar en cada una de ellas.

Seguridad: capacidad del fallo de ocasionar daño a las personas que se encuentran en la zona donde opera el equipo o en general al medio ambiente.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios y/o sobre el medio ambiente.

Nivel 2: el fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente.

Nivel 3: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente.

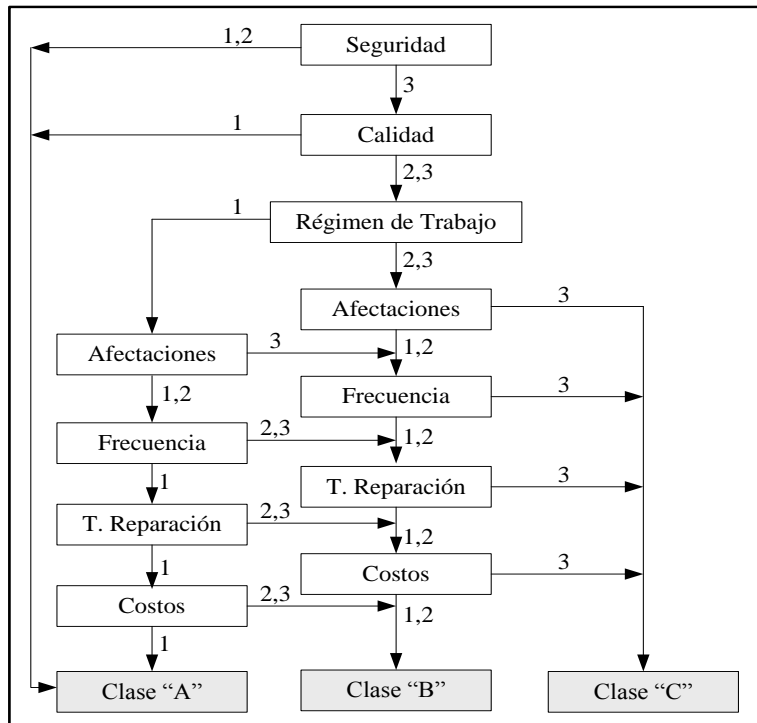


Figura 2.1 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipamiento. Fuente: Alfonso Llanes (2009).

En la tabla 2.1 se muestran las características a considerar en los niveles 1 y 2 sobre los efectos que provoca el fallo del equipo en el medio ambiente y en los operarios.

Tabla 2.1 Características de los niveles de la variable seguridad

| | MEDIO AMBIENTE | OPERARIOS |
|----------------|--|---|
| Efectos graves | <ul style="list-style-type: none"> - El fallo provoca afectaciones al medio ambiente que, además, pueden ocasionar enfermedades a los operarios que laboran en el área. - El fallo ocasiona una contaminación fuera de las especificaciones permisibles. | <ul style="list-style-type: none"> - El fallo causa la muerte del operario. - El fallo inhabilita totalmente al operario para seguir laborando. |
| Riesgos | <ul style="list-style-type: none"> - Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles. | <ul style="list-style-type: none"> - Las consecuencias del fallo pueden causar algunos de los riesgos definidos en la empresa sin llegar a causar efectos graves en el operario. |

Calidad: nivel de afectación a la calidad del producto que conlleva el fallo del equipo.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento.

Nivel 2: el fallo del equipo afecta la calidad del producto pero el mismo puede ser reprocesado.

Nivel 3: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto.

Régimen de trabajo: cantidad de tiempo que opera el equipo en la jornada de trabajo.

Para llevar a cabo la clasificación de esta variable se propone emplear el criterio “tasa de utilización (t_u)”, el cual puede agravar o reducir la incidencia del fallo sobre la misma.

Nivel 1: el equipo es utilizado intensivamente ($t_u \geq \bar{t}_u$)

Nivel 2: el equipo es utilizado medianamente ($\bar{t}_u/2 \leq t_u < \bar{t}_u$)

Nivel 3: el equipo es de uso ocasional o de baja utilización ($t_u < \bar{t}_u/2$)

Afectaciones: se asocia al efecto del fallo del equipo en el proceso y su capacidad de interrumpirlo de forma total o parcial.

Nivel 1: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando se presenta alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo del equipo inhabilita al equipo o a la instalación.
- El fallo se presenta en el equipo limitante de la planta o en un equipo de una línea de producción continua.
- El equipo que falla es redundante y existe la probabilidad de un fallo múltiple. La probabilidad de que se produzca un fallo múltiple durante un período dado está regida por la situación donde falla el equipo de reserva (B) mientras el equipo base (A) aún se encuentra averiado, o sea, el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es mayor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A > TMEF_B$]. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se

realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas (Baraza Calvo, 2003).

Nivel 2: el fallo del equipo provoca la interrupción de un sistema o unidad importante.

Nivel 3: el fallo del equipo no afecta la producción/servicio.

Esta situación se puede ocasionar cuando ocurre alguna de las situaciones siguientes:

- El fallo se presenta en un equipo auxiliar o en un equipo cuyo nivel de utilización es medio o bajo (posee capacidad suficiente para restablecer el fallo sin afectar el resultado final de la producción/servicio).
- El fallo se presenta en un equipo redundante y su falla no afecta el proceso de producción/servicio. Esta situación se presenta cuando el Tiempo Medio Para Reparación del equipo base (A) es menor que el Tiempo Medio Entre Fallos del equipo de reserva (B) [$TMPR_A < TMEF_B$], o sea, el equipo de reserva asume la producción mientras al equipo base se le restablecen sus condiciones de funcionamiento. En los casos donde exista más de un equipo de reserva se realizaría este análisis a través del tratamiento que se le da a las configuraciones stand by con múltiples máquinas (Baraza Calvo, 2003).

Frecuencia de fallos: cantidad de fallos de cualquier componente del sistema por período de utilización (fallos/unidad de tiempo).

Para la evaluación de esta variable se utilizará el indicador “tasa de fallos (λ)”, la cual está dada por el número de fallos que se generan en un determinado período (se recomienda utilizar el período de un año).

Nivel 1: muchas paradas ocasionadas por los fallos ($\lambda > \bar{\lambda}$).

Nivel 2: paradas ocasionales ($\bar{\lambda}/2 \leq \lambda \leq \bar{\lambda}$).

Nivel 3: paradas poco frecuentes ($\lambda < \bar{\lambda}/2$).

Tiempo de reparación: tiempo necesario para reparar el fallo.

Nivel 1: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($TMPR > \overline{TMPR}$)

Nivel 2: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($\overline{TMPR}/2 \leq TMPR \leq \overline{TMPR}$)

Nivel 3: el tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($TMPR < \overline{TMPR} / 2$)

Costo de reparación: costo asociado a la reposición del estado de funcionamiento del elemento que ha fallado (costo del fallo)

Nivel 1: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado ($Cr > \overline{C}_r$)

Nivel 2: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado ($\overline{C}_r / 2 \leq Cr \leq \overline{C}_r$)

Nivel 3: el costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño ($Cr < \overline{C}_r / 2$).

Como se ha podido observar en las variables régimen de trabajo, tiempo de reparación y costo de reparación se ha utilizado la estimación de la media en la caracterización de cada uno de sus niveles, sin embargo, esta medida puede verse afectada por la presencia de valores extremos en el conjunto de datos analizados. Para el tratamiento (detección) de este tipo de valores se propone emplear el Criterio Variacional de Dixon (Dixon y Massey, 1976). En el caso de que un determinado valor "X" sea catalogado como extremo, entonces no se consideraría en el cálculo de la media aunque sí se tendría en cuenta a la hora de determinar el nivel que en el equipo que se esté analizando alcanzaría dicha variable.

La evaluación de cada variable precisa que la empresa disponga de un sistema de estadística de fallos fiable, lo cual permitirá realizar cálculos "exactos y absolutos"; sin embargo, desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cuál sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar.

Paso 2. Clasificación de los fallos.

Para la clasificación de los fallos es acertado basarse en la periodicidad y facilidad de detección del fallo, siendo definidos como sigue:

- Periódicos de Fácil Detección (PFD).
- Periódicos de Difícil Detección (PDD).

- Aleatorios Poco Frecuentes (APF).
- Aleatorios Muy Frecuentes (AMF).

Para la terminación de clasificación de cada tipo de fallo que ocurre en la entidad se deben utilizar los criterios de los especialistas y técnicos propios de esta, se podrían aplicar técnicas como: tormentas de ideas, encuestas, entrevistas, cuestionarios, entre otras.

Paso 3. Propuesta de variantes de mantenimiento.

Una vez clasificados los equipos y los fallos, corresponde definir las variantes de mantenimiento más convenientes para cada equipo analizado. Teniendo en cuenta las características propias de cada tipo de mantenimiento (ventajas, desventajas y condiciones de aplicación) el grupo de expertos definió las políticas de mantenimiento a utilizar en la entidad, así como su orden de prioridad, en dependencia de la estrategia trazada para cada nivel de criticidad y del tipo de fallo que presentan (este último se analizará de acuerdo al comportamiento histórico del equipo). En la tabla 2.2 se presentan, por orden de prioridad, las políticas de mantenimiento definidas para cada situación específica.

Tabla 2.2 Variantes de mantenimiento a utilizar según el tipo de fallo y el nivel de criticidad del equipo analizado.

| CLASE | 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” | 1, 2, 3, 4 | 2, 4, 3 | 3, 4 | 4, 3 |
| “C” | 2, 3 | 2, 3 | 3 | 3 |

Fuente: Alfonso Llanes (2009).

Para los cuales:

1. Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición.
2. Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
3. Mantenimiento Contra Avería.
4. Mantenimiento de Mejora.

La decisión de qué subsistema de mantenimiento emplear en la empresa para cada equipo deberá tener en cuenta el cumplimiento de ciertas condiciones que así lo permitan. Por ejemplo un equipo clase “A” con fallo Periódico de Fácil Detección, con averías cuyos síntomas son medibles y existen instrumentos para realizar dicha medición se asistirá con un Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, sin embargo de no existir estas condiciones deberá aplicársele un Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.

