

PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA UEB DE LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENOS FUEL DE FELTON

Tesis presentada en opción al título
de Ingeniero Industrial

Autor: Luis Enrique López Espinosa

Tutor: Leonardo Enrique Mestres Mendoza

Holguín, 2022



DEDICATORIA

A mis padres, que siempre confiaron en mí y me brindan su ayuda incondicional a las metas que me proponga.

A mi familia por toda la ayuda y motivación que me brindan, sin ellos no estaría donde estoy ahora.

AGRADECIMIENTOS

A toda mi familia principalmente a mis padres y a mi abuela que siempre estuvieron y siguen estando ahí para apoyarme a cumplir mis sueños.

Deseo agradecer muy especialmente la ayuda incondicional que me brindo mi tutor que me supo guiar en este trabajo con esfuerzo dedicación y constancia.

Al colectivo de profesores que a lo largo de nuestra carrera han contribuido a mi formación, inspirados en los más nobles sentimientos, el de enseñar, después de haber aprendido.

A mis amistades y compañeros de estudio, gracias por los buenos momentos que pasamos juntos, aliento y alegrías compartidas.

Otros compañeros y amistades que también han ayudado para que yo pudiera realizar este trabajo.

Muchas gracias a todos.



RESUMEN

El desarrollo de la generación de energía eléctrica en Cuba ha estado marcado por tres etapas, la última es la más interesante ya que fue necesario cambiar la matriz de generación del país y por primera vez se introduce la generación distribuida a gran escala. El presente trabajo de diploma está encaminado a mejorar la gestión del mantenimiento en la UEB Empresa de Mantenimiento de Grupos Electrónicos Fuel (EMGEF) de Felton, centrando la atención en el análisis de la disponibilidad de los motores del emplazamiento. Se partió del estado actual de la temática, donde se resumen los elementos fundamentales de la investigación que permitieron abordar el problema de la carencia de un sistema de mantenimiento que garantice el funcionamiento estable de los equipos en la entidad. Se propuso un sistema de gestión del mantenimiento basado en TPM para los motores fuel que garantiza la disponibilidad de los equipos de la entidad, el mismo cuenta con 3 fases y 10 pasos para lograr su implementación.

ABSTRACT

The development of electric power generation in Cuba has been marked by three stages, the last one is the most interesting since it was necessary to change the country's generation matrix and, for the first time, the distributed generation is introduced on a large scale. The present diploma work is aimed at improving maintenance management in the UEB EMGEF of Felton, focusing attention on the analysis of the availability of the site engines. It was based on the current state of the theme, where the fundamental elements of the investigation that allowed addressing the problem of lack of a maintenance system that guarantees the stable operation of the equipment in the entity were summarized. An efficient TPM based maintenance system for fuel engines that guarantees the availability of the entity's equipment was proposed, it has 3 phases and 10 steps to achieve its implementation.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS-PRÁCTICOS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA ELÉCTRICA.....	5
1.1. Gestión del mantenimiento.....	5
1.1.1. Objetivos del mantenimiento.....	7
1.1.2. Desarrollo del mantenimiento.....	7
1.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	11
1.2.1. Historia del TPM.....	12
1.2.2. Objetivos del TPM.....	14
1.2.3. Las seis grandes pérdidas que se pueden eliminar a través del TPM.....	14
1.3. Análisis de las bibliografías para desarrollar el enfoque metodológico para la gestión del mantenimiento.....	15
1.4. Generalidades sobre los Grupos electrógenos en Cuba y su mantenimiento.....	18
1.4.1. Situación actual de la UEB EMGEF de Felton.....	19
CAPÍTULO II PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA UEB EMGEF DE FELTON.....	22
2.1. Selección para la gestión del mantenimiento en los grupos electrógenos de generación eléctrica fuel oil de Felton.....	22
2.2. Procedimiento para la gestión del mantenimiento en los grupos electrógenos de generación eléctrica fuel oil de Felton.....	23
2.3. Aplicación del procedimiento seleccionado en la UEB EMGEF de Felton.....	29
Valoración económica, social y medioambiental de la solución.....	42
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS	1

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte de los bienes y servicios se obtienen y se hacen llegar a sus destinatarios mediante unos sistemas de producción-distribución o más brevemente sistemas productivos, a menudo de gran dimensión tanto por el número de personas que trabajan en ellos como por el tamaño y el valor de las instalaciones y equipos que utilizan. A lo largo de su ciclo de vida cada sistema pasa por diferentes fases, la última de ellas es la de construcción y puesta en marcha, hasta que se alcanza el régimen normal de funcionamiento. Durante esta última fase, llamada de operación, que es la única auténticamente productiva, el sistema se ve sometido a fallos que entorpecen o, incluso, interrumpen temporal o definitivamente su funcionamiento.

El objeto del mantenimiento es, precisamente, reducir la incidencia negativa de dichos fallos, ya sea disminuyendo su número o atenuando sus consecuencias.(Muños, 2014)

La actividad de mantenimiento ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeamiento con aplicaciones ingenieriles de avanzada, pasando a ser de una actividad reactiva a una concepción con enfoque proactivo, debido a que los paros imprevistos son cada vez más costosos con una considerable dosis de quebranto de credibilidad que se refleja en pérdida de mercado (Díaz, 2014). Según (Espinosa Fuentes, 2006) de manera general mantenimiento son las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos fijos, a partir de la observancia y reducción de su desgaste y con el fin de alargar su vida útil económica, para lograr una mayor disponibilidad y confiabilidad para cumplir con calidad y eficiencia sus funciones, conservando el ambiente y la seguridad del personal.

En Cuba, tradicionalmente, el mantenimiento ha sido considerado como una actividad auxiliar, postergado a un segundo plano y aislado del resto de las áreas estratégicas de la empresa; además se ha minimizado su efecto decisivo en variables que definen la competitividad empresarial como el costo, el tiempo de entrega y la calidad. El Perfeccionamiento Empresarial ha buscado introducir procesos de cambio en todas las esferas de actuación de las organizaciones y bajo estas condiciones emerge el mantenimiento industrial como un proceso con potencialidades para influir

positivamente en la competitividad de las empresas (Aguilar Del Oro, (2012) ; Alfonso Llanes, 2009; Peña Vasconcellos, 2015; Pérez González, (2016)) .

A raíz de la necesidad del país de actualizar el modelo económico, el Partido Comunista de Cuba (PCC) en su VI congreso en abril del 2011, pone en vigor los lineamientos que regirán la política económica y social del país, donde se trata el mantenimiento en 16 de ellos. En el año 2021 a partir del VIII Congreso del PCC, se presentan el Proyecto de Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y el Proyecto Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, en el cual se aborda sobre el mantenimiento lo siguiente (Cuba, Junio / 2021):

- Priorizar las actividades de mantenimiento constructivo y tecnológico en todas las esferas de la economía, que permitan recuperar capacidades existentes antes de realizar nuevas inversiones. (Lineamiento 68)

- Priorizar la gestión del mantenimiento a equipos, instalaciones industriales y sistemas tecnológicos, y su implementación en la economía nacional. (Lineamiento 133)

- Elevar la eficiencia en la generación eléctrica, dedicar la atención y recursos necesarios al mantenimiento de las plantas térmicas en operación y a los 78 emplazamientos de generación distribuida, potenciando el uso de la ciencia y la innovación. (Lineamiento 146)

Actualmente la generación de energía eléctrica en el país es un proceso clave para el desarrollo económico y social, de ahí que los lineamientos del número 146 al 152 abordan este importante tema.

El objeto de estudio práctico de la presente investigación se realizó en la UEB Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrónicos de Fuel de Felton perteneciente a la unión eléctrica. En la UEB EMGEF de Felton la gestión del mantenimiento no se encuentra correctamente implementada siendo ineficiente esto se evidencia en las listas de chequeo que se realizan en la empresa. Actualmente se emplea el mantenimiento correctivo en el 50% de sus equipos, generándose fallas como las fugas de aceite hidráulico y combustible de que no permiten que se mantenga una disponibilidad del 90% de los motores.

En el informe al cierre del segundo semestre del año 2022, se determinó que el comportamiento de los indicadores estaba por debajo de lo planificado principalmente la generación de electricidad. Uno de los factores de mayor incidencia en el comportamiento inestable de la generación de energía eléctrica es precisamente la existencia de un sistema de mantenimiento que no responde a las necesidades de la entidad, a continuación se muestran algunos indicadores que demuestran esta afirmación:

- El número de fallos ha variado en los últimos cuatro trimestres desde 7 en el primer trimestre del año 2021 hasta 18 que se han presentado en igual período del presente 2022.
- Hay un aumento del 20% en el consumo específico del combustible.
- El factor de disponibilidad planificado de un 90% se ha mantenido en un 74,65%.
- No se utilizan los indicadores de Efectividad Global de los Equipos (OEE).

Lo anteriormente expuesto caracteriza la **situación problemática** que originó la presente investigación y conduce al **problema profesional** siguiente: Carencia de un sistema de mantenimiento que garantice el funcionamiento estable de los motores de generación fuel de la UEB EMGEF de Felton. Como **objeto de estudio** se establece la Gestión del Mantenimiento.

Objetivo general: Seleccionar un sistema de gestión del mantenimiento para los motores fuel de Felton que garantice la disponibilidad de los equipos y satisfaga las necesidades de los clientes y la empresa.

Como **objetivos específicos** se definen:

1. Elaborar los fundamentos teóricos-prácticos de la gestión de mantenimiento en la empresa eléctrica.
2. Seleccionar un procedimiento que garantice la eficiencia de la gestión del mantenimiento en la UEB EMGEF de Felton.
3. Determinar la efectividad del sistema de gestión propuesto a través de su aplicación parcial en la UEB EMGEF de Felton.

Campo de acción: Gestión del mantenimiento en UEB EMGEF de Felton

Idea a defender: La aplicación del procedimiento seleccionado para el sistema de gestión del mantenimiento contribuye a mejorar la disponibilidad y eficiencia en el proceso de generación de energía eléctrica en la UEB EMGEF de Felton.

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron los siguientes **métodos científicos**:

- **Métodos Teóricos:** El análisis y síntesis de la información obtenida a partir de la revisión de la literatura, tanto internacional como nacional y la documentación especializada, así como de la experiencia de especialistas y trabajadores consultados para desarrollar el procedimiento de esta investigación, llegando a establecer las pautas necesarias para el desarrollo del mismo.

- **Métodos Empíricos:** Para la elaboración del procedimiento mediante la aplicación de encuestas, entrevistas, observación directa, método de expertos, el trabajo en grupo (tormenta de ideas y dinámica de grupo) así como la utilización de herramientas del paquete de Microsoft Office y del gestor bibliográfico Endnote.

El trabajo de diploma quedo estructurado de la siguiente forma:

Un primer capítulo que contiene el marco teórico referencial que sustentó el estudio realizado y un segundo capítulo donde se seleccionó un procedimiento específico para la gestión del mantenimiento en los motores fuel. Luego se muestran las conclusiones a las que se arribó, las recomendaciones propuestas y la bibliografía consultada. Finalmente, se expone un grupo de anexos de necesaria inclusión para fundamentar, destacar y facilitar la comprensión de los aspectos de mayor complejidad tratados en el cuerpo del documento.

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS-PRÁCTICOS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA ELÉCTRICA

En este capítulo se realiza un análisis de las diferentes bibliografías relacionadas con el tema objeto de estudio que sirven de soporte para el desarrollo de la investigación. Además, se realizó un análisis a la situación existente en la UEB EMGEF de Felton para demostrar el problema anteriormente mencionado. El hilo conductor seguido para la elaboración de los antecedentes y el estado actual de la temática, se muestra en la figura 1.1.

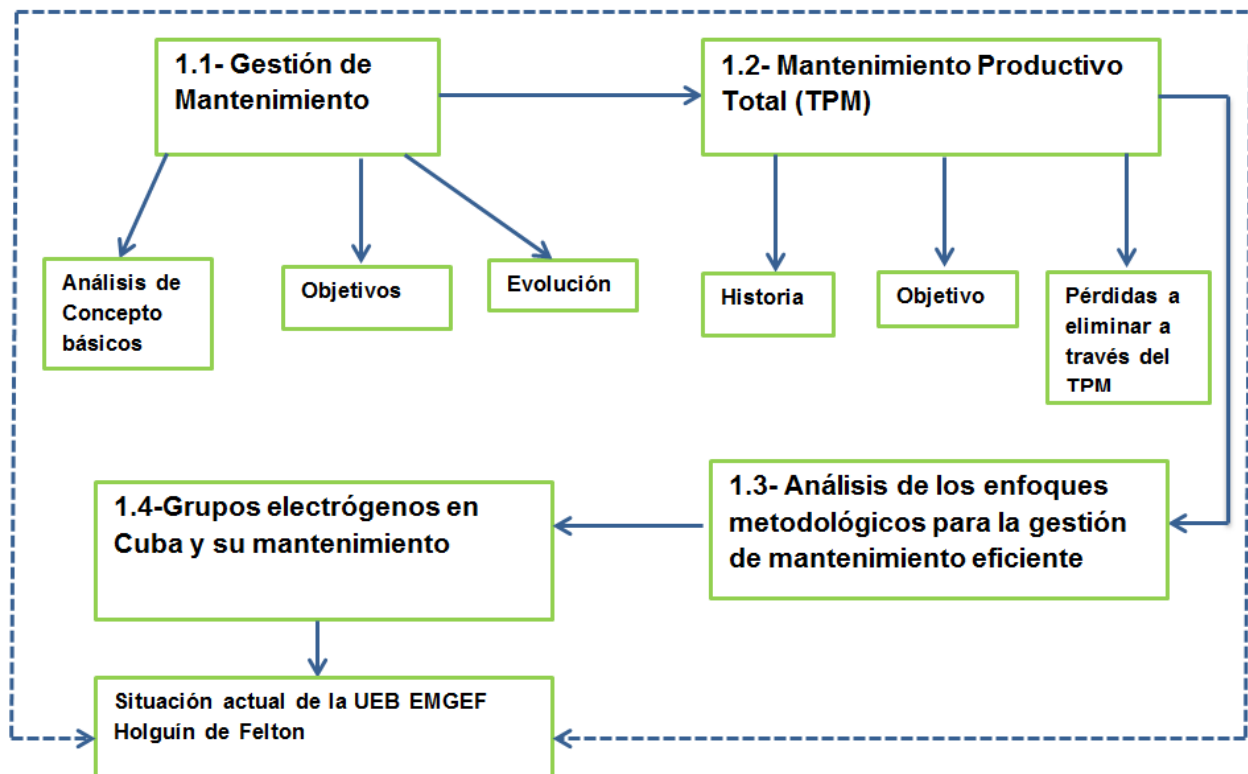


Figura 1 .1 Hilo conductor de la investigación.