Para las consideraciones del procedimiento los expertos coinciden con Borroto Pentón (2005) en las prioridades de las políticas de mantenimiento a desarrollar ante cada uno de los fallos clasificados en el procedimiento, aunque se señala que en el caso de los equipos clasificados como de clase “A”, bajo ninguna circunstancia se debe emplear el mantenimiento correctivo.

Considérese, además, que:

- Si el fallo es Periódico y de Fácil Detección es recomendable aplicar la variante de mantenimiento en el siguiente orden: Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora, en caso de el equipo sea categoría “C” lo más provechoso en primer orden, sería trabajar contra avería y Preventivo a Intervalos Constantes reduciendo la utilización de los recursos.
- Si el fallo es Periódico y de Difícil Detección, lo más conveniente es Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes y Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo en ese orden. En el caso de que sea un equipo clase “B” se recomienda el Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo y en el caso de la clase “C” su secuencia sería Mantenimiento Contra Avería, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes.
- Dado que no se recomienda como estrategia factible el Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición debido al alto costo de detección del fallo, una estrategia a tener en cuenta, además de la del Mantenimiento Preventivo a Intervalos Constantes, puede ser el Mantenimiento de Mejora con el objetivo de hacer cambios en el diseño del equipo que lo lleven a fallos periódicos o poco frecuentes.

- En el equipo donde el fallo es Aleatorio Poco Frecuente se recomienda aplicar las políticas de mantenimiento en el siguiente orden: Mantenimiento Preventivo con Base en la Condición, Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento de Mejora (para este último el gasto es muy elevado y sólo es recomendable en el caso donde es necesario una alta disponibilidad), en los casos clasificados como clase “C” se aplicaría el Mantenimiento Correctivo.
- Cuando el fallo es Aleatorio Muy Frecuente conviene aplicar el Mantenimiento Preventivo con Base, en la Condición, Mantenimiento de Mejora y Mantenimiento Correctivo en ese orden, cuando el equipo es clase “B” se aplica el Mantenimiento de Mejora en primer orden. En el caso de que sea un equipo clase “C”, se recomienda emplear el Mantenimiento Contra Avería como única opción.

2.2 Método de expertos.

También dentro de los materiales y métodos se concibió utilizar este procedimiento propio de cualquier ingeniería, a los efectos de colegiar la clasificación de los fallos en equipos.

Se emplea el método de expertos con el fin de seleccionar, dentro de las variables escogidas, las más adecuadas para el estudio. Este método tiene como ventajas que recoge el criterio de los técnicos y/o individuos cuya habilidad y experiencia puedan hacer confiables dichos criterios y que se puede trabajar con valores numéricos y admite análisis estadístico (González; et al. 1995).

En tal sentido primeramente fueron seleccionados los expertos utilizando el procedimiento de Hurtado de Mendoza (2003) donde se determina el coeficiente de competencia, donde nunca se aceptaran expertos con coeficiente de competencia menor que 0.5.

Para el cálculo del número de expertos se aplicó la fórmula de Cuesta Santos (2005).

$$M = \frac{p*(1-p)*k}{i^2}$$

Dónde:

i : Nivel de precisión deseado.

p: Proporción estimada de errores de los expertos

k: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

Para $i = 0.10$; $p = 0.02$ y $k = 3.8416$ (Nivel de Confianza = 95%):

$$M = \frac{0.02 * (1 - 0.02) * 3.8416}{(0.10)^2}$$

$$M = 7.529536 \approx 8$$

El resultado arroja un total de ocho expertos según los parámetros fijados para la actividad.

2.3 Conclusiones parciales.

- El procedimiento general para la definición del tipo de mantenimiento a aplicar en cada equipo permite llevar a cabo los procesos complejos que incluye de forma relativamente sencilla, destacando el carácter práctico del mismo.
- El desarrollo del procedimiento general propuesto requiere la disponibilidad de un sistema informático confiable, oportuno y actualizado sistemáticamente, que garantice la información necesaria en los diferentes pasos del proceso para la toma de decisiones de forma rápida y efectiva.

Capítulo 3: Aplicación práctica del procedimiento propuesto en la entidad objeto de estudio.

En el presente capítulo se aplica el procedimiento propuesto, a partir de una breve caracterización de la entidad objeto de estudio así como de la descripción de sus procesos productivos. Los resultados de la metodología a aplicar se sustentan sobre un análisis cualitativo con la orientación de un grupo de expertos definido previamente.

3.1 Caracterización de la Unidad Empresarial de Base número 6 pavimentación.

La Unidad Empresarial de Base número 6 pavimentación (UEB # 6) perteneciente a la ECMSS, fue creada en el año 2014 como parte de la reunificación de las empresas de construcción, trazado por la política a nivel de país, la UEB # 6 cuenta con 3 industrias productoras de HAC y las respectivas brigadas para la colocación de este producto, así como con una base de equipos de transportación y taller para el mantenimiento y reparación de estos equipos de transportación así como de las maquinas utilizadas en la colocación del HAC.

Esta UEB cuenta con total de 184 trabajadores.

Es misión de la UEB: La organización brinda servicios de elaboración de mezclas de Hormigón Asfáltico Caliente y ejecuta el bacheo y pavimentación de obras viales principalmente en la provincia de Sancti Spíritus, con una calidad aceptable que nos permite satisfacer a nuestros clientes por medio de un personal altamente competitivo con experiencia en la actividad, trabajando con sentido de pertenencia y eficiencia que nos permitirá ser una UEB dentro de la empresa estatal de referencia en esta actividad constructiva en el país.

Y como visión: La organización es de referencia en la actividad constructiva y de mantenimiento de viales en el territorio, la cual se identifica por el sentido de pertenencia y el compromiso de sus trabajadores en la satisfacción de los requerimientos de nuestros clientes en calidad, eficacia y sostenibilidad medioambiental a partir de la unidad en la toma de decisiones, la exigencia y la responsabilidad social.

Tabla 3.1 Plantilla de personal de la UEB.

| CATEGORÍA | PLANTILLA APROBADA | % APROBADA | PLANTILLA CUBIERTA | % CUBIERTA |
|-----------|--------------------|------------|--------------------|------------|
|-----------|--------------------|------------|--------------------|------------|

| | | | | |
|-----------------|-----|------|-----|------|
| Dirigentes | 12 | 6,5 | 10 | 7 |
| Técnicos | 38 | 20,7 | 38 | 26,6 |
| Administrativos | 1 | 0,5 | 1 | 0,7 |
| Servicios | 8 | 4,4 | 8 | 5,6 |
| Obreros | 125 | 67,9 | 86 | 60,1 |
| Total | 184 | 100 | 143 | 100 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3.2 se aprecia la cantidad de trabajadores por cada nivel de escolaridad y el por ciento que representan del total de la plantilla.

Tabla 3.2 Cantidad de trabajadores por cada nivel de escolaridad.

| ESCOLARIDAD | CANTIDAD |
|-------------------|----------|
| Universitario | 20 |
| Técnico medio | 12 |
| Pre universitario | 35 |
| Noveno grado | 57 |
| Sexto grado | 60 |

Fuente: elaboración propia.

3.1.1 Caracterización del área de mantenimiento.

El área del mantenimiento dentro de la UEB, se encuentra organizada de manera que asegure la disponibilidad máxima planificada de los equipos al menor costo, dentro de los requisitos de seguridad. Garantiza los servicios requeridos principalmente para los equipos automotrices de la unidad.

Es política del Área de Mantenimiento garantizar el máximo nivel de calidad en los productos con costos de mantenimiento bajos y asegurar el funcionamiento de los equipos e instalaciones con el máximo de rendimiento y el mínimo de consumo.

Además tiene como objetivos: maximizar la disponibilidad de las maquinarias y equipos para la producción, de manera que siempre estén aptos y en condiciones de operación inmediata, lograr con el mínimo costo posible el mayor tiempo de servicio de las

instalaciones y maquinarias productivas, disminuir los paros imprevistos de producción ocasionados por fallas inesperadas, tanto en los equipos como en las instalaciones y lograr la creación de un sistema de mantenimiento capaz de alcanzar metas en la forma más económica posible.

El departamento de mantenimiento cuenta con una plantilla aprobada de 7 trabajadores, la que en el momento del estudio se encontraba incompleta (ver tabla 3.3). Estos obreros son los encargados de cumplir con las tareas de mantenimiento que sean necesarias ejecutar, para garantizar la capacidad operativa del equipamiento productivo de la fábrica, solucionar los problemas que se presenten, siempre y cuando estos se puedan resolver en relación con la calificación de la brigada.

Tabla 3.3 Plantilla del personal del área de mantenimiento.

| ESPECIALIDAD O CARGO | PLANTILLA APROBADA | PLANTILLA CUBIERTA |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| Mecánico "A" Jefe de Brigada | 1 | 1 |
| Mecánico "A" | 1 | - |
| Mecánico "B" | 2 | 1 |
| Electricista Montador "B" | 1 | - |
| Soldador | 1 | - |
| Chofer "D" | 1 | 1 |

Fuente: elaboración propia.

Al realizar un análisis del desempeño del sistema de mantenimiento se observó que en la UEB no se está alcanzando la función de mantenimiento a plenitud, ya que con sus actividades de planificación y control no se garantiza fiablemente el funcionamiento regular de las instalaciones productivas para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de la función deseada. Además se pudo constatar un grupo de deficiencias tales como:

- En el caso de las industrias no se cuenta con un modelo oficial en el que registren las incidencias de las roturas, costos de las mismas y tiempo de reparación, así como otras variables que puedan ser de utilidad para la planificación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento.
- Evidente falta de personal en la brigada de mantenimiento, así como de herramientas para realizar los trabajos correspondientes.