1.1. Gestión del mantenimiento

Un componente decisivo en el logro de una gestión adecuada del mantenimiento en las empresas resulta la adopción del sistema de mantenimiento más efectivo, que le permite a las organizaciones un incremento en la confiabilidad y disponibilidad del equipamiento, y una reducción de los costos. Resulta importante aclarar que la gestión de mantenimiento recae en el individuo, sección, departamento o subdirección que se encarga de dirigir la organización del mantenimiento y está comprometido con el cumplimiento de las funciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos.

Se pueden encontrar infinidad de definiciones para el concepto de mantenimiento según los criterios de cada autor. Varios son los estudios realizados (Alfonso Llanes, 2009; Mora Gutiérrez, 2009; León Márquez 2012; Mora Gutiérrez, 2012; Rodríguez Machado, 2012; Velázquez Pérez, 2014; De la Paz Martínez, 2011; Mostafa 2015) 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. Independientemente de la definición que se utilice, se percibe que los conceptos citados utilizan las expresiones “mantener”, “restablecer”, “conservar”, “restaurar” o “preservar” la función pretendida del activo hasta el estándar de funcionamiento deseado por sus usuarios.(Pérez, 2016)

En la literatura especializada han sido tratados indistintamente los tipos de mantenimiento como políticas, estrategias o filosofías, métodos y sistemas (Borroto Pentón, (2005) ; Mora Gutiérrez, (2012); Rodríguez Díaz, (2014)) .El término “tipo de mantenimiento” estará referido a la forma de ejecutar dicha actividad en un equipo o grupo de ellos, mientras que el término “sistema de mantenimiento” se encuentra vinculado a la filosofía utilizada para gestionar el mantenimiento a nivel de empresa u organización.

La Gestión del mantenimiento tiene como objetivo fundamental garantizarle al cliente, tanto externo como interno, la disponibilidad de los activos fijos cuando lo necesiten, con seguridad y confiabilidad total, durante el tiempo óptimo necesario para operar con las condiciones tecnológicas exigidas previamente, para llevar a cabo la producción de bienes o servicios que satisfagan las necesidades o requerimientos de los clientes, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitado en el momento oportuno, reduciendo al máximo los costos, y con los mayores índices de rentabilidad, productividad y competitividad (Olives Masip, (2015); Parra Márquez, (2012) ; Stefano, (2006)).

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. 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 (Mora Gutiérrez, (2009); Truong, (2017); Wang, (2010)). Se hace necesario el análisis del papel protagónico que desempeña en una organización, incidiendo en diversos factores como costo de producción, calidad del producto o servicio, capacidad operacional, capacidad de la empresa como un ente organizado, seguridad e higiene industrial, calidad de vida del personal y útil del equipo e imagen y seguridad ambiental (Roy, (2016)). (De La Paz Martínez, 2011) define la gestión del mantenimiento como la integración de las acciones técnicas, organizativas y económicas encaminadas a conservar o restablecer el buen estado de los activos, 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 ambiente y la seguridad del personal.

1.1.1. Objetivos del mantenimiento

El objetivo final del mantenimiento se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir y en su caso, reparar los fallos sobre los bienes.
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costes.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

1.1.2. Desarrollo del mantenimiento

A continuación, se detallan las características principales de cada una de las generaciones a través de las cuales se ha venido desarrollando el mantenimiento en los últimos años (Tabla 1.1):

Tabla 1.1 Características principales de las generaciones de mantenimiento

Generación	Época en que aparece	Principales fundamentos
Primera generación	Desde el inicio de la Revolución Industrial	Mantenimiento correctivo puro

Segunda generación	A partir de la Segunda Guerra Mundial	Mantenimiento preventivo planificado
Tercera generación	Década de los 80	Mantenimiento predictivo o por condición, análisis de fallo, RCM y TPM
Cuarta generación	Década de los 90	<i>World Class Management</i> y la eficiencia en la gestión
Quinta generación	Siglo XXI	Tercera tecnología. Visión técnica económica de los activos y del costo del ciclo de vida

Fuente: (García Garrido, (2010))y (Díaz, 2014).

Primera generación

La primera generación se enmarca hasta el período de la Segunda Guerra Mundial. En esos años la industria estaba poco mecanizada y por tanto los tiempos fuera de servicio no eran críticos, lo que llevaba a no dedicar esfuerzos en la prevención de fallos de equipos. Además, al ser maquinaria muy simple y normalmente sobredimensionada, los equipos eran muy fiables y fáciles de reparar, por lo que no se hacían revisiones sistemáticas salvo las rutinarias de limpieza y lubricación. El único mantenimiento que se realizaba era el de “Reparar cuando se averíe”. La primera generación tuvo como objetivo principal: reparar cuando se rompiera. Esto limitaba solamente a realizar un mantenimiento correctivo. (Castellanos López, (2015); Díaz Cajas, (2008); Rodríguez Machado, (2012))

Segunda generación

La Segunda Guerra Mundial provocó un fuerte aumento de la demanda de toda clase de bienes. Este cambio unido al acusado descenso en la oferta de mano de obra que causó la guerra, aceleró el proceso de mecanización de la industria. Conforme aumentaba la mecanización, la industria comenzaba a depender de manera crítica del buen funcionamiento de la maquinaria. Esta dependencia provocó que el mantenimiento buscara formas de prevenir los fallos y por tanto de evitar o reducir los

tiempos de parada forzada de las máquinas. Con este nuevo enfoque del mantenimiento, apareció el concepto de mantenimiento preventivo. En la década de los 60, éste consistía fundamentalmente en realizar revisiones periódicas a las maquinarias en intervalos fijos. Además, se comenzaron a implementar sistemas de control y planificación del mantenimiento con el objetivo de controlar el aumento de los costes de mantenimiento y planificar las revisiones en intervalos fijos. La segunda generación perseguía como objetivos: mayor disponibilidad de la planta, mayor vida de los equipos y menor costo. Lo que generó la planificación del mantenimiento, sistemas de control para el mantenimiento y la incorporación de la informática al mantenimiento a través de grandes ordenadores. (Nieto Martínez, (2015))

Tercera generación

Se inició a mediados de la década de los setenta, cuando se aceleraron los cambios a raíz del avance tecnológico y de las nuevas investigaciones. La mecanización y la automatización siguieron aumentando, se operaba con volúmenes de producción muy elevados y cobraban mucha importancia los tiempos de parada debido a los costos por pérdidas de producción. Alcanzó mayor complejidad la maquinaria y aumentaba nuestra dependencia de ellas, se exigían productos y servicios de calidad, considerando aspectos de seguridad y medio ambiente y se consolidó el desarrollo del mantenimiento preventivo. La tercera generación centralizó sus tareas en los siguientes objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al medio ambiente, mayor vida de los equipos y eficiencia de costes. Dando lugar a técnicas como: monitoreo de 10 condición, diseño basado en fiabilidad y mantenibilidad, estudios de riesgo, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, modos de fallo y causas de fallo (FMEA, FMECA), sistemas expertos, polivalencia y trabajo en equipo (González Rocha, (2006) ; Pérez Borrajo, (2014)).

Cuarta generación

En los últimos años se vivió un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían:

- Herramientas de ayuda a la decisión como: estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo.
- Nuevas técnicas de mantenimiento como el monitoreo de condición.
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad y un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita. Así mismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto. Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo además de la organización y ejecución del mantenimiento. La cuarta generación tiene definidos como objetivos: mayor disponibilidad y fiabilidad, mayor seguridad, mayor calidad del producto, respeto al medio ambiente, mayor vida de los equipos, eficiencia de costos, mayor mantenibilidad, patrones de fallos / eliminación de los fallos. Para sustentar estos objetivos las técnicas utilizadas son las siguientes: monitoreo de condición, utilización de pequeños y rápidos ordenadores, modos de fallo y causas de fallo (FMEA, FMECA), polivalencia y trabajo en equipo, mantenimiento autónomo, estudio de fiabilidad y mantenibilidad durante el proyecto, gestión del riesgo, sistemas de mejora continua, mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, mantenimiento proactivo, eliminación del fallo, grupos de mejora y seguimiento de acciones (López García, (2013)); (Pérez González, (2016)).

Quinta generación

Está centrada en la terotecnología. Esta palabra derivada del griego significa el estudio y gestión de la vida de un activo o recurso desde el mismo comienzo (con su adquisición) hasta su propio final (incluyendo formas de disponer del mismo). Integra prácticas gerenciales, financieras, de ingeniería, de logística y de producción a los activos físicos buscando costes de ciclo de vida (CCV) económicos. Es aplicable en todo tipo de industria y 11 procesos. El objetivo principal de su aplicación es mejorar y

mantener la efectividad técnica y económica de un proceso o equipo a lo largo de todo su ciclo de vida (López García, (2013)). Combina experiencia y conocimiento para lograr una visión holística del impacto del mantenimiento sobre la calidad de los elementos que constituyen un proceso de producción, y para producir continuamente mejoras tanto técnicas como económicas. La quinta generación define como objetivos plantear las bases y reglas para la creación de un modelo de la gestión y operación de mantenimiento orientada por la técnica y la logística integral de los equipos (García González-Quijano, (2004)).

1.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

A partir de los años 70 el termino TPM surgió por el Instituto Japonés de Ingenieros de Planta (JIP), este lo define como un sistema de mantenimiento que cubre toda la vida útil de los equipos en cada división, incluyendo la planificación, fabricación y mantenimiento. En él se describe una relación sinérgica entre todas las funciones de organización, pero en particular entre la producción y el mantenimiento, la mejora continua de la calidad del producto, la eficiencia operativa, control de capacidad y seguridad. (Cedeno, Abril, 2004)

El TPM o Mantenimiento Productivo Total supone un nuevo concepto de gestión del mantenimiento, que trata de que éste sea llevado a cabo por todos los empleados de la organización y a todos los niveles a través de actividades en pequeños grupos. (Cedeno, Abril, 2004). Según Tokutaro Susuki miembro del *Japan Institute for Planning Maintenance*, incluye cinco objetivos (Dvorak, (1998)):

1. Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluir a todos y cada uno de ellos para alcanzar con éxito el objetivo.
2. Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de equipos.

Eficacia Global = Producción + Gestión de Equipos

3. Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan.
4. Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante acciones integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado por el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

5. Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción incluyendo el diseño y desarrollo además de las ventas y dirección.

El TPM es una herramienta de trabajo en plantas productivas o que brinden un servicio que se genera en torno al mantenimiento establecido, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como:

- Participación de todo el personal de la planta (desde la gerencia hasta los operarios)
- Eficacia Total (máxima efectividad de los equipos y máxima rentabilidad económica)
- Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección con la prevención adecuada (Velandia, (Noviembre, 2009)).

Otro punto importante de esta herramienta es alcanzar cero averías y cero problemas de seguridad, es por ello que existen otros objetivos del TPM que se complementan entre sí para realizar una adecuada gestión productiva. Así pues, otros objetivos que complementan los objetivos iniciales y se desprenden de ellos son:

- Calidad total: Cero defectos
- Puntos a minimizar
- Puntos a maximizar
- Máxima productividad: Cero despilfarros
- Metas, medios y gestión.
- Reducción de costos

Cuando se trata de TPM se presentan cinco pilares fundamentales (Ho, (Mayo, 1999)):

- Eliminación de las seis grandes pérdidas.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento autónomo.
- Capacitación.
- Prevención del mantenimiento.

Sin embargo, los pilares a adoptarse al implementar TPM dependen en gran medida de la estructura y la filosofía interna de la empresa.

1.2.1. Historia del TPM

El origen del término “Mantenimiento Productivo Total” (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la

planta Nippodenso, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de la década de los 60. Seiichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.

Después de la segunda guerra mundial, las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Con este fin, incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias. Posteriormente, sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior, concentrando la atención del mundo en el estilo japonés de técnicas de gestión.

El mantenimiento preventivo se introdujo en los años cincuenta y el mantenimiento productivo alcanzó un buen grado de implantación en los años sesenta. El desarrollo del TPM comenzó en los años setenta. El tiempo que precede a los años cincuenta puede denominarse período de “mantenimiento de averías”.

Cuando nos referimos al TPM, se trata en realidad de mantenimiento productivo de estilo americano, modificado e intensificado para adaptarlo al entorno industrial japonés. El mantenimiento productivo reconoce la importancia de la fiabilidad, mantenimiento y eficiencia económica en el diseño de la planta, pero aplica la división del trabajo entre el personal de mantenimiento y producción. El departamento de mantenimiento es el encargado de las reparaciones y entregar el equipo al departamento de producción para que cumpla con su función exclusiva de producir. Contrariamente, muchas corporaciones japonesas han modificado el mantenimiento productivo americano de forma que todos los empleados pueden participar.

En Japón, el TPM ha sido generalmente aceptado desde su introducción. Por ejemplo, constituye un soporte esencial del sistema de producción Toyota. El TPM ha sido igualmente implantado por muchas de las filiales de Toyota. De acuerdo con su creador, Taiichi Ohno, el sistema de producción Toyota está basado en la eliminación absoluta del despilfarro. En la producción “justo a tiempo” de Toyota, solamente se producen los elementos necesarios. En otras palabras el sistema de producción es un esfuerzo para lograr los defectos cero y niveles de inventarios cero.

1.2.2. Objetivos del TPM

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del “conocimiento” industrial.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado y en consecuencia la productividad se incrementa.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador y crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

1.2.3. Las seis grandes pérdidas que se pueden eliminar a través del TPM

El logro de las metas principales de TPM permite eliminar las seis grandes pérdidas (Hernández, (2007)):

1. Pérdidas de velocidad del proceso, esta clase de pérdidas depende en gran medida de la habilidad del operador para controlar su línea de producción.
2. Averías y Fallos en los equipos, ya que uno de los propósitos del mantenimiento autónomo es actuar para evitarlos y prevenir su ocurrencia, y en ciertos casos corregir los que se hayan dado.
3. Tiempos de preparación, los cuales deben ser reducidos, para esto se recomienda tener un planeamiento adecuado de la producción que minimice el cambio de formatos para evitar para por ajustes.
4. Defectos de Calidad imputables a una mala operación del equipo; sin duda el trabajador responsable de esta operación será el primero en apercibirse y conocer los motivos de cualquier problema en este sentido.
5. Rendimiento reducido, el cual se considera como una pérdida de calidad del equipo y del personal que lo labora.

6. Pequeñas Paradas, que con seguridad dependerán en gran medida del trabajador tanto si ocurren en una máquina con la que opera directamente, como si se trata de una línea automatizada (donde se suelen dar la mayoría de las pequeñas paradas), pero que está asimismo a su cargo.

1.3. Análisis de las bibliografías para desarrollar el enfoque metodológico para la gestión del mantenimiento

En el presente epígrafe se muestra un acercamiento a las metodologías para gestionar el mantenimiento eficientemente. A través de la revisión de la literatura, tanto nacional como internacional, se evidencia que con respecto al tema aparecen múltiples propuestas metodológicas (Tabla 1.2). Las propuestas son las siguientes:

- 1- (Ramírez, 2003)
- 2- (Campbell, 2006)
- 3-(Jones, 1996)
- 4- (Jasiulewicz-Kaczmarek, 2013)
- 5- (Önder, 2014)
- 6- (Soltan, 2014)
- 7- (Álvarez, 2018)
- 8- (CHEN L, 2011)

Tabla 1.2 Análisis de los procedimientos para la gestión del mantenimiento

Autores	Aportes	Desventajas
José A. Rodríguez Ramírez, 2003	<ul style="list-style-type: none"> -La investigación muestra el desarrollo e importancia que ha alcanzado la gestión del mantenimiento asistido por computadora para realizar eficientemente esta actividad. -Se presentan herramientas para la gestión del mantenimiento asistido por computadora. 	<ul style="list-style-type: none"> -Para aplicar la investigación se debe contar en la empresa con un desarrollo razonable de las tecnologías informáticas. - No se introducen las herramientas lean para mejorar la eficiencia del mantenimiento.

<p>Campbell, John D. and Reyes- Picknell, James (2006)</p>	<p>-Desarrolla una serie de estrategias que permiten comprender la forma óptima de realizar la actividad de mantenimiento. - Se profundiza en uso de las herramientas lean como las 5s.</p>	<p>No se propone un procedimiento específico para aplicar las herramientas lean</p>
<p>James P. Womack and Daniel T, Second Edition, 2003</p>	<p>-Se expone la importancia del pensamiento Lean en la disminución de los desperdicios en los diferentes procesos de la empresa - Se realiza un análisis de algunos elementos para la perfección de la empresa</p>	<p>No se establece un procedimiento para el uso de las herramientas Lean</p>
<p>Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2013)</p>	<p>Vincula los elementos comunes de los paradigmas <i>lean</i> y <i>green</i> para una mejor comprensión de la sinergia entre ellos y la mejora general de la eficiencia del mantenimiento.</p>	<p>No refiere el <i>Kwon how</i> de cómo incorporar <i>lean</i> o <i>green</i> en el mantenimiento.</p>

Önder, M. (2014)	La esencia de la investigación se basa en cómo el mantenimiento puede contribuir a disminuir el impacto ambiental de la producción.	Se sugieren pocas herramientas lean para el perfeccionamiento del mantenimiento.
Soltan, H y Mostafa, S. (2014)	Proporciona un marco para medir el desempeño de las estrategias de mantenimiento basadas en factores lean y ágiles.	-No se proporcionan herramientas ajustadas. -No se proporciona flujo de proceso de implementación.
Edgar Fernández Álvarez, 2018	-Se exponen las diferentes herramientas Lean así como su evolución a lo largo de la historia. - Se describe el uso de mantenimiento productivo total(TPM)	No se profundiza en el uso de algunas herramientas Lean
CHEN Lixia y MENG Bo 2010	-Se describe la forma en la que se puede aplicar el TPM para reducir fallas y aumentar la disponibilidad -Permite el desarrollo del mantenimiento autónomo	Los procedimientos descritos necesitan un periodo de tiempo para ver sus efectos

Luego de analizadas las metodologías, se puede concluir que la mayoría abordan sectores y actividades determinadas, las deficiencias encontradas son que la mayoría de ellas no tienen en cuenta la herramientas y principios del TPM o la mejora continua en grupos electrógenos de motores fuel. Además, ninguna metodología abarca el tema

de la gestión de mantenimiento en la generación distribuida en Cuba, lo que evidencia la importancia y novedad de esta investigación.

1.4. Generalidades sobre los Grupos electrógenos en Cuba y su mantenimiento

En el mundo moderno, el desarrollo de un país se mide entre otros elementos por el nivel de electrificación que el mismo posee, debido a que la electricidad es la principal fuente de energía para la realización de la inmensa mayoría de las actividades productivas, económicas, administrativas y de servicios. En el 2004, Cuba sufrió una severa crisis en el Sistema de Generación Electro Energético Nacional (SEN), apoyado en aquel entonces en grandes plantas con elevados índices de consumo de combustibles y redes de transmisión y distribución en mal estado técnico, esta situación conllevó al surgimiento de la puesta en marcha de un nuevo programa.

Este programa fue la primera etapa de la Generación Distribuida en Cuba que consistió en la instalación de baterías de grupos electrógenos, de alta calidad y eficiencia operando con diesel o fuel-oil, suministrados por firmas prestigiosas. En menos de dos años de intenso trabajo, se instalaron más de 1300 MW que son generados de forma distribuida por Grupos Electrógenos Diesel en 116 de los 169 municipios del país. Posteriormente se dio paso a la segunda etapa del proceso con la instalación de grupos de mayores potencias de tecnología fuel oil de HYUNDAI (Corea del Sur) y MAN (Alemania), hasta cubrir una capacidad instalada actual de casi 900 MW (Hourné Calzada, (2012) ; LLosas Albuerne, (2010)).

La Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI) ha publicado información sobre el número de grupos electrógenos que hay instalados en Cuba, especificando en cada provincia y clasificándolos según el combustible utilizado, diesel o fuel. En 2016 había instalados un total de 1.406 grupos electrógenos en Cuba, de estos, 856 (61%) funcionaban con diesel, mientras que 550 (39%) lo hacían con fuel.

Según la ONEI, el mantenimiento de los grupos electrógenos diesel y fuel oil se ofrece casi en su totalidad por la Empresa Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos (GEYSEL) y la Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrógenos de Fuel Oil (EMGEF) localizadas en la provincia de La Habana (Montoya Sirvent, (2017)). De aquí nacen las entidades pertenecientes en cada una de las provincias del país las cuales utilizan el Mantenimiento Preventivo Planificado, aprobado para estos equipos de tecnología MAN

B&W Diesel, utilizando para ello las matrices bases de mantenimiento establecidas en el Manual de Generación Distribuida de Electricidad en Cuba según (Dorta Herrera, (2009)), con el propósito de reducir la posibilidad de que la condición técnica de este caiga por debajo de un nivel requerido de aceptabilidad y de seguridad para la integridad de los mismos, además se emplea el mantenimiento correctivo en caso de necesitarse.

1.4.1. Situación actual de la UEB EMGEF de Felton

El área de emplazamiento Fuel Oil de Felton perteneciente a la UEB EMGEF de Holguín está formado por 24 motores HYUNDAI de 2.5 MW del tipo HIMSEN 9H 25/33 x 900 rpm, diseñados para trabajar en régimen continuo, con una potencia total de 60 MW, agrupados en 6 baterías de 4 motores. La plantilla actual es de 140 personas encontrándose cubiertas 104 de los cuales 37 son técnicos, 5 son trabadores de servicio, 2 son directivos y 60 son operadores distribuidos en cuatro turnos de trabajo con un régimen de trabajo y descanso de 12 horas laborables durante cuatro días y cuatro días de descanso. Como elementos de entrada tenemos el combustible fuel y algunos materiales, fuerza de trabajo calificada, recursos financieros y otros insumos necesarios que exige el proceso productivo y como elemento de salida tenemos la electricidad.

Esta empresa tiene como Política de Integrada de Gestión Empresarial:

- Cumplir los compromisos de generación eléctrica con el SEN, manteniendo una alta disponibilidad de los equipos en las centrales eléctricas de fuel oil, garantizando su mantenimiento y solución de las averías que se produzcan.
- Prevenir y minimizar los impactos ambientales negativos sobre los elementos del medio ambiente, a partir de la reducción de descargas, emisiones y generación de desechos.
- Impulsar el despliegue de acciones y proyectos de investigación, desarrollo e innovaciones I+D que permita sostener y mejorar el equipamiento, las tecnologías y los procesos de producción y gestión.

En el informe al cierre del segundo semestre del año 2022, se determinó que el comportamiento de los indicadores estaba por debajo de lo planificado principalmente la generación de electricidad. Uno de los factores de mayor incidencia en el

comportamiento inestable de la generación de energía eléctrica es precisamente la existencia de un sistema de mantenimiento que no responde a las necesidades de la entidad, a continuación se muestran algunos indicadores que demuestran esta afirmación:

- El número de fallos ha variado en los últimos cuatro trimestres desde 7 en el primer trimestre del año 2021 hasta 18 que se han presentado en igual período del presente 2022.
- El factor de disponibilidad planificado de un 90% se ha mantenido en un promedio de un 74,65%.
- Hay un aumento del 20% en el consumo específico del combustible.
- Los motores no generan energía eléctrica al 90% de su capacidad.
- Se carecen de indicadores OEE¹ en la entidad.

Actualmente se encuentran en funcionamiento 12 de los 24 motores ya que se carecen de las piezas necesarias para reparar los restantes motores a causa del férreo bloqueo económico que enfrenta el sector energético en nuestro país.

En la tabla 1.3 podemos apreciar los valores de OEE en el mes de septiembre en los 12 motores que están actualmente en servicio (en el anexo 1 se pueden observar las fórmulas para calcularse):

Tabla 1.3: Disponibilidad y rendimiento de motores fuel

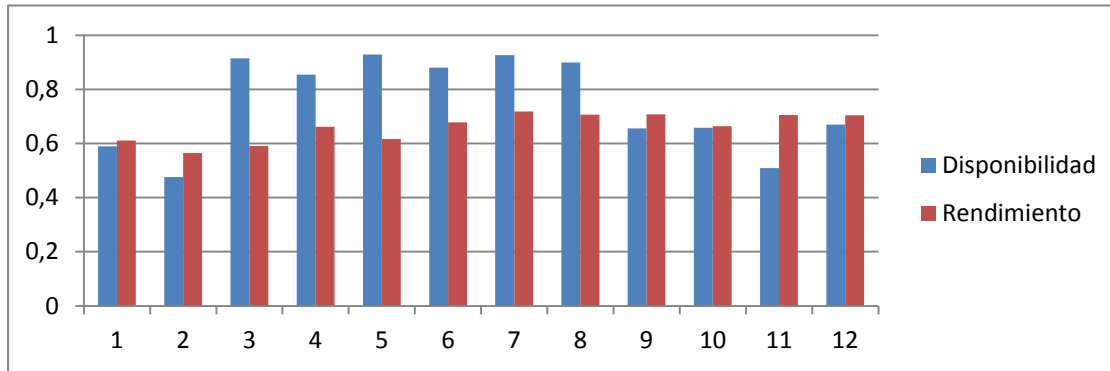
Motor	Disponibilidad	Rendimiento
1	0.589	0.611
2	0.476	0.564
3	0.914	0.591
4	0.854	0.661
5	0.928	0.617
6	0.880	0.678
7	0.926	0.718
8	0.899	0.706
9	0.656	0.707
10	0.658	0.664
11	0.509	0.705

¹ Efectividad global de los equipos

12	0.670	0,704
----	-------	-------

Para una mejor comprensión de estos valores de disponibilidad y rendimiento se presenta el gráfico 1:

Gráfico 1.1: Disponibilidad y rendimiento de los motores de generación fuel oil en septiembre.