- No se tiene en cuenta en la planificación el tiempo de gestión de las piezas de repuesto, lo que repercute en la realización deficiente del mantenimiento programado.
- No se tiene en cuenta los gastos en que se incurren al no definir un tiempo establecido para las reparaciones (en ocasiones se demoran dando el mantenimiento más de un año).
- No se consideran ni los costos asociados a la actividad de mantenimiento, ni los incurridos por la elevada estadía de las máquinas debido a la ineficiencia del mismo a la hora de su planificación.
- No se consideran los criterios del personal de mantenimiento de la industria para la confección de los planes de mantenimientos.
- No existen métodos para la evaluación del estado de funcionamiento de los equipos.
- No existe un sistema que permita evaluar, como ha sido la calidad del mantenimiento realizado a los equipos, ni tampoco cuál es el estado de estos con relación a como se encontraban anteriormente, pues la única forma de comprobación la efectividad del mantenimiento realizado es observando el funcionamiento una vez concluida esta tarea. Si no se percibe ningún problema en ese momento, entonces se considera que está listo el mismo para entrar en el proceso nuevamente.

Todo ello trae consigo que en la entidad se presenten problemas al compilarse el número de paradas de los equipos, el tiempo de interrupción en la producción por roturas, el inventario de las piezas críticas, pérdidas monetarias por producciones en espera o retrasadas debido a la permanencia de los equipos fuera de servicio por falta de pieza de repuesto y la cantidad de equipos que detienen su producción.

3.1.2 Caracterización de la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.

La planta de asfalto “Lázaro Villavicencio” ubicada en el km 382 de la carretera central fue localizada en esa zona a mediados de 1958 con el objetivo de mantener las carreteras ya existentes y en la construcción de otras nuevas en la zona central de la provincia de Sancti Spíritus. Esta industria de elaboración de HAC fue la única ubicada en la provincia espiritana hasta los años ´70 que se colocaron dos industria más, una en el municipio de Yaguajay y la otra en Trinidad.

La industria en cuestión ha sufrido varios cambios desde su instalación; ejemplo de ello ha sido la instalación de un sistema hidráulico para las compuertas de pesaje y mesclado de los materiales utilizados en la elaboración del HAC y su posterior descargue sobre camión, anteriormente todo esto se hacía de forma manual a través de palancas. También se modernizó la caldera de vapor de agua, el sistema eléctrico general y además se le añadió una cámara húmeda en la chimenea de la industria con todo el sistema de tratamiento de las aguas residuales para disminuir la carga contaminante emitida por esta industria.

Los trabajadores de esta Industria representan el 12.5% de la plantilla total de la UEB.

El nivel de escolaridad de los trabajadores de la industria se muestra en la tabla 3.5.

En el anexo 7 se muestra el diagrama de flujo de producción de HAC.

Tabla 3.4 Plantilla del personal de la Planta de asfalto Lázaro Villavicencio

| CATEGORÍA | PLANTILLA APROBADA | PLANTILLA CUBIERTA |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| Jefe de Brigada | 1 | 1 |
| Técnicos | 4 | 3 |
| Servicios | 4 | 2 |
| Obreros | 14 | 7 |
| Total | 23 | 13 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.5 Niveles de escolaridad de los trabajadores

| NIVEL DE ESCOLARIDAD | CANTIDAD |
|----------------------|----------|
| Universitario | 2 |
| Técnico Medio | 2 |
| Preuniversitario | 3 |
| Noveno Grado | 6 |
| Sexto grado | 10 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 3.6 se puede apreciar el levantamiento realizado al equipamiento de la industria.

En la Tabla 3.7 se muestra el comportamiento de la disponibilidad (en porciento) del equipamiento de la línea en los años 2015 y 2016. En la misma se pueden apreciar niveles de disponibilidad bajos, medios y altos, lo que demuestra que la línea posee variaciones en sus ciclos productivos.

Tabla 3.6 Levantamiento del equipo productivo

| NOMBRE DEL EQUIPO | AÑO DEL EQUIPO | | | ESTADO TÉCNICO |
|--|----------------|-------------|-------------|----------------|
| | Fabricación | Instalación | Procedencia | |
| Cintas transportadora de áridos | 1955 | 1958 | USA | R |
| Elevadores de áridos | 1955 | 1958 | USA | R |
| Tambor secador | 1970 | 2014 | URSS | R |
| Quemador | 2005 | 2005 | Cuba | R |
| Caldera de vapor de agua | 2008 | 2009 | Cuba | R |
| Criba | 1955 | 1958 | | R |
| Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50- | 1955 | 1958 | USA | R |
| Mezclador | 1955 | 2014 | URSS | R |
| Sistema extractor de gases y recuperador de | 1955 | 1958 | USA | R |
| Sistema hidráulico por aceite. | 1975 | 1975 | URSS | R |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.7. Disponibilidad de los equipos de la industria

| MESES | HORAS TRABAJADAS | | HORAS PERDIDAS | | DISPONIBILIDAD (%) | |
|---------|------------------|------|----------------|------|--------------------|------|
| | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 |
| Enero | 1252 | 484 | 224 | 336 | 82 | 31 |
| Febrero | 1330 | 922 | 146 | 144 | 89 | 84 |
| Marzo | 650 | 1136 | 170 | 94 | 74 | 92 |
| Abril | 1148 | 1464 | 0.00 | 176 | 100 | 88 |
| Mayo | 1010 | 1408 | 56 | 314 | 94 | 78 |
| Junio | 930 | 1069 | 136 | 161 | 85 | 85 |
| Julio | 662 | 1004 | 158 | 62 | 76 | 94 |

| | | | | | | |
|------------|-------|-------|------|------|----|----|
| Agosto | 981 | 967 | 249 | 181 | 75 | 81 |
| Septiembre | 828 | 916 | 156 | 150 | 81 | 84 |
| Octubre | 633 | 748 | 187 | 154 | 70 | 79 |
| Noviembre | 934 | 924 | 50 | 60 | 95 | 94 |
| Diciembre | 1355 | - | 121 | - | 91 | - |
| Promedio | 976 | 1004 | 137 | 166 | 84 | 81 |
| Total | 11713 | 11042 | 1653 | 1832 | - | - |

Fuente: elaboración propia.

3.2 Aplicación de la metodología para la selección del tipo de mantenimiento.

En el presente epígrafe, se realiza la aplicación práctica del procedimiento para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar. El mismo presupone dos etapas bien definidas: la clasificación de los fallos que se presentan en el equipamiento estudiado y la determinación de la criticidad de este equipamiento dentro del proceso (Clase A, B y C).

Un elemento necesario para garantizar la aplicación eficaz de las etapas del procedimiento lo constituye la conformación del grupo de expertos encargado de ello. Al emplear el proceso de selección propuesto por Hurtado de Mendoza Fernández (2003) se tuvo en cuenta que los expertos tuvieran conocimientos y experiencia sobre el tema a tratar, de manera que garantizaran resultados consecuentes con el objetivo perseguido.

Para seleccionar los expertos se estableció una lista de 11 candidatos, conformada por personal del Consejo de Dirección de la UEB, el Departamento de Producción, el Departamento de Recursos Humanos (RRHH), el Área de Mantenimiento y operarios de la industria objeto de estudio, a los cuales se les aplicó el procedimiento antes mencionado para su selección final. En la tabla 3.8 se muestran los expertos finalmente seleccionados.

Para desarrollar la fase correspondiente a la clasificación de los fallos en cada uno de los equipos estudiados se le presenta a los expertos la información disponible correspondiente al comportamiento histórico del equipamiento en cuanto al nivel de

interrupciones ocasionadas por el mantenimiento (acciones correctivas), modo de fallos, frecuencia de los mismos y grado de acceso a las piezas afectadas en la rotura. Con esta información los expertos poseen argumentos para realizar la clasificación de los fallos ocurridos en cada equipo.

Tabla 3.8 Relación de los expertos seleccionados

| NO. | ESPECIALIDAD O CARGO | AÑOS DE EXPERIENCIA |
|-----|---------------------------------------|---------------------|
| 1 | Jefe del departamento de producción | 12 |
| 2 | Especialista en control y calidad | 16 |
| 3 | Jefe de mantenimiento | 8 |
| 4 | Jefe de Planta | 6 |
| 5 | Mecánico A Jefe de Brigada | 10 |
| 6 | Soldador | 28 |
| 7 | Electricista Montador “B” | 30 |
| 8 | Operador industrial Planta de asfalto | 15 |

Fuente: elaboración propia.

Es necesario precisar que para efectuar la clasificación de los fallos en “fácil o difícil detección” se llegó a determinación que se tomaría la decisión a partir de aquellos fallos que mayores afectaciones producían al equipo (afectación a la seguridad, estadía y daños colaterales). En el caso de la clasificación en “fallos poco y muy frecuentes” se realiza en dependencia de la cantidad de veces que se presenta este tipo de fallos en el período de tiempo analizado.

A continuación se presenta la aplicación del procedimiento presentado en el capítulo anterior para varios de los equipos que conforman la industria.

3.3 Clasificación del equipamiento.

A continuación se procede a la realización de la clasificación del equipamiento productivo de la industria objeto de estudio, lo que constituye el primer paso del procedimiento seleccionado.

3.3.1 Clasificación de las cintas transportadora de áridos.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 9: Figura 3.1).

Seguridad: el fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: El fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1)

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel1).

Frecuencia: Muchas paradas ocasionadas por los fallos, $16 > 11.7$ (nivel 1).

Tiempo de reparaciones: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $9.273 > 7.9451$ (nivel 1).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $534.72 > 188.74$ (nivel 1).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición.
2. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.
3. Mantenimiento de mejora.

3.3.2 Clasificación de los elevadores de áridos.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Aleatorios muy frecuentes.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 9: Figura 3.2).

Seguridad: El fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: el fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1)

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel 1).