Luego de analizar estos datos se puede observar que el 75% de los motores presentan una disponibilidad y rendimiento por debajo del 90%. Esta baja disponibilidad genera un costo que se puede evidenciar en los sobretiempos por paradas de máquina, el costo de estos sobretiempos que incluyen tantas horas hombre como horas máquina es aproximadamente \$ 180 524.00 anuales.

Además, se asocia un costo de más de \$ 250 540.54 por conceptos de fugas de aceite hidráulico, combustible y líquido de enfriamiento.

CAPÍTULO II PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA UEB EMGEF DE FELTON

2.1. Selección para la gestión del mantenimiento en los grupos electrógenos de generación eléctrica fuel oil de Felton.

La selección del procedimiento se realizó luego de consultar la bibliografía especializada en el tema, como resultado se analizaron varios procedimientos entre los que se encuentran el de (Ramírez ,2003), (Lixia Chen y Bo Meng 2010), (Barrios, 2018), (Rubio, 2011) y (Soltan, H. y Mostafa, S, 2014) para su selección se tuvieron en cuenta un grupo de variables que permitieron una evaluación de los mismos con el fin de tomar el que mejor cumple con las necesidades de la organización y los intereses de la investigación. Entre estas variables se encuentran: Impacto ambiental, Informatización, Disponibilidad de los equipos, Impacto social, Reducción de riesgos, Estabilidad a largo plazo, Rendimiento de los equipos y Viabilidad. Se realizó una matriz de comparación, siendo 1 cuando se apreciaba la existencia de la variable y 0 cuando la misma no estaba presente, como se evidencia en el anexo 2. Como resultado de este análisis se determinó el procedimiento que con mayor efectividad resuelve el problema propuesto en esta investigación es el diseñado por Lixia Chen y Bo Meng, el mismo cuenta con 3 fases y 10 pasos (figura 2.1), este procedimiento fue mostrado a los expertos de la entidad y se determinó que el mismo resuelve los problemas existentes en el emplazamiento. Con el objetivo que incrementar la disponibilidad de los motores de generación eléctrica y reducir el número de intervenciones por averías, incrementando la eficiencia de estos equipos, se escogió este procedimiento ya que actualmente la entidad no tiene el total de la plantilla cubierta faltando personal principalmente en la actividad de mantenimiento y este procedimiento permite que se desarrolle el mantenimiento autónomo por parte de todos los miembros la entidad además es un procedimiento que a pesar del periodo de tiempo que se necesita para su implementación, garantiza una estabilidad en las operaciones a largo plazo, el procedimiento se describe a continuación:

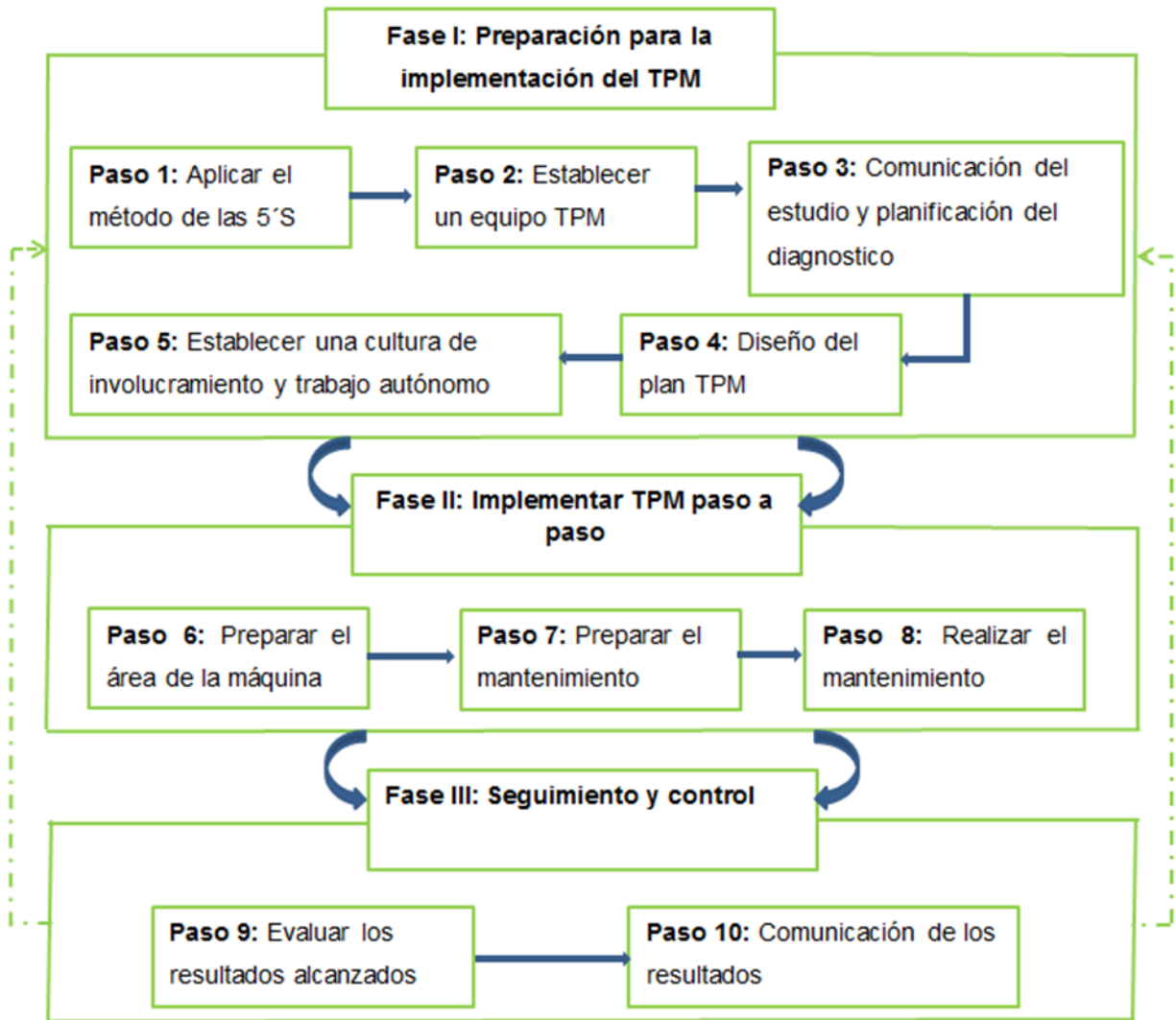


Figura 2.1 Procedimiento para la gestión del mantenimiento en los grupos electrógenos de generación eléctrica fuel oil de Felton

2.2. Procedimiento para la gestión del mantenimiento en los grupos electrógenos de generación eléctrica fuel oil de Felton.

El procedimiento seleccionado se fundamenta en los diversos procedimientos existentes para estos fines que fueron recogidos en el capítulo I, quedando así constituido con 3 fases y 10 pasos. El mismo recoge aspectos que han sido desarrollados por diversos autores, entre los que se destacan además los aportes realizados por Douglas, S. (2000); Lixia Chen y Bo Meng (2010).

Fase I: Preparación para la implementación del TPM

Esta etapa tiene como objetivo sentar las bases para el desarrollo del estudio, al demandar una serie de condiciones preliminares. La misma facilita y asegura en gran medida la colaboración y el vínculo del capital humano. Además, prepara la entidad para el desarrollo del procedimiento.

Prepararse de una manera adecuada garantiza por lo menos la mitad del éxito, por lo tanto las empresas deben prepararse con antelación a la aplicación de TPM para evitar problemas y de esta manera garantizar su éxito.

Paso 1: Aplicar el método de las 5´S

Objetivo: Desarrollar las 5´S es mantener el área de trabajo que rodea a la máquina limpia y organizada en todo momento para apoyar de esta manera las actividades y disciplinas que necesita el TPM, para establecer un ambiente seguro que ayude a un trabajo eficiente.

Una buena visualización del lugar de trabajo ayuda a evitar errores y permite capacitar a los empleados nuevos con mayor facilidad, de esta manera se promueve un sentido de pertenencia y orgullo por el lugar de trabajo.

La metodología de las 5S agrupa una serie de actividades que se desarrollan con el objetivo de crear condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia. Dichas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo.

Seiri(Clasificación u Organización)

Significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos y falta de espacio.

Seiton(Orden)

Consiste en disponer de un sitio adecuado para cada elemento que se ha considerado como necesario. Estos lugares deben de disponer de sitios debidamente identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia. Se utiliza la identificación

visual, de tal manera que les permita a las personas ajenas al área realizar una correcta disposición.

Seiso (Limpieza):

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comprende:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas y documentos), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos y reubicaciones), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes y utillajes) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

Seiketsu (Estandarización):

La fase Seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”. Estandarizar supone ejecutar un determinado procedimiento de manera donde la organización y el orden sean factores fundamentales. Esta estandarización puede ser, de la forma más simple, un papel, una fotografía o un dibujo.

Shitsuke (Disciplina):

Su objetivo es convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligada al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. Su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

Paso 2: Establecer un equipo TPM

Objetivo: Crear un equipo de personas calificadas que lleven a cabo la correcta implementación del procedimiento ya que sin este se podría incrementar en gran medida el tiempo necesario para observar los resultados.

El TPM requiere mayor tiempo, recursos y esfuerzos de lo que la mayoría de empresas cree. Una típica implementación de TPM requiere la participación completa de la compañía y los resultados totales solo podrán ser visibles luego de 3 años o en ocasiones hasta 5 años. Está comprobado que un equipo de TPM puede reducir este tiempo considerablemente (Douglas, (2000)).

El número de miembros del equipo debe ser de 5 a 9 según el procedimiento pero se sugiere una cantidad de 9 a 13 personas ya que es el estándar que se usa normalmente a la hora de crear un equipo, y este debe incluir a todos los operadores de las máquinas, los técnicos de mantenimiento especializados en mecánica, electrónicos, ingenieros, uno o dos operadores “externos” y un miembro de la gerencia, este miembro puede ser el gerente de producción pero no se recomienda que sea el gerente general.

El líder del equipo debe estar fuertemente asociado con la maquinaria, se recomienda que sea un operador o un técnico de mantenimiento, el cual debe demostrar disciplina, responsabilidad, buenas habilidades de comunicación y ser capaz de entrenar al equipo en tomar su máquina como propia, proporcionando al equipo entrenamiento antes de que se realice un mantenimiento y motivándolo para hacer de la implementación de TPM más fluida y exitosa (Douglas, (2000)).

Diversos autores desean restablecer una vez más que el éxito en TPM dependerá de cuan bien trabaje el equipo. Este es de lejos uno de los aspectos más importantes de TPM. Si se quiere ser un equipo TPM exitoso es necesario cumplir con los objetivos de la tabla

Tabla 2.1: Elementos esenciales para un equipo de TPM exitoso

Misión y metas claras	Acuerdo sobre la manera de tomar decisiones
Participación de todos	Comprender el proceso del grupo
Definición clara de roles	Uso de datos o hechos para la resolución de problemas y la toma de decisiones
Reglas básicas	Mentalidad de mejora continua
Comunicación clara	
Comportamiento de apoyo	

Fuente: (CHEN L, 2011)



Paso 3: Comunicación del estudio y planificación del diagnóstico

A través de los distintos canales de comunicación institucional como los murales, reuniones semanales y consejos de dirección serán informados todos los implicados en el estudio sobre las características del procedimiento con el fin de fomentar un clima de apoyo y participación con el cambio organizacional. Además, se deben de definir las responsabilidades de cada miembro en cuanto a la gestión del mantenimiento.

Paso 4: Diseño del plan TPM

El objetivo de este paso es diseñar el plan TPM que se va a realizar en la entidad para mejorar la disponibilidad y eficiencia del mantenimiento en la entidad.

El planeamiento debe comenzar por lo menos 2 meses antes del evento TPM, en el cual se debe:

1. Seleccionar los motores de generación eléctrica candidatos para asumir la carga de generación y mantener la producción de energía eléctrica.
2. Recopilar toda la información disponible para estos equipos, por ejemplo, los manuales de usuario, manuales de mantenimiento, diagramas de circuito de control, los dibujos, el historial de mantenimiento durante al menos dos años y el OEE.
3. Identificar los problemas repetitivos y crónicos por discutir con los operadores y técnicos de mantenimiento. Desarrollar un plan de acción de los equipos durante el evento de TPM y asegurarse de que todas las herramientas necesarias y herramientas eléctricas están disponibles en cantidad suficiente para llevar rápidamente la máquina en condición de funcionamiento (Douglas, (2000)).

Paso 5: Mantenimiento autónomo

Una cultura de TPM no se puede realizar sin la participación activa de todos los miembros de la empresa, para implementar este punto es importante que desde la gerencia se dé el ejemplo de involucramiento. Esto se puede hacer dando los recursos necesarios e informando a todo el personal de la implementación de esta herramienta. Asimismo uno de los pilares del TPM es el mantenimiento autónomo, es decir que el personal se preocupe en mantener su área y equipo de trabajo como si fuera propio. Esto solo se puede lograr con el compromiso completo del personal y una fuerte cultura organizacional que lo demuestre.

Fase II: Implementar TPM paso a paso

El objetivo de este paso es implementar el TPM paso a paso ya que si ignoramos algunos de estos no se lograrían alcanzar los resultados que se desean.

Implementar TPM es un proceso largo y de ingeniería sistemática, por lo que debemos implementarlo paso a paso para crear una base sólida para el éxito.(Douglas, (2000)).

Paso 6: Preparar el área de la máquina

El objetivo de este paso es revisar el área donde se encuentran localizados los equipos. En este momento es importante realizar la inspección de área de trabajo y del equipo a trabajar, en esta etapa se puede observar la importancia de la implementación de las 5'S. Luego de realizar esta inspección, si se detecta alguna deficiencia que se haya ignorado durante la aplicación de las 5'S se procede a efectuar la limpieza del área para poder trabajar de una manera más cómoda y segura.

Paso 7: Preparar el mantenimiento

En este paso se prepara el mantenimiento que se va a aplicar en los equipos. Se limpian los equipos a los que se le va a realizar el mantenimiento, además se proporcionan una formación básica en función de la máquina y los controles para permitir una inspección general eficaz.

Paso 8: Realizar el mantenimiento

El objetivo de este paso es realizar el mantenimiento que se va implementar en la entidad.

En este paso se le va a dar seguimiento a todos los pasos de las actividades mencionadas y realizar mejoras en caso sea necesario

Fase III: Seguimiento y control

El objetivo de esta etapa es determinar las deficiencias y establecer acciones con vistas a su mejora, además de destacar los resultados positivos.

Paso 9: Evaluar los resultados alcanzados

Para evaluar los efectos del TPM en este caso se eligió al indicador OEE. Se usa OEE para monitorear y mejorar el rendimiento de un equipo elegido, evaluando sus pérdidas, identificando causas y corrigiendo acciones, como guía y monitor en la implementación de TPM, comparando el antes y después los valores OEE para medir el impacto.

En el caso de la empresa china de automóviles DONGGUANG, se siguieron todos estos pasos y al implementarse el TPM se logó aumentar el OEE original en septiembre del 2008 de 35% a 75% en septiembre del 2010.(Douglas, (2000))

Paso 10: Comunicación de los resultados

El objetivo de este paso es comunicar a los trabajadores, demás actores externos y autoridades competentes los resultados de la evaluación de la gestión ambiental integral, a través de diferentes canales de comunicación. Se debe: elaborar la información acerca de los resultados obtenidos en la gestión ambiental y seleccionar el canal de comunicación a utilizar; comunicar al exterior la política ambiental, los objetivos y metas ambientales, el programa de gestión del mantenimiento y los resultados de su aplicación.

La recursividad del procedimiento general reside en que se puede volver a cualquier paso anterior para tomar las medidas correctivas o preventivas sin necesidad de llegar al final del procedimiento.

2.3. Aplicación del procedimiento seleccionado en la UEB EMGEF de Felton

Fase I: Preparación para la implementación del TPM

Es de suma importancia que antes de realizar el TPM la empresa se encuentre preparada, no se puede comenzar a efectuar el mantenimiento si es que no se ha preparado a la empresa con la filosofía y las nuevas formas de trabajo. En esta etapa se crean las condiciones necesarias a nivel de empresa para enfrentar el proceso de diagnóstico, conocer el funcionamiento de la empresa, lograr el compromiso de los actores, identificar los puntos débiles y determinar las oportunidades de acción para llevar a cabo con éxito la investigación.

Paso 1: Aplicar el método de las 5'S

El primer paso para preparar a la empresa para la implementación del TPM es el desarrollo de las 5'S. La visualización del ambiente de trabajo evita errores y facilita la capacitación de nuevos empleados en la organización, esto promueve un sentido de pertenencia y orgullo de los trabajadores hacia su área de trabajo.

En el área donde se encuentra los emplazamientos de los motores fuel el piso se encontraba cubierto de aceite y residuos líquidos. Asimismo, se encontraron baldes y

diversos objetos en el piso, lo cual dificulta las vías de acceso o la movilización de materiales.

Para minimizar y eliminar esta situación se realizó la implementación de las 5s. Para esto se realizó una charla diaria en la que se explicó todo lo referente sobre las 5s mostrando su realidad y pidiendo sugerencias para su implementación, todos los presentes llenaron un formato el cual dio la constancia de la asistencia a la charla, el tema dado y el tiempo capacitado en el tema (Anexo 3). Luego de la charla se conversó con los trabajadores sobre las sugerencias que pensaron para aplicarlas en la empresa y las ventajas del tema que se trató. A continuación se desarrollara cada una de las 5'S explicando cómo se procedió a implementar este método en los emplazamientos de motores fuel oil de Felton.

Implementación de Seiri – Clasificación

El propósito del Seiri tuvo como objetivo retirar del área de mantenimiento todos los elementos innecesarios para las operaciones de mantenimiento que se muestran en el trabajo de manera rutinaria. Los elementos necesarios se mantuvieron cerca de la “acción”, mientras que los innecesarios tales como herramientas y materiales, se retiraron del sitio o se eliminaron, en la Figura 2.2 se puede observar cuales fueron los criterios utilizados para realizar la clasificación.

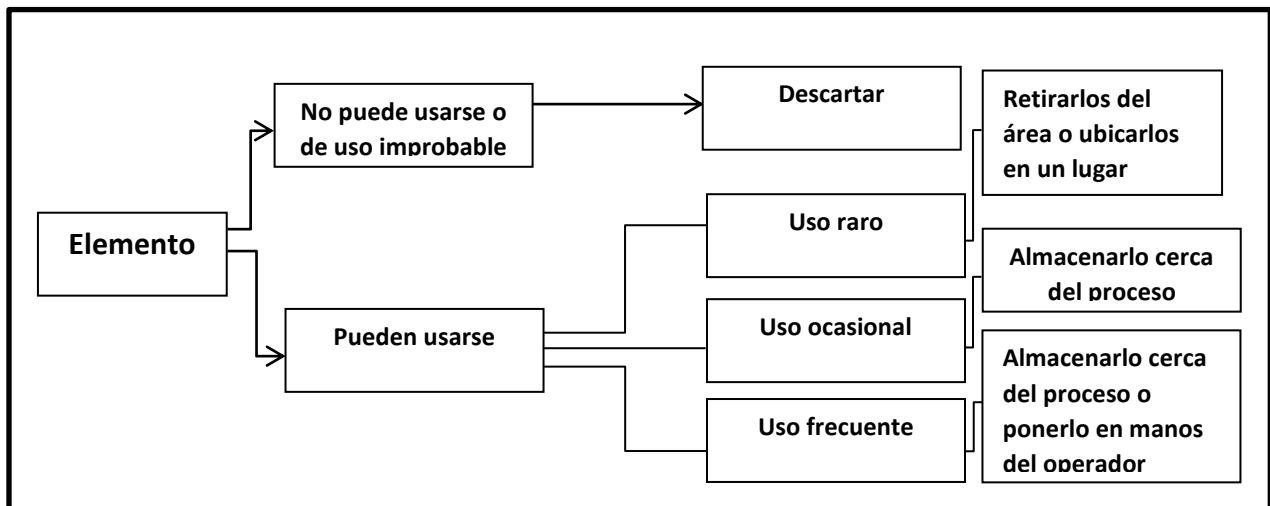


Figura 2.2: Sistema de Organización Fuente: Elaboración propia

Una vez se definieron los criterios, se procedió a realizar el inventario de todas las existencias en cada área, para esto se llenó un formato en el cual se procedió a descartar los elementos que no pertenecían al área de acuerdo al sistema de

organización que se maneja, en el (Anexo 4) se puede observar el formato que se llenó en el área de los emplazamientos de los motores.

Luego de que se clasificaron los materiales se procedió a la colocación de las etiquetas rojas (Anexo 5), estas etiquetas permitieron la separación y clasificación de manera correcta y ordenada. Para iniciar la colocación se tuvo que realizar coordinaciones desde el nivel gerencial.

Luego de que se realizó el etiquetado a la totalidad de equipos y materiales se procedió a realizar el ordenamiento de estos, la descripción, cantidad, justificación de transferencia y el área a la que fue transferida para esto se confecciono un formato como el que se muestra en el (Anexo 6).

Implementación de Seiton - Orden

La práctica del Seiton pretendió ubicar los elementos necesarios en sitios donde se pudieran encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio. Esto solamente fue posible porque se pudo implementar el Seiri correctamente. Las 5'S son una secuencia y tienen que implementarse en el orden adecuado para que estas puedan funcionar. La metodología aplicada en Seiton facilita su codificación, identificación y marcación de áreas para facilitar su conservación en un mismo sitio durante el tiempo y en perfectas condiciones.

Desde el punto de vista de la aplicación del Seiton en un equipo, esta "s" tuvo como propósito mejorar la identificación y marcación de los controles de la maquinaria de los sistemas y elementos críticos para mantenimiento y su conservación en buen estado.

Para implementar esta herramienta se le instruyo al personal para que usaran los siguientes criterios:

- Colocar los instrumentos que se usan frecuentemente cerca del lugar que se utilizan.
- Almacenar los instrumentos que no se usan frecuentemente fuera del lugar que se utilizan.

En la tabla 2.2 se puede observar de una manera más descriptiva como se implementó este criterio.

Tabla 2.2: Criterio de organización

FRECUENCIA DE USO	RECOMENDACIÓN
Uso diario	Guardar junto a la persona
Varias veces al día	Cerca de la personal
Varias veces por semana	Cerca al área de trabajo
Algunas veces por año	Almacén
Muy rara vez	Almacén

Fuente: Elaboración propia

Una vez se elaboró la clasificación en Seiri se dispuso y definió los lugares de almacenamiento de cada elemento que no se encontraba en el lugar adecuado. Para esto el encargado de la inspección tuvo que llenar el formato como el que se muestra en el anexo 7 y se informó al responsable del artículo / elemento.

Implementación de Seiso - Limpieza

Con el fin de garantizar este aspecto para la eficacia del mantenimiento se tuvo en cuenta:

1. Que el piso estaba limpio (esquinas, pilares), sobre todo por ser un área expuesta al polvo constantemente.
2. La limpieza se realizó en las ventanas, paredes y puertas (eliminar polvo adherido).
3. Se aseguró lo relacionado con la limpieza de desechos, aceite, polvo, moho, arena, aceite sobre las superficies.
4. Se utilizaron agentes de limpieza cuando la suciedad no se removió con solo barrer el área.

Antes de que se empezaran con las inspecciones de limpieza rutinarias fue necesario realizar una inspección general. En el anexo 8 se encuentra el formato el cual fue considerado como base para la lista de inspecciones diarias de limpieza que se realizó en la empresa.

Implementación de Seiketsu – Estandarización

Seiketsu es la etapa de conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la práctica de las tres primeras “s”. Esta cuarta “s” está relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones. Para mantener las condiciones de las tres primeras “s”, cada operario debió conocer exactamente cuáles

eran sus responsabilidades sobre lo que tenían que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo. Si no se asignan a las personas tareas claras relacionadas con sus lugares de trabajo, Seiri, Seiton y Seiso tendrían poco significado. Fue obligatorio que la gerencia se involucrara para poder hacer de estas actividades un hábito. Para lograr el control de las 5'S se realizó un tipo de auditoría clasificándola dependiendo de las condiciones, los rangos de evaluación de clasificación, organización, orden y limpieza fueron en una escala del 0 al 3, en la tabla 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6 se muestra el formato propuesto.

Tabla 2.3: Formato para auditoría de Seiri - Clasificar

Lista de Chequeo de 5S						
Area: _____		Bajo	Medio	ALto	Muy Alto	
Revisado: _____						
Fecha: _____		0	1	2	3	
Actividad	Descripción del chequeo	0	1	2	3	Comentarios
CLASIFICAR	Separar por grado y tamaño y deshacerse de materiales innecesarios					
	¿Estan las materias primas correctamente divididas y ordenadas?					
	¿Estan los equipos y las herramientas listos para ser utilizados?					
	¿Los desperdicios generados estan colocados en lugares apartados y debidamente clasificados?					
	¿El producto terminado esta clasificado y colocado en un lugar determinado?					
	¿Existe libre tránsito en los pasillos?					

Fuente: Elaboración propia

Con esta lista de chequeo se detectó en la clasificación las herramientas, que no estaban listas para su uso en caso de que se necesitaran para el mantenimiento de los equipos por lo que en ese mismo momento se le comunico al mecánico encargado del control de las herramientas esta deficiencia la cual fue resuelta. También se había incumplido con la clasificación de los desperdicios del proceso de generación eléctrica por lo que se le aviso al responsable de esta actividad para que se realizara la clasificación de estos desechos y su posterior acomodación en el lugar designado para su eliminación.