Frecuencia: Muchas paradas ocasionadas por los fallos, $41 > 11.7$ (nivel 1).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $2.244 < 3.9725$ (nivel 3).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $83.35 < 94.47$ (Nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "C".

El subsistema de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad es:

1. Mantenimiento contra avería.

3.3.3 Clasificación del Tambor secador.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: periódico de difícil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 10: Figura 3.3).

Seguridad: El fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: El fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: el equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1).

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel 1).

Frecuencia: Paradas poco frecuentes $10 < 11.7$ (nivel 3).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $1.6 < 7.9451$ (nivel 3).

Costo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $22.31 < 188.94$ (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "C".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.

2. Mantenimiento contra avería.

3.3.4 Clasificación del Quemador.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Aleatorios poco frecuentes.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 10: Figura 3.4).

Seguridad: El fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios y/o sobre el medio ambiente (nivel1).

Calidad: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento (nivel1).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1)

Afectaciones: El fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción (nivel 1).

Frecuencia: Paradas poco frecuentes, $4 < 5.85$ (nivel 3).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño, $3.75 < 3.9725$ (nivel 3).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado $188.94 \leq 114.75 \leq 94.47$ (nivel 2).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición.

2. Mantenimiento contra avería.

3.3.5 Clasificación de la caldera de vapor de agua.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Aleatorios poco frecuentes.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 11: Figura 3.5).

Seguridad: El fallo del equipo provoca efectos graves sobre los operarios (nivel1).

Calidad: El fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento (nivel 1).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $10 > 8$ (nivel 1).

Afectaciones: el fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción (nivel 1).

Frecuencia: paradas ocasionales $11.7 \leq 6 \leq 5.85$ (nivel 2).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado $8 > 7.9451$ (nivel 1).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $663.71 > 188.94$ (nivel 1)

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición.

2. Mantenimiento de mejora.

3.3.6 Clasificación de la criba.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Aleatorios poco frecuentes.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 11: Figura 3.6).

Seguridad: El fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: El fallo del equipo afecta ligeramente la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1).

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel 1).

Frecuencia: Paradas poco frecuentes $3 < 5.85$ (nivel 3).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $18.27 > 7.9451$ (nivel 1).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado $307.76 > 188.94$ (nivel 1).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase “B”.

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento contra averías.

2. Mantenimiento de mejora.

3.3.7 Clasificación de Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50-70.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 12: Figura 3.7).

Seguridad: El fallo del equipo trae consigo riesgos para los operarios y/o para el medio ambiente (nivel 2).

Calidad: El fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento (nivel 1).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $12 > 8$ (nivel 1).

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel 1).

Frecuencia: Muchas paradas ocasionadas por los fallos $12 > 11.7$ (nivel 1).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado $24.444 > 7.9471$ (nivel 1).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $23.14 < 94.47$ (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase “A”.

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad es el siguiente:

1. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.

2. Mantenimiento preventivo con base en la condición.

3. Mantenimiento de mejora.

3.3.8 Clasificación del mezclador.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Periódico de difícil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 12: Figura 3.8).

Seguridad: El fallo del equipo no trae riesgos para los operarios ni afecta al medio ambiente (nivel 3).

Calidad: El fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento (nivel 1).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1).

Afectaciones: El fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción (nivel 1).

Frecuencia: Paradas ocasionales $5.85 \leq 11 \leq 11.7$ (nivel 2).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado $3.9725 \leq 4.25 \leq 7.9451$ (nivel2).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es elevado, $94.47 \leq 103.30 \leq 188.94$ (nivel2).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.
2. Mantenimiento preventivo con base en la condición.
3. Mantenimiento de mejora.

3.3.9 Clasificación del sistema extractor de gases y recuperador de filler.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 13: Figura 3.9).

Seguridad: Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles (nivel 2).

Calidad: El fallo del equipo afecta ligeramente o no afecta la calidad del producto (nivel 3).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $8=8$ (nivel 1).

Afectaciones: El fallo del equipo provoca la interrupción total de la producción (nivel 1).

Frecuencia: Paradas ocasionales, $5.85 \leq 6 \leq 11.7$ (nivel 2).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño $2.365 < 3.9725$ (nivel 3).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño, $21.88 < 94.47$ (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición.
2. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.
3. Mantenimiento de mejora.

3.3.10 Clasificación del sistema hidráulico por aceite.

Clasificación del fallo: El análisis de los fallos históricos arrojó que, por lo general, se clasifican como: Periódico de fácil detección.

Criticidad del equipo: Se presenta el comportamiento de este equipo en función de cada una de las variables que conforman el algoritmo (ver Anexo 13: Figura 3.10).

Seguridad: Las consecuencias del fallo provocan alguna contaminación medioambiental pero dentro de los límites permisibles (nivel 2).

Calidad: el fallo del equipo provoca producciones defectuosas sin posibilidades de reprocesamiento (nivel 1).

Régimen de trabajo: El equipo es utilizado intensivamente, $8 = 8$ (nivel 1)

Afectaciones: El fallo se presenta en un equipo de una línea de producción continua (nivel 1).

Frecuencia: Paradas ocasionales $5.85 \leq 8 \leq 11.7$ (nivel 2).

Tiempo de reparación: El tiempo promedio de reparación del equipo ante un fallo es moderado $3.9725 \leq 5.255 \leq 7.9451$ (nivel 2).

Costo de reparación: El costo promedio de reparación del equipo ante un fallo es pequeño, $14.45 < 94.47$ (nivel 3).

Teniendo en cuenta el comportamiento del equipo, en función de las variables del algoritmo de decisión, la criticidad de este equipo se clasifica como clase "A".

Los subsistemas de mantenimiento propuesto por su orden de prioridad son:

1. Mantenimiento preventivo con base en la condición.

2. Mantenimiento preventivo a intervalos constantes.

3. Mantenimiento de mejora.

3.4 Planificación del mantenimiento a la planta de asfalto Lázaro Villavicencio teniendo en cuenta los subsistemas de mantenimiento propuesto.

Se cumplirá estrictamente con los tiempos de mantenimientos así como con los tipos de mantenimientos reflejados en el Anexo 15, teniendo en cuenta los criterios de los autores referenciados en el Marco teórico de esta investigación, además de tener en cuenta las condiciones de la industria.

3.5 Conclusiones parciales.

De esta manera se le da cumplimiento a la tarea de definir la política de mantenimiento a llevar a cabo en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio, precisando el tipo de mantenimiento a seguir en cada uno de los equipos productivos de esta. En los anexos 14 y 15 se muestran una tabla resúmenes de los resultados alcanzados, la cuales pueden servir de mucha utilidad para la consulta de información, así como para el seguimiento a futuros cambios en el entorno operacional planificación del mantenimiento en dicha industria.

Conclusiones generales

1. En la bibliografía estudiada para conformar el marco teórico referencial quedó evidenciado por la mayoría de los autores referidos que, a nivel empresarial no se debe optar por un solo tipo de mantenimiento, sino que deben aplicarse varios de ellos.
2. De los procedimientos analizados se seleccionó el propuesto por Alfonso Llanes (2009), por su fácil aplicación y demostrar con su empleo resultados satisfactorios en la industria Confitera Caibarién y en la Empresa Conservas de Vegetales de Sancti Spíritus y en otras a nivel de país.
3. La puesta en práctica del procedimiento propuesto permitió determinar los tipos de mantenimiento más efectivos a aplicar a cada equipo, facilitando la planificación del mantenimiento en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.

Recomendaciones

1. Se recomienda la ejecución del mantenimiento planificado propuesto para la industria, por parte de los directivos.
2. Generalizar el procedimiento aplicado a partir del análisis de su factibilidad de implantación, considerando las modificaciones que en cada caso pudieran ser necesarias.
3. Capacitar el personal que se encargara de la aplicación práctica de la propuesta, en función del nivel de implicación, con el fin de lograr los objetivos esperados.
4. Implementar un sistema de recopilación de la información relativa al comportamiento histórico de los parámetros que caracterizan el contexto empresarial donde se desempeña el equipamiento.
5. Continuar con el desarrollo de la investigación para lograr la aplicación de las cinco fases del procedimiento propuesto por Alfonso Llanes (2009).

Bibliografía

1. Aguilera Martínez, A. F. (2001). “Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas (UCLV). Santa Clara. Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. (2009). “Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba.
3. Alfonso Llanes, A. et al., (2003). “Integración Mantenimiento (RCM) – Gestión de la Producción. Su influencia en el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de la empresa”. http://www.confabilidad.net/art_05/RCM/rcm_11.pdf. Última consulta: 10.3.2014
4. Alfonso Llanes, A. et al., (2008a). “Propuesta de procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la empresa.”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658.27/Alf/P. UCLV, Santa Clara, Cuba.
5. Alfonso Llanes, A. et al., (2008b). “Caracterización de la función de mantenimiento de las empresas productivas del MINAL en Villa Clara”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658.202/Alf/C. UCLV, Santa Clara, Cuba.
6. Alfonso Llanes, A. et al., (2008c). “Propuesta de procedimiento para la selección de proveedores de actividades de mantenimiento del equipamiento productivo de los centrales azucareros.” Revista Centro Azúcar No. 1, Año 35, Enero-Marzo 2008, pp 51-56.
7. Al-najjar, H. (2007) “Maintenance impact on company’s profitability and competitiveness – Applied at Kongabruk plant in Småland”. Tesis en opción al grado académico de Master en Diseño Tecnológico. Universidad de Vaxjo, Suecia.
8. Borroto Pentón, Y & De la Paz Martínez, E., (2005). Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara. Santa Clara, Cuba, UCLV. Tesis Doctoral.