Tabla 2.4: Formato para auditoría de Seiton – Orden

Lista de Chequeo de 5S						
Area: _____		Bajo	Medio	ALto	Muy Alto	Comentarios
Revisado: _____						
Fecha: _____						
Actividad	Descripción del chequeo	0	1	2	3	
ORDENAR	Las cosas estan en lugares determinados y ordenadas?					
	¿Los lugares designados para cada cosa estan señalizados?					
	¿Las señalizaciones son visibles y fáciles de reconocer?					
	Todas las herramientas tienen un lugar establecido y señalado para su colocación?					
	¿La materia prima tiene señalización y se encuentra el área ordenada?					
	¿Las mesas de trabajo se encuentran limpios y ordenadas?					
	¿Las piezas o herramientas utilizadas en alguna tarea son puesta en su lugar después de su uso?					

Fuente: Elaboración propia

Luego de que se realizó la auditoria se determinó que las bases de madera no se encontraban correctamente en el lugar asignado por la empresa para su ubicación por lo que se procedió a realizar la acomodación de estos. Además, se determinó que las áreas asignadas para la colocación de los varios elementos y herramientas no estaban señalizadas por lo que se hizo una gestión al personal de las oficinas para que se imprimieran varias de estas señales para resolver este problema.

Tabla 2.5: Formato para auditoría de Seiso – Limpieza

Lista de Chequeo de 5S						
Area: _____		Bajo	Medio	ALto	Muy Alto	Comentarios
Revisado: _____						
Fecha: _____						
Actividad	Descripción del chequeo	0	1	2	3	
LIMPIAR	¿Están limpios el equipo, las herramientas y el lugar de trabajo?					
	¿Existen tachos o algun otro tipo de dispositivo para recolectar los desperdicios?					
	¿Se encuentra los pasillos limpios?					
	¿Los materiales de limpieza se encuentran en un lugar específico y son regresados a su lugar después de su uso?					
	¿Se realizan chequeos preventivos a los equipos?					
	¿Las ventanas se encuentran limpias y el área libre del polvo?					

Fuente: Elaboración propia

Con esta auditoría se comprobó que los elementos de limpieza luego de su uso no se regresaban al área asignada para su almacenamiento ya que se dejaban en algunos lugares que luego dificultaban las tareas de los operarios. También comprobó que los pasillos no se limpiaron correctamente ya que a pesar de que se logró eliminar el polvo y la tierra existente, el aceite y otros líquidos procedentes de los motores estaba presente en los pasillos por lo que se le dieron al personal de limpieza los elementos necesarios para la eliminación de estos.

Tabla 2.6: Formato para auditoría de Seiketsu – Estandarización

Lista de Chequeo de 5S						
Area: _____						
Revisado: _____						
Fecha: _____						
Actividad	Descripción del chequeo	Bajo 0	Medio 1	Alto 2	Muy Alto 3	Comentarios
ESTANDARIZAR	¿EL personal conoce los riesgos de no utilizar EPP?					
	¿Las condiciones de trabajo son óptimas para la salud?					
	¿El área esta debidamente señalada (pisos - letreros - distintivos)?					
	¿La empresa cuenta con implementos de seguridad necesarios para realizar las tareas?					
	¿La empresa cuenta con una red contra incendios o extintores en caso de incendio?					
	¿Los operadores cumplen a carta cabal las actividades relacionadas con los 3 primeros pilares?					
	¿La implementación de los 3 primeros pilares es eficiente?					

Fuente: Elaboración propia

Esta lista de chequeo demostró que la implementación de los 3 primeros pilares se llevó a cabo correctamente a pesar de que ocurrieron algunos incidentes que luego se resolvieron. Además, se determinó que la empresa contaba con todos los elementos de protección para la realización de las tareas.

La meta de la implementación fue contar con los 5 pilares al 100%, pero se logró un 80% que es un grado aceptable de implementación al ser esta un UEB pequeña y con personas a las cuales les costó adaptarse al comienzo durante la implementación fue un logro aceptable.

Implementación de Shitsuke – Disciplina, Propósito

La práctica del Shitsuke pretendió lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. Un trabajador se autodisciplina para mantener “vivas” las 5’s, ya que los beneficios y ventajas son significativos.

En lo que se refirió a la implantación de las 5's, la disciplina fue muy importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras "s" se deterioraría rápidamente. La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de la Clasificación, Orden, Limpieza y Estandarización, existe en la mente y en la voluntad de las personas y sólo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina y esto fue responsabilidad de la jefatura y la gerencia que brindaron su apoyo para motivar al personal a continuar trabajando en conjunto con las 5'S.

En este punto se elaboró al igual que los anteriores un formato de auditoría (ver Tabla 2.7), este mismo se calificó con los mismo criterios que en el punto anterior y se tuvo como meta máxima 100% y nivel aceptable un 80% del puntaje máximo.

Se determinó por medio de esta auditoría que algunos operadores no cumplían correctamente con sus responsabilidades por lo que se realizó una reunión con estos para hacerle un llamado de atención.

Además, se determinó que existían atrasos en los envíos de los reportes de estado técnico de los equipos por lo que se le hizo un llamado de atención al responsable de esta tarea.

Tabla 2.7: Formato para auditoría de Seiketsu – Disciplina

Lista de Chequeo de 5S						
Area: _____		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
Revisado: _____						
Fecha: _____						
Actividad	Descripción del chequeo	0	1	2	3	Comentarios
DISCIPLINA	Mantener el área limpia y ordenada "cumplir los 3 primeros pilares"					
	¿Los operadores cumplen responsablemente sus actividades?					
	Los trabajadores cumplen con la creación de reportes de manera oportuna y conciente?					
	Los trabajadores conocen las políticas de calidad y seguridad tanto personal como de los productos?					
	Se realizan controles sobre las actividades asignadas?					
	Cada trabajador porta de manera correctas su uniforme de trabajo?					

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Establecer un equipo TPM

La planta contaba con 60 personas en el área operativa y 44 personas en el área administrativa. Todas las personas ubicadas en la planta pudieron pertenecer al equipo TPM, para esto se propuso realizar una votación, los que querían pertenecer al equipo pudieron postularse y se eligió democráticamente quienes formarían parte del equipo. El equipo se conformó de la forma que se muestra en la Tabla 2.8:

Tabla 2.8: Distribución equipo TPM

Cargo	Líder	Sub Líder	Miembros de equipo
Cantidad	1	1	7

Para la formación de este equipo se espera que se distribuyan de la siguiente manera: -

- 1 Jefe de mantenimiento.
- 1 Ingeniero mecánico.
- 1 Ingeniero eléctrico
- 1 Ingeniero industrial.
- 2 Operadores
- 2 Mecánicos
- 1 Electricista

Al tener un equipo TPM diversificado tanto de funciones como de rango se le concedió una gran importancia para la toma de decisiones y la propuesta de nuevas ideas.

Paso 3: Comunicación del estudio y planificación del diagnóstico

Se establecieron reuniones con el personal del área de mantenimiento, fundamentalmente con los involucrados en las actividades de mantenimiento de los motores del emplazamiento. Se realizaron varios intercambios con el fin de evaluar el nivel de compromiso de los trabajadores con la entidad y su nivel de preparación. También se tuvo como objetivo reducir la resistencia al cambio, conocer cuál es el ambiente en la entidad para efectuar la investigación y evaluar la relación entre los implicados y el equipo de trabajo.

Paso 4: Diseño del plan TPM

El planeamiento comenzó 2 meses antes del evento TPM, en el cual:

1. Se seleccionó los motores de generación eléctrica candidatos para asumir la carga de generación y mantener la producción de energía que fueron los motores 3, 4, 5, 6, 7 y 8 que presentaban una disponibilidad superior al 80%. En este punto se eligieron los motores que generaban mayores pérdidas en el emplazamiento para realizarles el mantenimiento los cuales fueron los motores 1, 2, 9, 10, 11 y 12. Para elegir estos motores también se tuvo en cuenta muchos otros más factores como los materiales necesarios para realizar su mantenimiento y la opinión del jefe de mantenimiento y los operarios. (Ver anexo 9)
2. Se recopiló toda la información disponible para este modelo de máquina, por ejemplo, los manuales de usuario, manuales de mantenimiento, diagramas de circuito de control, los dibujos, el historial de mantenimiento durante los dos últimos años y se tuvo que calcular los indicadores OEE disponibilidad y rendimiento como se mostró en el capítulo 1 ya que la entidad no contaba con estos.
3. Se identificó los problemas repetitivos y crónicos por discutir con los operadores y técnicos de mantenimiento, algunos de estos fueron:
 - Excesivo nivel de aceite en el cárter.
 - Cojinetes principales desgastados.
 - Cojinetes de biela desgastados.
 - Fugas de aceite de un motor a otro.
 - Presión de aceite demasiado alta.
 - Altas temperaturas de trabajo del motor.
4. Se desarrolló un plan de acción de los equipos durante el evento de TPM y se aseguró que todas las herramientas necesarias y herramientas eléctricas estaban disponibles en cantidad suficiente para llevar rápidamente los motores a su mejor condición de funcionamiento, para esto se desarrolló la guía de mantenimiento que se muestra en el anexo 10.

Paso 5: Mantenimiento autónomo

Una cultura de TPM no se puede realizar sin la participación activa de todos los miembros de la empresa, para la implementación de este punto fue importante que la gerencia diera el ejemplo de involucramiento. Esto se hizo dando los recursos necesarios e informando a todo el personal de la implementación de esta herramienta.

Asimismo uno de los pilares del TPM es el mantenimiento autónomo, es decir que el personal se preocupe en mantener su área y equipo de trabajo como si fuera propio, a pesar de que los motores fueran un equipo especializado, la detección de fugas, desgaste de algunas piezas y la detección de la presencia de algunos síntomas de avería fueron actividades que pudieron ser ejercidas por los operadores ya que para ocupar este cargo la empresa se realiza una ardua capacitación de este personal y se logran alcanzar un cierto nivel de conocimiento sobre el mantenimiento de estos equipos. Esto solo se pudo lograr con el compromiso completo del personal y la fuerte cultura organizacional. También se incluyó en el plan de capacitación los temas relacionados con la investigación, en la tabla 2.9 se detalla las horas mensuales por persona que se invirtió.

Tabla 2.9: Horas de capacitación al personal por tema

Capacitación	Horas mensuales por persona
5'S	4
Capacitación TPM y formatos	8
Capacitación específica (mantenimiento a equipos)	20

La capacitación específica comprendió los temas de inspección de equipos, cambios de aceite, refrigerante, cambio de piezas básicas, lectura de tableros de control e indicadores, entre otros temas que no requirieron conocimientos técnicos avanzados. En cuanto al personal que luego del mantenimiento rutinario identificó algún desperfecto en los motores que no pudo solucionar, se realizó la comunicación al personal de mantenimiento para que realizara la inspección adecuada en el menor tiempo posible. Se confeccionó un formato de documento para ser llenado tanto por el encargado del equipo como por el técnico de mantenimiento designado para dar fe de que se emitió la identificación de un desperfecto (Ver Anexo 11).

Fase II: Implementar TPM paso a paso

En esta etapa la empresa ya se encontraba lista para empezar a realizar las medidas correctivas y de gestiones propias del TPM, para que esta etapa tuviera éxito fue importante que los anteriores puntos se cumplieran correctamente.

Paso 6: Preparar el área de la máquina

En este paso fue importante realizar nuevamente la inspección de área de trabajo y de los equipo ya que si por algún motivo se incumplió con algunos de los parámetro en este paso se le dio la solución, pero gracias a que se realizó una correcta implementación 5'S no se detectó ningún problema.

Paso 7: Preparar el mantenimiento

Una vez que el área de trabajo ya estaba despejada y limpia se debía proceder al apagado alternado de los motores 1, 2, 9, 10, 11 y 12 para realizar la limpieza de las partes internas pero debido a la situación actual del sistema electroenergético nacional donde existe un alto déficit de electricidad, no se pudo realizar las paradas y se tiene que esperar a que la situación del país lo permita. Luego de que la situación electroenergética se estabilice se debe realizar las inspecciones estándares y lubricado en caso de que sea necesario. Para esto se recomendó la revisión del programa de lubricación y limpieza de los motores (Anexo 12).

El personal que tiene que preparar los motores debe conocer toda la información básica de este y los controles que le permitan realizar la inspección general de manera eficaz, para esto se tiene que tener a la mano la ficha técnica de los equipos, en el anexo 13 se puede observar la ficha técnica del motor 1. En caso de que se encuentre algún dato o procedimiento relevante que no se encuentre en el manual se debe informar para que se implemente la inspección y se coloque en la agenda. Es necesario que se promueva la inspección autónoma, no hay que olvidar que una de las bases del TPM es el mantenimiento autónomo, y en este caso el que más conoce el equipo es el operario que se encuentra en él, darle a conocer los métodos de inspección de su propio equipo ayudaría a prevenir fallas y paradas de máquina.

Paso 8: Realizar el mantenimiento

Este paso no se pudo implementar por la ya antes mencionada situación electroenergética del país por lo que hay que esperar que se estabilice la situación. El área de trabajo y los motores a realizar el mantenimiento se encontrarían listos para proceder a realizar el respectivo mantenimiento programado, en este se debe dar seguimiento a todos los pasos y actividades mencionadas en el manual, asimismo se debe guardar un registro de todo lo que se realice al equipo para que en caso se puedan realizar mejoras al procedimiento si fueran necesarias. Es importante que todos

los miembros del equipo TPM tengan conocimiento de las mejoras y pasos realizados ya que esto puede también aplicarse a otros equipos.