9. Borroto Pentón, Y & De la Paz Martínez, E., (2009). Sistemas de Mantenimiento. Material del curso de Maestría de Ingeniería Industrial. Mención Mantenimiento. UCLV. Cuba.
10. Corretger Rauet, M., (1994). El mando intermedio en mantenimiento. Funciones, formación, responsabilidad. / Revista Mantenimiento. (España). No. 77, pp. 41-53.
11. De la Paz Martínez, E., (2011). Estrategias y criterios en la función mantenimiento. Material del curso del mismo nombre. Especialidad Gestión de los servicios técnicos del Turismo. UCLV, Cuba.
12. De la Paz Martínez, E., (2013). Mantenimiento. Material del curso Diplomado Dirección y gestión empresarial. /E. De la Paz Martínez, Y. Borroto Pentón, y A. Alfonso Yanes/ UCLV, Cuba.
13. Duffuao, S. O; Raouf, A y Dixon Campbell, J. [2002] “Sistemas de mantenimiento. Planeación y Control”. Editorial Limusa. México.
14. Gento, A. M. y Redondo, A. (2005). “FUZZYMANT: Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas”. IX Congreso de Ingeniería de Organización. 9-10 Octubre. España, 2005.
15. Gusmão, C. A. (2001). “Índices de desempenho da manutenção”. Revista Club de Mantenimiento. Año 1 No. 4.
<http://www.mantenimientomundial.com/articulos/4indices.asp> Última consulta: 06.05.2008.
16. Hernández Cruz, E. y Navarrete Pérez, E. (2001). “Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento”. Revista Club de mantenimiento No 6. Año 1. Argentina.
17. Hernández Milia, R (2010) “Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de selección del sistema de mantenimiento”. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba.
18. Lodola, E., (2006). Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators. Tesis de Maestría. Universidad de Pisa. Italia.

19. Martínez, L., (2007). Organización y planificación de sistemas de mantenimiento. Segunda Edición. Centro de Altos Estudios Gerenciales Instituto Superior de Investigación y Desarrollo. Caracas.
20. Mora Gutiérrez, A., (2009). Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano. Edición Primera. Medellín. Colombia, AMG.
21. Mora Gutiérrez, A., (2012). Mantenimiento Industrial Efectivo. Edición Segunda. Medellín. Colombia, AMG.
22. Portuondo Pichardo, F., (1989). Sistema alternativo de mantenimiento. / F. Portuondo Pichardo, B. Montes de Oca Oubiña y J.D. Morera Morera./Revista Ingeniería Industrial. (Cuba). Vol. X. No. 2. Ciudad de La Habana, pp. 113-120.
23. Portuondo Pichardo, F., (1994). Selección y diseño de un sistema de mantenimiento. / F. Portuondo Pichardo & A. Pérez Tejeda./ ISPJAE. Ciudad de La Habana. 94 p.
24. Prando, R., (1996). Manual de gestión de mantenimiento a la medida. Raúl R. Prando. / Editorial Piedra Santa. Guatemala.
- Rodríguez Chinchilla, A., (2008). Montaje, operación y mantenimiento de plantas para mezcla asfáltica en caliente. Universidad de San Carlos de Guatemala. Trabajo de graduación al conferírsele el título de ingeniero mecánico. Guatemala.
25. Rodríguez Machado, A., (2012). Manual de Gestión de Mantenimiento. A. Rodríguez Machado, A., Y. Borroto Pentón, y A. Alfonso Yanes/ UCLV, Cuba
26. Rodríguez Monteagudo, J. A. y Alfonso Llanes, A. (2006). “Aplicación de procedimientos para la tercerización del mantenimiento en el Combinado Cubanacán “Benito Ramírez” de Villa Clara”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”. UCLV, Santa Clara, Cuba.
27. Sánchez Sánchez, R. (1999). Contribución al perfeccionamiento del sistema de gestión del mantenimiento a las máquinas y equipos productivos y energéticos en la fase de operación en las fábricas de azúcar crudo cubanas. Tesis Doctora. Ingeniería Industrial. UCLV, Santa Clara, Cuba.
28. Sexto Congreso del P.C.C., (2011) Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. La Habana, Cuba.

29. Stefano, L., (2006). Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators. Tesis de Especialista en Administración de la Ingeniería. Universidad de Pisa. Italia.
30. Sotuyo Blanco, S. [2001] "Optimización Integral de Mantenimiento (OIM)". Ellmann, Sueiro y Asociados. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/oim.asp> Última consulta: 18.01.2009.
31. Tavares, L., (1999). Administración Moderna de Mantenimiento. Edición primera. Brasil. Editorial Novo Polo Publicacoes.
32. Tavares, L. A., et al. [2005] "Manutencao Centrada no Negocio". Editorial Novo Polo Publicacoes. Brasil. 157 p.
33. Torres, L., (2005). El mantenimiento. Su implementación y gestión. Edición Segunda. Universitas. Córdoba, España.
34. Velazquez Pérez, E., (2014). Implementación del Sistema Alternativo de Mantenimiento en la Empresa Gráfica de Villa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba. Tesis Maestría.

Anexo 1: Tabla 1.1 Resumen de las variables de priorización del equipamiento propuestas por los autores.

| No | Fuente | Variables de priorización |
|----|--|---|
| 1* | Fennigkoh& Smith [1989] | - Función del equipamiento; |
| 2* | Moussavi&Whitmore [1993] | - Riesgo físico para el paciente/operador; - Histórico de fallas; - Necesidad de mantenimiento. |
| 3* | Hertz [1990] | - Probabilidad de falla del equipamiento; - Probabilidad de que el operador no perciba la falla; - Probabilidad de que la falla dañe al paciente; - Equipamiento con un MP atrasado. |
| 4* | Martins, <u>et al.</u> [1990] | - Grado de urgencia del equipamiento; - Grado de dependencia del equipamiento; - Grado de utilización del equipamiento; - No confiabilidad del equipamiento; - No existencia de alternativas; - Viabilidad de realización de MP; - Costo de reparación. |
| 5* | Anderson [1992] | - Riesgo físico para el paciente/operador; - Efectos sobre el tratamiento del paciente; - Efecto de la falla del equipamiento en el paciente. |
| 6* | Kendall, <u>et al.</u> [1993] | Prioridad para equipamientos: - de soporte de vida; - con piezas de vida útil predeterminada; - que consumen altos niveles de energía; - sujetos a normas de MP. |
| 7 | Marín [1994] | -Costo de implementación - Costo por dejar de producir - Costo por parada de equipos - Costos asociados a existencias de repuestos |
| 8 | MINAL [1994] | - Afectación a la producción |
| 9 | Moreu de León, Crespo Márquez y Sánchez Herguedas [2000] | - Seguridad - Efectos en el entorno - Disponibilidad requerida por el plan de producción - La existencia de equipos de reserva - Los costos de reparación |

Anexo 2: continuación de la Tabla 1.1

| | | |
|-----|---------------------------|--|
| 10* | Ramírez [1996] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante); - Histórico de fallas; - Importancia estratégica; - Viabilidad de realización del MP. |
| 11 | De la Paz Martínez [1996] | <ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de producción - Calidad - Costo - Seguridad |
| 12 | Torres [1997] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Calidad - Régimen de trabajo - Afectaciones o confiabilidad operacional - Frecuencia de fallas - Costo |
| 13* | Capuano y Koritko [1998] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Función del equipamiento; - Consecuencias de la falla; - Histórico de fallas; - Análisis de los costos del ciclo de vida del equipamiento. |
| 14* | Sánchez [1997] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para los pacientes/operadores; - Dispositivos de protección; - Grado de utilización y razón de uso; - Complejidad del equipamiento; - Régimen de operación; - Requerimiento de mantenimiento (fabricante); - Condiciones de operación; |
| 15 | Calil y Teixeira [1998] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Dificultad de prestación de servicios; - Grado de utilización; - Existencia de normas de fiscalización gubernamentales; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante). |
| 16* | Silva y Pineda [2000] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Características del proyecto; - Condiciones de operación; - Costos de reparación. |
| 17* | Wang y Levenson [2000] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo físico para el paciente/operador; - Importancia estratégica; - Requerimientos de mantenimiento (fabricante). |

Anexo 3: continuación de la Tabla 1.1

| | | |
|----|--|--|
| 18 | Bevilacqua y Braglia [2000] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Importancia del equipo en el proceso - Costo de mantenimiento - Frecuencia de fallos - Tiempo de reparación - Condiciones de operación |
| 19 | Huerta Mendoza [2001 y 2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Impacto en seguridad del personal - Impacto ambiente - Nivel de producción - Costos (operacionales y de mantenimiento) - Tiempo promedio para reparar - Frecuencia de falla |
| 20 | González Danger y Hechavarría Pierre[2002] | <ul style="list-style-type: none"> - Intercambiabilidad - Importancia productiva - Régimen de operación - Nivel de utilización - Precisión - Mantenibilidad - Conservabilidad - Automatización - Valor de la máquina - Aprovisionamiento - Seguridad |
| 21 | García Garrido [2003] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y medio ambiente - Producción (pérdidas de producción) - Calidad - Mantenimiento (costos) |
| 22 | Murthi [2003] | <ul style="list-style-type: none"> - Impacto en el proceso de producción <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad • Productividad funcional • Calidad funcional • Tiempo de reparación (Lead Time) • Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) • Costos de Mantenimiento |
| 23 | García González-Quijano [2004] | <ul style="list-style-type: none"> - Matriz de Riesgo <ul style="list-style-type: none"> • Probabilidad de Fallo • Consecuencia del Fallo |