Fase III: Seguimiento y control

El objetivo de esta etapa es determinar las deficiencias y establecer acciones con vistas a su mejora, además de destacar los resultados positivos. Además, se evalúan los resultados obtenidos y la implementación de las mejoras

Paso 9: Evaluar los resultados alcanzados

Luego de efectuó el respectivo mantenimiento es necesario evaluar los efectos que estos tuvieron en los motores y en la productividad de la empresa. El método que se escogió es la Efectividad Global de los Equipos, ya que este indicador fue usado en el capítulo 1 para analizar el estado de los motores.

La utilidad de tener un indicador para el TPM es que podemos darnos una idea de cuál es la meta a alcanzar, un OEE eficiente sería el que muestre los valores de:

Disponibilidad: 90%

Rendimiento: 95%

Otra meta sería la de disminuir el gasto por fugas a cero, ya que esto es posible con un plan de mantenimiento sostenido y detectando a tiempo las fugas a través de las inspecciones autónomas. Mejorando el OEE y reduciendo las fugas se podría cumplir con los planes de generación eléctrica. Asimismo, se esperaría la disminución del costo de horas extras en un 30% ya que la disponibilidad promedio aumentaría de 74,65% a un 80% este indicador debe estarse midiendo constantemente (Ver Anexo 14). Efectuar este cambio significa un 70% en reducción de paradas de equipo con lo cual se obtendría un ahorro equivalente en lo que son los costos por paradas. En cuanto a los gastos por fugas se espera a reducirlos en un 90% a través de estas mejoras. También se espera que el índice de rendimiento promedio aumente de un 66% a un 80%. En la tabla 2.10 observamos el ahorro a conseguir con una mejora de la disponibilidad a un 80%.

Tabla 2.10: Ahorro generado por la propuesta

Problema	Disponibilidad 80 %
Gastos por paradas de motores	\$ 126 366,800
Gastos incurridos en fugas en motores	\$ 225 486,486
Ahorro total anual	\$ 351 853, 286

Paso 10: Comunicación de los resultados

Los resultados que se esperan obtener luego de la aplicación de este nuevo sistema de gestión de mantenimiento en la empresa pueden ser informados en las asambleas de balance y reuniones que se realicen en la entidad, también se puede colocar en el mural existente en el emplazamiento.

Valoración económica, social y medioambiental de la solución.

Siempre que se aplique correctamente el sistema de gestión de mantenimiento propuesto y se le dé seguimiento, desde el punto de vista **económico** se puede originar los siguientes efectos:

- Se va lograr un ahorro para la organización que se traduce en ganancias.
- Al utilizar el nuevo sistema de mantenimiento se reduce el tiempo de parada ya que este permite el seguimiento de la evolución del defecto y aumenta la disponibilidad promedio de los motores de generación fuel.
- Se va a lograr extender la vida útil de los motores y sus piezas evitando la importación de estos caros equipos y piezas.

Desde el punto de vista **medioambiental**, se considera que el trabajo puede influir de la siguiente forma:

- En la empresa eléctrica se llevan a cabo importantes programas de protección ecológica y medioambiental, debido a que la mayoría utiliza sustancias químicas perjudiciales para el medio ambiente como lubricantes, grasas entre otros y este nuevo sistema de mantenimiento va a reducir la emisión de estos.
- El perfeccionamiento del sistema de limpieza y organización del cual se hizo énfasis va a permitir que la contaminación por lubricantes y aceites vertidos en el suelo se reduzca al mínimo.
- Al mantener los motores en un buen estado técnico se espera reducir las emisiones de gases tóxicos.

Desde el punto de vista **social** el trabajo realizado puede dar lugar a los siguientes efectos:

-Proporciona un mejoramiento continuo del desarrollo de los procesos de mantenimiento en la empresa.

-Ayuda al sistema electroenergético nacional proporcionando un suministro constante de electricidad que aligera la carga en la red nacional.

-Proporciona un entorno de trabajo seguro para el personal que labora en la entidad

-Ayuda a disminuir el déficit de electricidad en la red nacional aumentando la estabilidad de los servicios eléctricos en la provincia.

CONCLUSIONES

1. La revisión de diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con la gestión de mantenimiento tanto nacional como internacional, corroboró la necesidad de seleccionar un sistema de gestión de mantenimiento que aumentara la disponibilidad de la empresa.
2. Se seleccionó el procedimiento propuesto por Lixia Chen y Bo Meng que consta de 3 fases y 10 pasos el cual garantiza el aumento de la disponibilidad y rendimiento de los motores de la UEB EMGEF de Felton.
3. La aplicación del procedimiento en la UEB EMGEF de Felton, posibilita que se produzca una reducción pérdidas de velocidad del proceso así como averías y fallos en los equipos además de pequeñas paradas. Se debe tener en cuenta que para que esto ocurra se debe estabilizar la situación electroenergética nacional para poder realizar el paso 7 y 8 correctamente y alcanzar los resultados esperados.
4. Se comprobó a través de la aplicación del procedimiento que el principal activo de la UEB EMGEF de Felton es el personal que la conforma, por lo tanto ninguna herramienta por muy potente que sea no servirá mientras las personas que la manejan no son las idóneas.

RECOMENDACIONES

1. El planeamiento del mantenimiento debe comenzar meses antes de la implementación, esto permite asegurar todos los datos, posibles problemas y el cronograma de trabajo por máquina. Si se desarrolla un planeamiento apresurado puede que no se lleguen a los resultados esperados.
2. Se recomienda promover la mejora continua en la organización, esto debe ser uno de los pilares del equipo TPM para que estén en todo momento atentos a los aspectos que se pueden mejorar del procedimiento propuesto.
3. Se recomienda tomar en cuenta el tema de seguridad y salud en el trabajo, una de las ventajas del TPM es que puede ayudar a la reducción de accidentes, así que se recomendaría intentar una implementación conjunta de TPM con un programa de seguridad y salud ocupacional.
4. Así como el OEE, existen varios indicadores para medir el progreso de la implementación de TPM. Se recomienda usarlos para medir el progreso desde otro punto de vista.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar Del Oro, Y. ((2012)). *"Procedimiento para la determinación del tipo de mantenimiento a partir del Análisis de Riesgo"*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara, Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. (2009). *"Procedimiento para la asistencia decisional al proceso de tercerización de la ejecución del mantenimiento"*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara. Cuba.
3. Álvarez, E. F. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*
4. Borroto Pentón, Y. ((2005)). *"Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara"*. Departamento de Ingeniería Industrial Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
5. Campbell, J. D. a. R.-P., James. (2006). *Uptime, 2nd Edition: Strategies for Excellence in Maintenance Management*, Productivity Press, ISBN 978-1-56327-335-3.
6. Castellanos López, I. ((2015)). *Selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento del Gran Hotel "Los Helechos"*. Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas.
7. Cedeno, A. (Abril, 2004). *Mejoramiento continuo de las empresas*. (Revisión 23 de setiembre de 2012).
8. Cuba, C. C. d. P. C. d. (Junio / 2021). *LINEAMIENTOS DE LA POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL DEL PARTIDO Y LA REVOLUCIÓN PARA EL PERÍODO 2021-2026*.
9. CHEN L, M. B. (2011). *The Three-stage Method for Chinese Enterprises to Deploy TPM*. *Management Science & Engineering* [serial online]. Available from: Academic Search Complete, Ipswich, MA.
10. De La Paz Martínez, E. M. (2011). *"Una nueva visión en la Gestión del mantenimiento"*. *Nuevas herramientas para la gestión de la ingeniería del mantenimiento y sus aplicaciones*. Delegada COPIMAN, Cuba.

11. Díaz Cajas, C. S. ((2008)). "Automatización del Análisis de modos de fallas y efectos FMEA en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industria ecuatoriana". Escuela politécnica nacional. Quito,Ecuador.
12. Díaz, R. (2014). "*Definición de la política de mantenimiento para el equipamiento productivo de la UEB "Elpidio Sosa" de la Electroquímica de Sagua la Grande a partir de la metodología de Análisis de riesgo*". Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara ,Cuba.
13. Dorta Herrera, S. ((2009)). Manual de Gestión Generación Distribuida de Electricidad en Cuba, Comité Central del Partido Comunista de Cuba.
14. Douglas, S. ((2000)). Effective process improvement developing poka-yoke processes.
15. Dvorak, P. ((1998)). Poka-yoke designs make assemblies mistakeproof. (Revisión 23 de setiembre de 2012).
16. Espinosa Fuentes, F. (2006). "*Metodología para inovación da gestão de manutenção industrial*". Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Brasil.
17. García Garrido, S. ((2010)). "Organización y gestión integral de mantenimiento". SG Garrido - 2010 - books.google.com.
18. García González-Quijano, J. ((2004)). "Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)". Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
19. González Rocha, Á. M. y. M. B., Leonardo ((2006)). "*Modelo Gerencial de Mantenimiento para la Planta Manufacturas de Cemento S.A.*" Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Colombia.
20. Hernández, -. O. C., R. . ((2007)). Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una Región semiárida en el sur del desierto Chihuahuense, México. .
21. Ho, S. ((Mayo, 1999)). 5-S practice: The first step towards total quality management. (Revisión 20 de setiembre de 2012).

22. Hourné Calzada, M., Díaz Concepción, A. . ((2012)). Análisis de criticidad de grupos electrógenos de la tecnología fuel oil en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. No. 3, julio- septiembre,. *Vol. 21*, pp. 55-61.
23. Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2013). *Sostenibilidad: Orientación en la gestión del mantenimiento: Estudio de caso*.
24. Jones, J. P. W. a. D. T. (1996). *Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* New York, NY: Free Press, Simon & Schuster.
25. López García, J. ((2013)). "Gestión del Mantenimiento eficiente: Las cinco generaciones del mantenimiento". .
26. LLosas Albuérne, Y. ((2010)). *La generación distribuida y sus beneficios en Cuba*.
27. Montoya Sirvent, F. ((2017)). *El mercado de Equipos de Generación Eléctrica en Cuba*.
28. Mora Gutiérrez, A. ((2009)). "Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. Enfoque Sistemático Kantiano", Medellín, Colombia.
29. Mora Gutiérrez, A. ((2012)). "Mantenimiento Industrial Efectivo". Editorial Coldi. Medellín, Colombia. .
30. Muñoz, B. (2014). "*Mantenimiento Industrial*". Universidad Carlos III de Madrid.
31. Nieto Martínez, A., Villalba, W. y Olmos, L. . ((2015)). "Outsourcing de mantenimiento, una alternativa de gestión de activos en el sector productivo de bienes y servicios". *Cuaderno Activa,, Vol. 7*, pp. 123-134.
32. Olives Masip, R. ((2015)). "Mantenimiento preventivo". Dirección General de Relaciones Laborales y Calidad en el Trabajo. Barcelona.
33. Önder, M. (2014). *Mantenimiento como colaborador en sistemas de producción ecológicos: entrevistas con Volvo, Scania y Dynamate*.
34. Parra Márquez, C. A. ((2012)). "Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos". INGEMAN. Sevilla, España.
35. Peña Vasconcellos, L. T. (2015). "*Selección del tipo de mantenimiento basado en el análisis de riesgo en la Unidad Básica Textil "Desembarco del Granma", Villa Clara*".

36. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. , Santa Clara, Cuba.
37. Pérez Borrajo, A. ((2014)). "Desarrollo de un procedimiento de Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la Planta de Producción del Centro de Bioactivos Químicos". Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
38. Pérez, C. R. (2016). Mantenimiento Basado en Riesgos para el motor de tecnología MAN B&W Diesel de la Central Eléctrica Sancti Spíritus.
39. Pérez González, W. ((2016)). *Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento del sistema de abasto de agua caliente en el Hotel Playa Cayo Santa María*. Universidad Central Marta Abreu de las Villas., Santa Clara, Cuba.
40. Ramírez, J. A. R. (2003). Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora
41. Rodríguez Díaz, Y. ((2014)). *Definición de la política de mantenimiento para el equipamiento productivo de la UEB "Elpidio Sosa" de la Electroquímica de Sagua la Grande a partir de la metodología de Análisis de riesgo*. . Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. , Santa Clara ,Cuba.
42. Rodríguez Machado, A. ((2012)). "Manual de Gestión del Mantenimiento". Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Departamento de Ingeniería Industrial. Santa Clara, Cuba.
43. Roy, R., Stark, R. y Tracht, K. ((2016)). Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 65, pp. 667-688. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.006>.
44. Soltan, H. y. M., S (2014). Esbeltez y agilidad en el proceso de mantenimiento.
45. Stefano, L. ((2006)). "Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators". Universidad de Pisa. Italia.
46. Truong, B. H., Cholette, M.E, Borghesani, P., Zhou, Y. B. ((2017)). "Opportunistic maintenance considering non-homogenous opportunity arrivals and stochastic opportunity durations". Reliability Engineering and System Safety, Vol. 160, pp. 151 - 161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.12.011>.

47. Velandia, R. ((Noviembre, 2009)). Una herramienta de mejoramiento continuo. Global Network Content Services LLC, DBA Noticias Financieras LLC. Business And Economics--Economic Situation And Conditions (Revisión 20 de setiembre de 2012).
48. Wang, W. ((2010)). "A model for maintenance service contract design, negotiation and optimization". European Journal of Operational Research., Vol. 201 , No. 1, pp. 239– 246.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221709001131>.