Anexo 4: continuación de la Tabla 1.1

| | | |
|----|----------------------------|---|
| 24 | Seifeddine [2003] | <ul style="list-style-type: none"> - Salud y Seguridad - Integridad Ambiental - Rendimiento - Calidad de producción - Costo de operación y mantenimiento - Frecuencia de la falla |
| 25 | Fabro [2003] | <ul style="list-style-type: none"> - Riesgo ambiental - Riesgo de accidente - Índice de falla (TMEF) - Tiempo para reparación (TMPR) - Costo de mantenimiento - Informatización - Equipo limitante (cuello de botella) - Índice de relación preventivo-correctivo - Índice de monitoreo de las condiciones del equipamiento |
| 26 | Cardoso de Morais [2004] | <ul style="list-style-type: none"> - Factor de riesgo - Factor de falla - Importancia del equipo - Factor de mantenimiento - Factor de operación - Factor de proyecto - Factor de costo |
| 27 | Alsyouf [2004] | <ul style="list-style-type: none"> - Grupo: Orientado al negocio <ul style="list-style-type: none"> • Ventajas competitivas a partir de aspectos claves del negocio - Grupo: Los verdes <ul style="list-style-type: none"> • Salud • Seguridad del medio ambiente - Grupo: Los seguidores <ul style="list-style-type: none"> • Recomendaciones de los fabricantes |
| 28 | Pettersson y Martel [2005] | <ul style="list-style-type: none"> - Producción - Condiciones medioambientales - Conformidades de salud y seguridad - Viabilidad financiera (costo) - Mantenimiento (recursos disponibles) |

Anexo 5: continuación de la Tabla 1.1

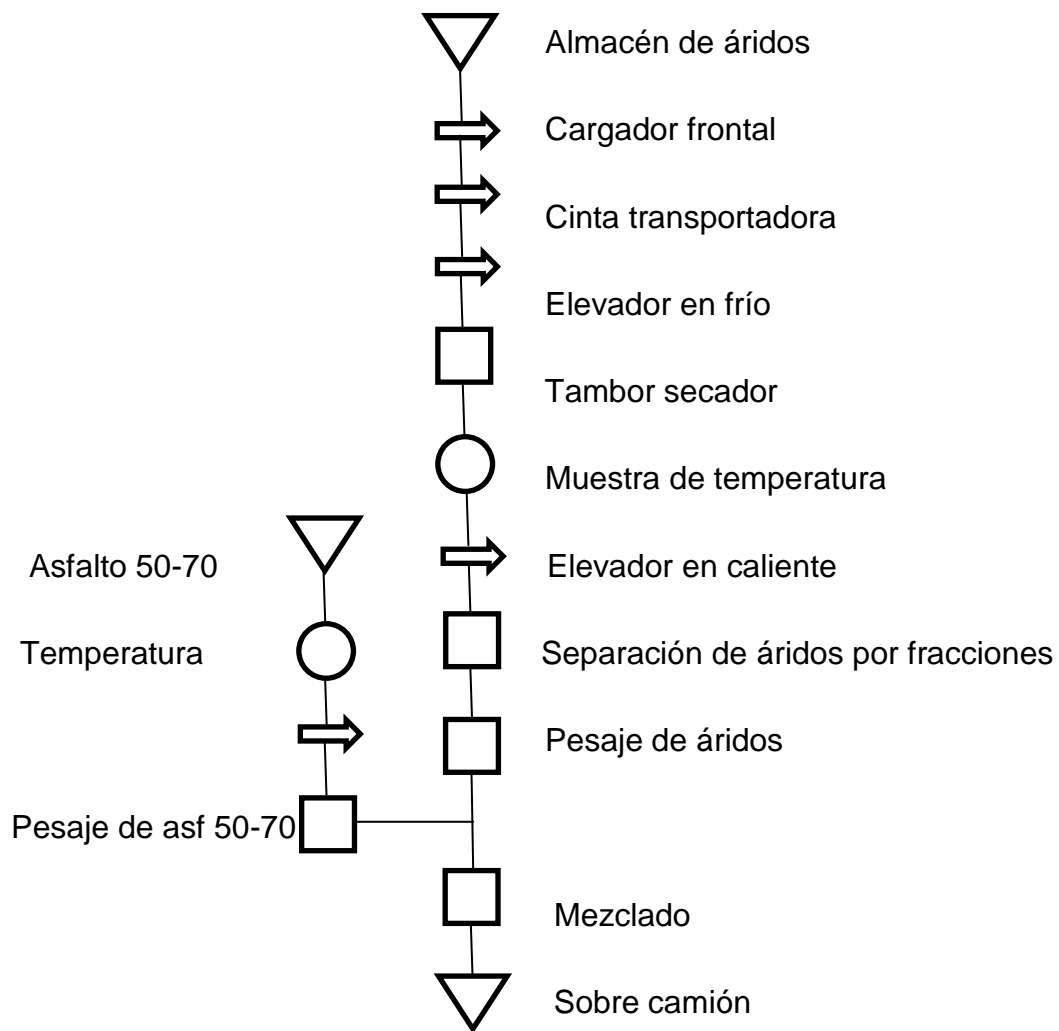
| | | |
|----|------------------------------|--|
| 29 | Espinosa Fuentes [2005] | <ul style="list-style-type: none"> - Factor de velocidad de manifestación de la falla - Factor de seguridad del personal y ambiente - Factor de costos de la parada de producción - Factor de costos de reparación |
| 30 | Zorita, <u>et al.</u> [2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Gravedad (a través del tiempo medio de reparación) - Detectabilidad (a través del tiempo medio de retraso generado) - Ocurrencia (a través de la tasa de fallo) |
| 31 | Torres [2005] | <ul style="list-style-type: none"> - Influencia sobre producción <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de tiempo de uso del equipo • Redundancia o la producción es recuperable con otro equipo - Importancia sobre la calidad <ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad • Influencia del equipo en la calidad final del producto - Influencia sobre el mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia o costo de las averías • Número de horas paradas por mes • Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo - Seguridad <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de las personas • Riesgo de los equipos - Medio ambiente |
| 32 | BorrotoPentón[2005] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Calidad - Afectaciones - Frecuencia de Fallas - Utilización - Tiempo |
| 33 | Colombi [2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad - Medio ambiente - Producción - Clientes - Tiempo de reparación - Capacidad operativa - Frecuencia del fallo - Mantenibilidad |

Anexo 6: continuación de la Tabla 1.1

| | | |
|----|-------------------------------------|---|
| 34 | Wikoff [2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Misión e impacto en el cliente - Seguridad e impacto ambiental - Habilidad para separar los puntos de fallo - Historia de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo - Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF) o fiabilidad - Probabilidad de fallo - Tiempo de suministro de los repuestos - Valor de reemplazo del activo - Tasa de utilización planificada |
| 35 | Christensen[2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad y medio ambiente - Calidad y productividad - Oportunidad de producción - Tasa de ocupación - Frecuencia de parada - Mantenibilidad |
| 36 | Espinosa Fuentes [2006] | <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad de manifestación del fallo - Seguridad del personal y del medio ambiente - Costo de la parada de la producción - Costo de reparación |
| 37 | Braglia, Fantoni y Frosolini [2007] | <ul style="list-style-type: none"> - Seguridad humana - Impacto medioambiental - Calidad (pérdida de desempeño) - Costo de mantenimiento - Pérdida de producción |

Fuente: Cardoso de Morais (2004) referenciado en
Alfonso Llanes (2009)

Anexo 7: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de HAC en la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.



Fuente: Documentos de la UEB

Anexo 8: Información estadística de los fallos del equipamiento productivo.

| Equipos | λ (f/a) | $\bar{\lambda}$ (f/a) | $\bar{\lambda}/2$ (f/a) | TMPR (h) | \bar{tr} (h) | $\bar{tr}/2$ (h) | Cr \$/a | \bar{Cr} \$/a | $\bar{Cr}/2$ \$/a | tu (h) | \bar{tu} (h) | $\bar{tu}/2$ (h) | TMEF (h) |
|---|--------------------|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|---------------------|------------|--------------------|----------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------|
| Cintas transportadoras de áridos. | 16 | 11,7 | 5,85 | 9,273 | 7,9451 | 3,9725 | 534,72 | 188,94 | 94,47 | 8 | 8,6 | 4,3 | 62,15 |
| Elevadores de áridos. | 41 | | | 2,244 | | | 83,35 | | | 8 | | | 25,63 |
| Tambor secador. | 10 | | | 1,6 | | | 22,31 | | | 8 | | | 112,68 |
| Quemador. | 4 | | | 3,75 | | | 114,75 | | | 8 | | | 281,94 |
| Caldera de vapor de agua. | 6 | | | 8 | | | 663,71 | | | 10 | | | 230,08 |
| Criba. | 3 | | | 18,27 | | | 307,76 | | | 8 | | | 362,65 |
| Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50-70. | 12 | | | 24,444 | | | 23,14 | | | 12 | | | 118,40 |
| Mezclador. | 11 | | | 4,25 | | | 103,30 | | | 8 | | | 99,64 |
| Sistema extractor de gases y recuperador de filler. | 6 | | | 2,365 | | | 21,88 | | | 8 | | | 188,10 |
| Sistema hidráulico por aceite. | 8 | | | 5,255 | | | 14,45 | | | 8 | | | 137,59 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad.

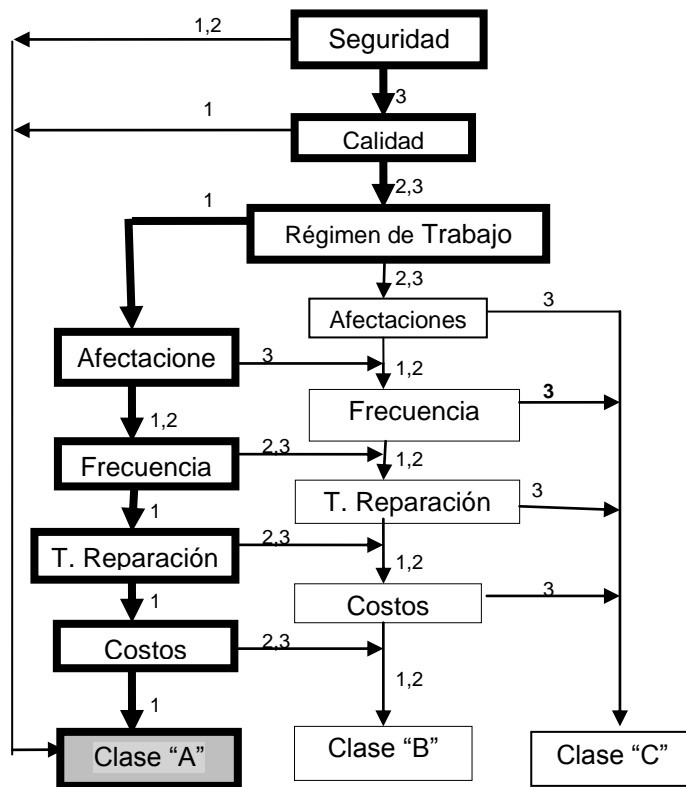


Fig. 3.1 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Cintas transportadora de áridos"

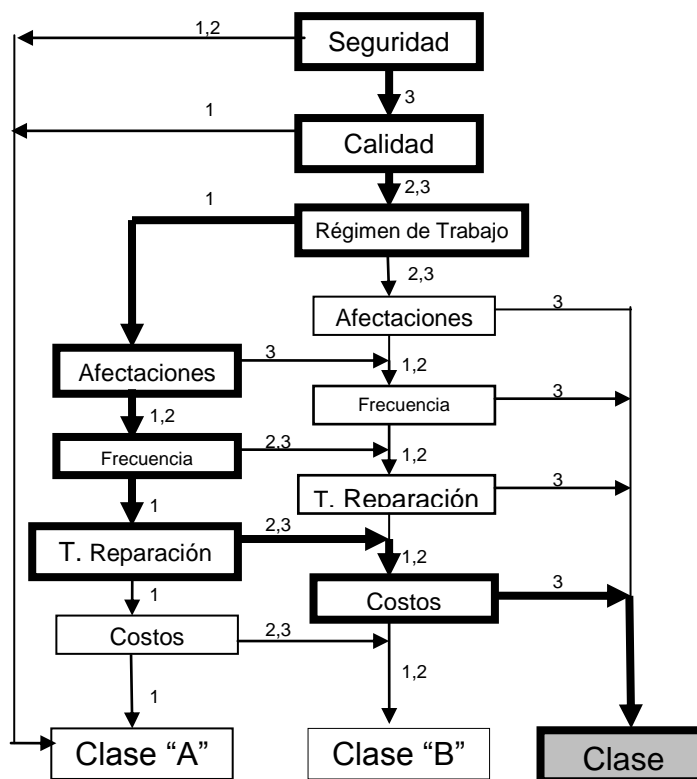


Figura 3.2 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad de los Elevadores de áridos.

Anexo 10: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad.

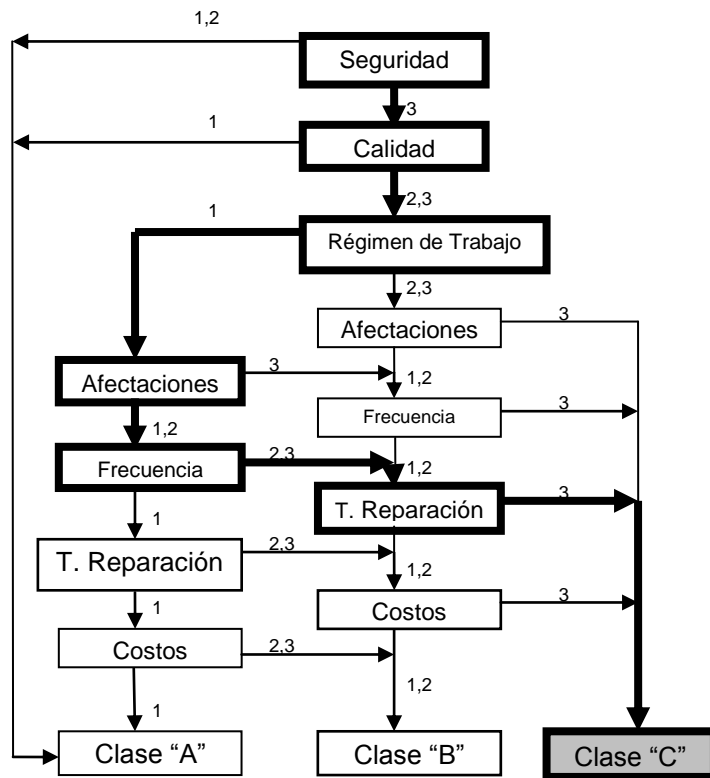


Figura 3.3 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Tambor secador".

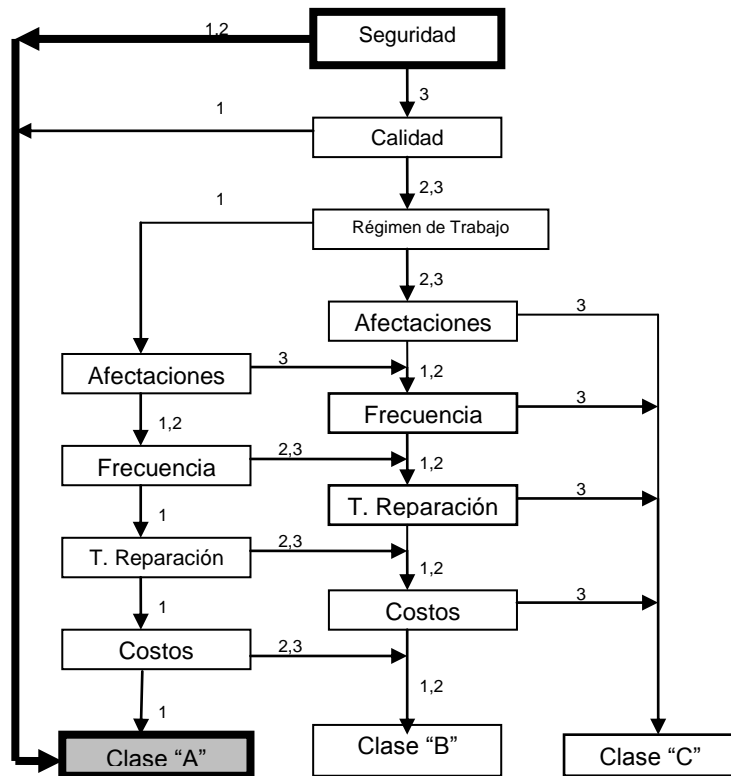


Figura 3.4 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del Quemador.

Anexo 11: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad.

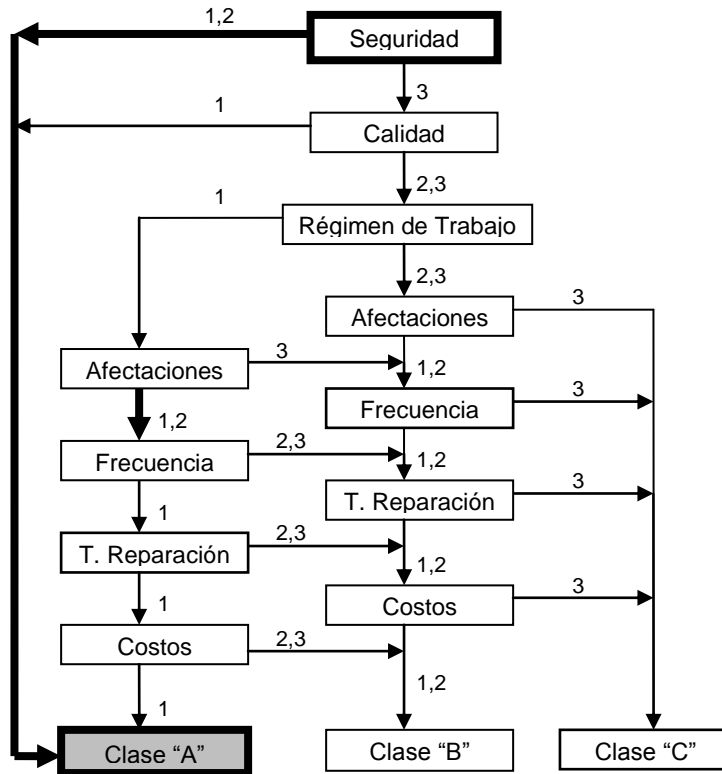


Figura 3.5 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Caldera de vapor de agua".

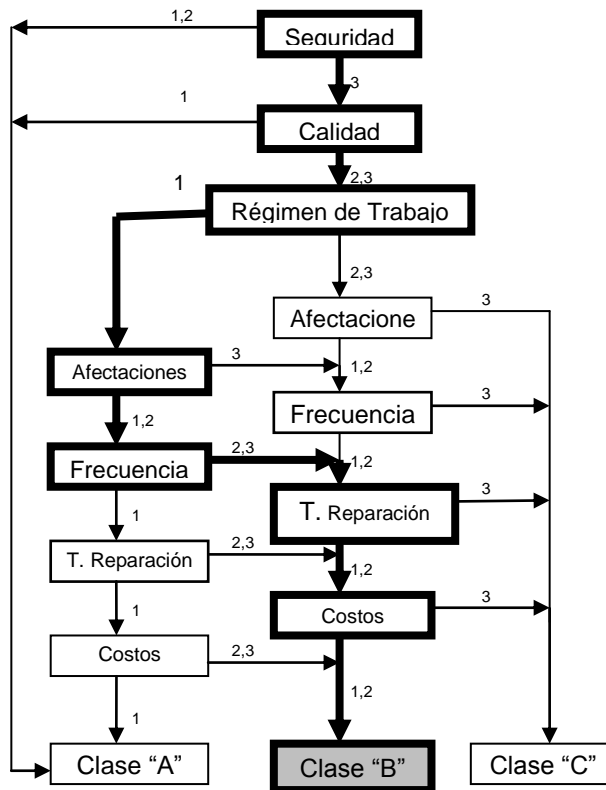


Figura 3.6 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Criba".

Anexo 12: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad.

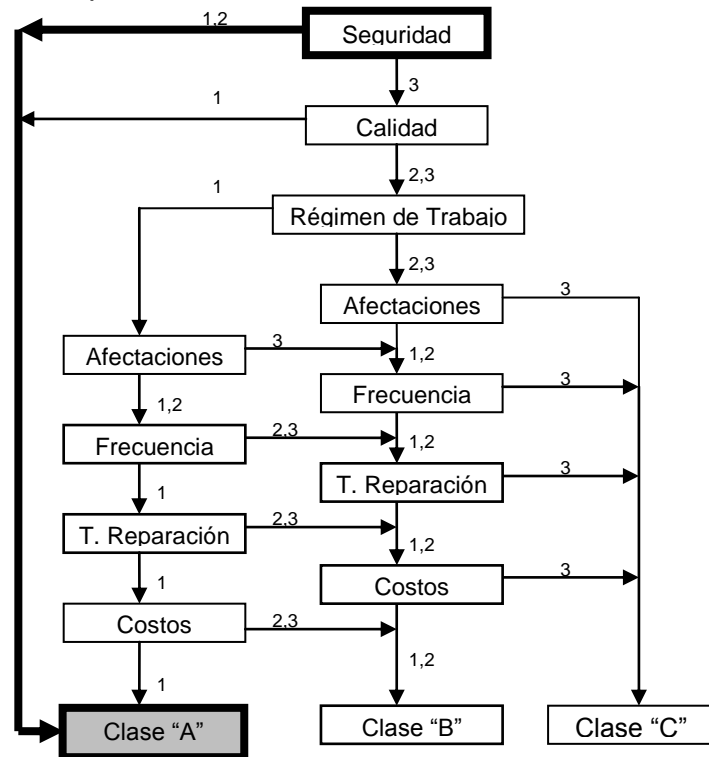


Figura 3.7 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50-70".

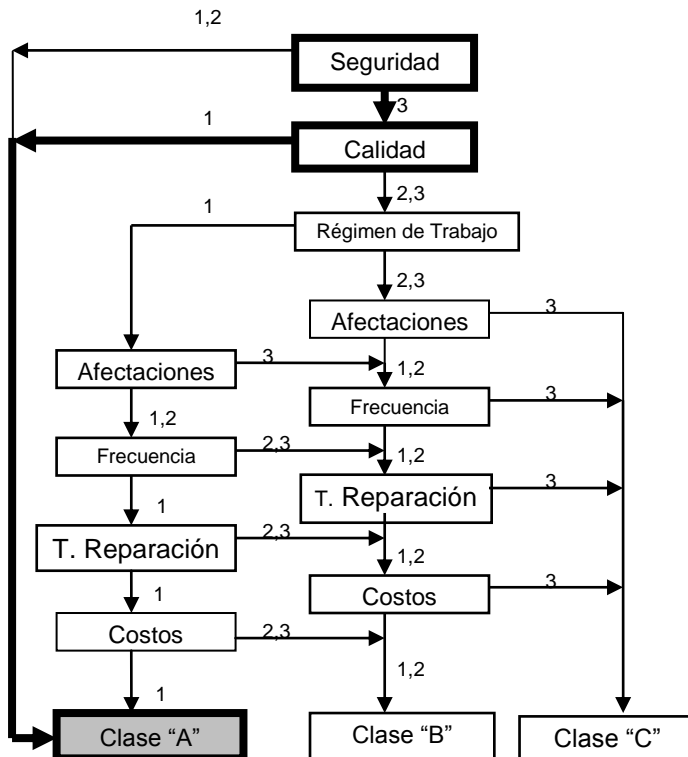


Figura 3.8 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del equipo "Mezclador".

Anexo 13: Algoritmo para la definición del nivel de criticidad.

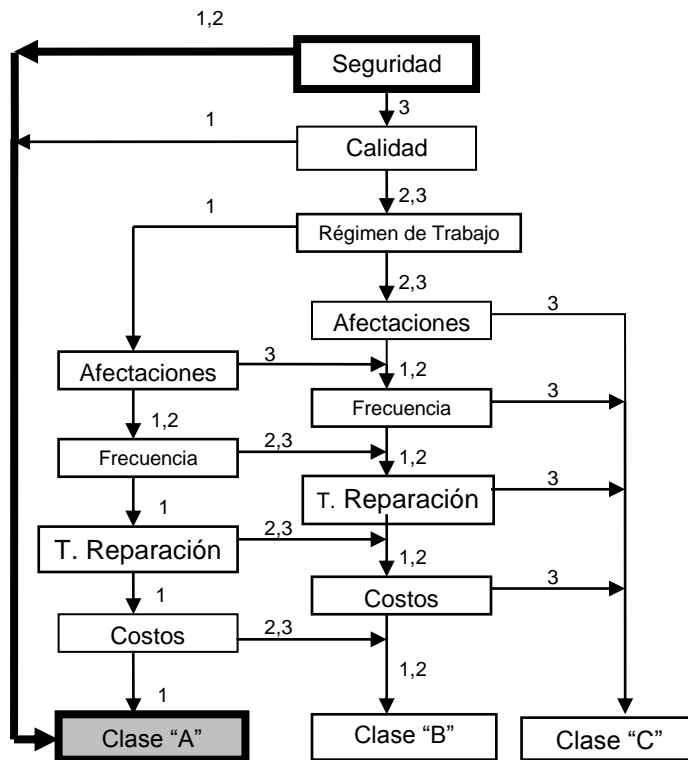


Figura 3.9 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del “Sistema extractor de gases y recuperador de filler”.

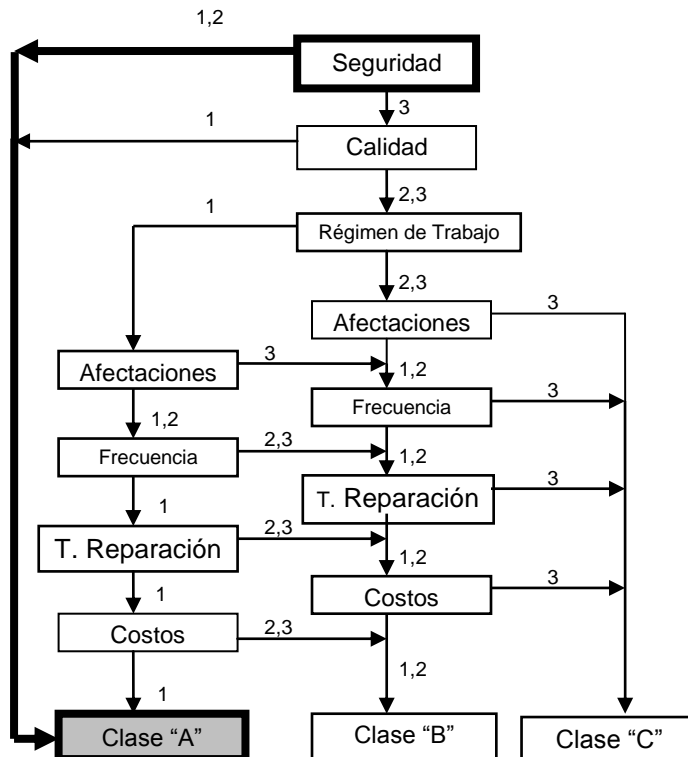


Figura 3.10 Algoritmo para la definición del nivel de criticidad del “Sistema hidráulico por aceite”.

Anexo 14: Clasificación, fallo y variante de mantenimiento a aplicar al equipamiento de la planta de asfalto Lázaro Villavicencio.

| 1..1 Equipos | Clase | Fallo | Variante |
|---|-------|-------|----------|
| Cintas transportadoras de áridos. | A | PFD | 1, 2, 4 |
| Elevadores de áridos. | C | AMF | 3 |
| Tambor secador. | C | PDD | 2, 3 |
| Quemador. | A | APF | 1, 3 |
| Caldera de vapor de agua. | A | APF | 1,4 |
| Criba. | B | APF | 3,4 |
| Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50-70. | A | PFD | 2, 1, 4 |
| Mezclador. | A | PFD | 2, 1, 4 |
| Sistema extractor de gases y recuperador de filler. | A | PFD | 1, 2, 4 |
| Sistema hidráulico por aceite. | A | PFD | 1, 2, 4 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Plan de mantenimiento.

| Plan de Mantenimiento | | | | | | Nro: | |
|-----------------------|---|------|--------|---------|---------|-------|----------------------|
| Unidad: | | | | | | | |
| numero | Equipo | | Diario | Semanal | Mensual | Anual | Cuando sea necesario |
| | | | | | | | |
| 1 | Cintas transportadoras de áridos. | MPBC | | X | | | |
| | | MPIC | | | X | | |
| | | MM | | | | X | |
| 2 | Elevadores de áridos. | MCA | | | | | X |
| 3 | Tambor secador. | MPIC | | X | | | |
| | | MCA | | | | | X |
| 4 | Quemador. | MPBC | | | X | | |
| | | MCA | | | | | X |
| 5 | Caldera de vapor de agua. | MPBC | | | X | | |
| | | MM | | | | | |
| 6 | Criba. | MCA | | | | | X |
| | | MM | | | | X | |
| 7 | Sistema de calentamiento y traslado de asfalto 50-70. | MPIC | | | X | | |
| | | MPBC | | X | | | |
| | | MM | | | | X | |
| 8 | Mezclador. | MPIC | | | X | | |
| | | MPBC | | X | | | |
| | | MM | | | | X | |
| 9 | Sistema extractor de gases y recuperador de filler. | MPBC | | | | | X |
| | | MPIC | | | X | | |
| | | MM | | | | X | |
| 10 | Sistema hidráulico por aceite. | MPBC | | | X | | |
| | | MPIC | | | X | | |
| | | MM | | | | X | |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las actividades de mantenimiento que se realizaran diario será la limpieza y lubricación del equipamiento industrial.