ANEXOS

Anexo 1

El cálculo de la Efectividad Global de los motores se puede determinar de la siguiente forma:

Disponibilidad

Es el tiempo de operación expresado como porcentaje del tiempo disponible, para calcularlo se le debe restar del tiempo calendario las paradas programadas (mantenimiento programado, pérdida por fallos administrativos o de control) y el tiempo perdido por paradas (Averías y fallos de equipo,). Finalmente se divide el resultado sobre el tiempo disponible y se multiplica por 100.

$$\textit{Disponibilidad} = \frac{(\textit{TO} - \textit{PP}) - \textit{PNP}}{(\textit{TO} - \textit{PP})} \times 100$$

Dónde:

TO = Tiempo de operación de los motores

PP = Paradas programadas medidas en horas.

PNP = Paradas no programadas medidas en horas.

Índice de Rendimiento

El rendimiento de los motores expresa la producción actual como porcentaje del ratio de la producción estándar. El ratio de producción estándar es equivalente a la capacidad con la cual fue diseñada y la capacidad intrínseca en particular.

$$\textit{Índice de Rendimiento} = \frac{\textit{Ratio de producción actual}}{\textit{Ratio de producción standart}}$$

$$\textit{Ratio de producción actual} = \frac{\textit{Producción actual}}{\textit{Tiempo de operación}}$$

Nakajima sugiere que los valores ideales para el OEE están en:

-Disponibilidad: 90%

-Rendimiento: 95%



Anexo 2

Matriz de comparación

Procedimiento Criterios	(Ramírez ,2003)	(Lixia Chen y Bo Meng 2010)	(Soltan, H. y Mostafa, S, 2014)	(Rubio, 2011)	(Barrios, 2018)
Impacto ambiental	0	1	1	0	1
Disponibilidad de los equipos	0	1	0	0	0
Informatización	1	0	0	1	1
Impacto social	1	1	1	1	1
Reducción de riesgos	0	1	1	0	0
Estabilidad a largo plazo	1	1	1	0	0
Rendimiento de los equipos	0	1	0	0	1
Viabilidad	0	1	1	1	0

Anexo 3

Formato de asistencia a las charlas de 5'S

REGISTRO DE ASISTENCIA

Tema: 5'S, forma de implementarse

Expositor: Luis Enrique López Espinosa

Fecha: 9-8-2022 Hora de inicio: 9:00 am Hora final: 9:30 Duración: 30 min

No	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	FIRMA
1	Yamila Martínez Zayas	Auxiliar de limpieza	
2	Roberto Ronda Pérez	Operador	
3	Yasmani Ávila Pupo	Jefe de Mtto	
4	Zaragoza Rodríguez Parra	Jefe de Seguridad	
5	Aramís Asti López	Mecánico	
6	Yudelquis Gonzales Campos	Jefe del grupo técnico	
7	Diosdado Moyé Barguste	Director UEB	
8	Carlos Parada Sánchez	Electricista	
9	Jorge Almira Céspedes	Operador	
10	José Luis Almira Caballero	Operador	

Anexo 4

Formato de clasificación de materiales

Clasificación de materiales

Área: Emplazamiento de motores

Fecha: 11-10-2022

Responsable: Operadores de turno

Inspector: Jefe de turno

CANTIDAD	ELEMENTO	TRANSFERIR O DESECHAR	COMENTARIOS
3	Cubo	Transferir	Se debe colocar en el cuarto de implementos de limpieza
10	Calzo de goma	Transferir	-
12	Bases de madera	Transferir	-
2	Trapeador	Transferir	Se debe colocar en el cuarto de implementos de limpieza
2	Escoba	Transferir	Se debe colocar en el cuarto de implementos de limpieza
2	Gato	Transferir	-
15	Herramientas	Transferir	-
1	Mascara de soldar	Transferir	-
3	Tablón de madera	Desechar	-
4	Engranaje	Desechar	-

Anexo 5

Formato de Tarjeta roja

TARJETA ROJA	
Categoría	1. Equipo 2. Herramientas 3. Instrumentos de medida 4. Piezas 5. Material de oficina 6. Otros
Nombre de elemento	<input type="text"/>
NO Serie	<input type="text"/>
Cantidad	<input type="text"/>
Razón	1. No necesario
	2. Defectuoso
	3. No necesario pronto
	4. Material de des echo
	5. Uso no conocido
Elaborada por:	<input type="text"/>
Método de descarte	<input type="text"/>
Fecha actual:	<input type="text"/>
Comentarios :	<input type="text"/>

Anexo 6

Formato de Inventariado de materiales con Etiqueta Roja

INVENTARIO DE MATERIALES CON ETIQUETA ROJA

Fecha de elaboración: _____

Elaborador por: _____

CANTIDAD	ARTICULO	JUSTIFICACIÓN	TRANSFERIDO A
3	Cubo	No se necesita en el momento	Cuarto de limpieza
10	Calzo de goma	Quedo del Mantenimiento	Almacén
12	Bases de Madera	No son necesarias	Almacén
2	Trapeador	No se necesita en el momento	Cuarto de limpieza
2	Escoba	No se necesita en el momento	Cuarto de limpieza
7	Cajas de cartón	Basura	Vertedero
15	Herramientas	No se necesita en el momento	Taller
1	Mascara de soldar	No se necesita en el momento	Taller
3	Tablón de madera	En mal estado	Vertedero
4	Engranaje	En mal estado	Vertedero

Anexo 7

Formato para almacenar equipos/materiales

FORMATO DE ORDEN Y ALMACENAMIENTO		
FECHA: _____		
INSPECTOR: _____		
Elemento/artículo	Lugar de almacenamiento	Responsable

Anexo 8

Formato de inspecciones generales de limpieza

PUNTOS A CHEQUEAR EN LAS ACTIVIDADES DE LIMPIEZA		
Elementos del stock		
Nº	PUNTOS A CHEQUEAR	REVISADO
1	¿Ha eliminado toda suciedad y polvo de productos y piezas?	
2	¿Ha quitado el óxido que se acumula en piezas que se han mecanizado o lavado?	
3	¿Ha eliminado la suciedad de los estantes de almacenaje de stock?	
4	¿Ha eliminado la suciedad de los puntos de almacenaje de materiales en proceso?	
5	¿Ha eliminado la suciedad de los palets usados para transportar materiales y piezas?	
Equipo		
1	¿Ha eliminado la suciedad y el aceite de la vengidad del equipo?	
2	¿Ha eliminado el aceite, desechos y agua de debajo del equipo?	
3	¿Ha quitado la suciedad, polvo y aceite que se acumula encima del equipo?	
4	¿Ha eliminado las manchas de aceite o huellas de dedos de los laterales y cubiertas de la seccion de control del equipo?	
5	¿Ha quitado la suciedad de los huecos de cristal tales como los de los indicadores de nivel de aceite o presión neumática?	
6	¿Ha eliminado la suciedad de interior de cubiertas y tapas del equipo?	
7	¿Ha eliminado la suciedad polvo y aceite de los tubos neumáticos y cables electrónicos?	
8	¿Ha eliminado la suciedad, polvo y aceite de los sensores de contacto y todos los demas sensores	
9	¿Ha quitado la suciedad y polvo de bombillas y tubos?	
10	¿Ha eliminado el aceite y suciedad de dientes y superficies de mecanismos graduados?	
11	¿Ha eliminado el polvo y la suciedad de plantillas y herramientas de corte?	
12	¿Ha eliminado las manchas de aceite de los útiles?	
13	¿Ha eliminado la suciedad y polvo de los instrumentos de medida?	
Espacios		
1	¿Ha eliminado la arean, polvo suciedad y desechos de suelos y pasillos?	
2	¿Ha eliminado los charcos de aceite y de agua de suelos y pasillos?	
3	¿Ha quitado el polvo y suciedad de paredes, ventanas y antepecho?	
4	¿Ha eliminado la huellas de dedos y polvo de los cristales y ventanas?	
5	¿Ha eliminado la suciedad y polvo de techos y vigas de apoyo?	
6	¿Ha eliminado el polvo de bombillas y fluorecentes?	
7	¿Ha quitado el polvo de accesorios de luces? (lámparas, interruptores, etc)	
8	¿Ha eliminado el polvo y suciedad de estantes y mesa de trabajo?	
9	¿Ha retirado desechos y eliminado el polvo de cajas y escaleras?	
10	¿Ha retirado la suciedad y polvo de fondos de esquinas de pilares y paredes?	
11	¿Ha retirado los desechos y contenedores vacíos de la vengidad del edificio?	
12	¿Ha limpiado las paredes exteriores del edificio?	
_____ (Firma del Jefe de Prod) Fecha:		_____ (Firma del operador) Fecha:

Anexo 9

Formato de criticidad de los motores

Ítem	Descripción	Ponderación						Puntaje	Valoración
		1	2	3	4	5	6		

1- Seguridad (el daño afecta al operador o medio ambiente)

2- Costos (la máquina es costosa)

3-Dependencia logística (mucho tiempo en reparar y o comprar)

4- Dependencia de la mano de obra (repara el personal o por terceros)

5- Facilidad de reparar

6- Flexibilidad en el sistema (es único, continuo)

1- trivial

2- regular

3- bueno

4- importante

6- imprescindible



Anexo 10

Guía de Mantenimiento

No. de Sección	Descripción ■ : Revisión Planeada ◆ : Confirme después de Revisión/Nuevo © : Basado en Observaciones	Intervalo de Revisión										Comentario			
		Otros	200	1,000	2,000	3,000	6,000	9,000	12,000	15,000	18,000		21,000	24,000	
M15000	Los tornillos mayores y – Reapriete para la Cabeza del Cilindro		◆												◆:Confirme apretamiento después de revisión
M33200	Tuerca para el Peso del Contador		◆				■								
M13250	Tuerca para la Gorra Productiva Principal		◆				■								
M31000	Tuerca para varilla que une		◆				■								
M25000	Tuerca para el Árbol de levas		◆				■								
M35300	Tuerca por Cronometrar los Vestidos		◆				■								
	Los tornillos para el Bloque de la máquina y Base		◆				■								
	Los tornillos para Turbo cargador		◆				■								
M13250	Los Cojinetes mayores - la Inspección Los cojinetes principales												■		
M13250	Cojinetes del Cigüeñal (Tolerancia axial del cojinete de cigüeñal y biela)												■		
M32120	Cojinete pequeño de biela (Cojinete de Biela y Pistón)									■					
M25000	Cojinete del árbol de levas(Tolerancia del cojinete de biela pistón)									■					
M11100	Las Soportes elásticos – la Inspección		◆					■							
	El soporte elástico - Re apriete														
	El tornillo para el marco de la base y soporte elástico		◆					■							
	La tuerca para el soporte elástico y su estructura		◆					■							
M21200	La Unidad del cilindro y Biela - la Inspección.														
M15000	Válvula de entrada/salida asientos y Guías									■					
M21300	Espacio para el agua de enfriamiento en La Cabeza del cilindro. Verificando & el Ajuste de Despacho de aduanas de V/V		◆		©										
M15100	La Válvula de de alivio									■					
M31100	El Transatlántico del cilindro – Reacondicionando (Afilando)									■					
M31000	El pistón, Alfiler del Pistón y Anillos del Pistón									■					
M32130	El Taladro de Grande-fin de medida, el Despacho de aduanas del Cheque,														
	Los volante Vestido Margen Dientes El cigüeñal - la Desviación Verifica														
M33100	El Torsional Vibración Apagador: La muestra fluida														
	Los Vestidos cronometrando y Vestidos de Impulso de Bomba												■		
M35300	(El despacho de aduanas y cheque de la repercusión negativa)												■		Solo para humedad fuerte
M23000	La válvula el Mecanismo de operación El Árbol de Rodillo de appet y									■					
M21210	Verifique el Despacho de aduanas)									■					
M23000	Contact Faces of Cam and Tappet Roller	©													

Anexo 10 (continuación)

No. Section	Descripción ■ : Reparo Planeado ◆ : Confirme despues de Reparo/Nuevo ◎ : basado en observacion	Intervalo de Reparo											Comentarios		
		Others	200	1,000	2,000	3,000	6,000	9,000	12,000	15,000	18,000	21,000		24,000	
G40000	Controle el Sistema - el Cheque de la Función Gobernador empareje - el Cheque de la Función	■													Semanal
G45001	Verifique Gobernador Nivel de Aceite	■													Diario
M45200	(Vea el Manual para Gobernador)	◎													Aclaramiento Normal : 1.0-2.0 mm
G05100	Controle el Sistema - el Cheque de la Función Gobernador Linkage - el Cheque de la Función	■													Cada Bunkering
M51100	Verifique Gobernador Nivel de Aceite	◎													Reemplace si es necesario
M52000	(Vea el Manual para Gobernador)	◎	◆												
M56000		◎													
G06200	La RPM las Recogidas- el Claridad/Seguridad Dispositivo Cheque	■													Mensual
M61000	La temperatura / los Interruptores de Presión	◎													
M62000	Controle el Sistema - el Cheque de la Función	◎													
M63000	Gobernador Linkage - el Cheque de la Función	◎													
M67000	Verifique Gobernador Nivel de Aceite	■													Mensual
G60000	(Vea el Manual para Gobernador)							■							
G07100	La RPM las Recogidas- el Claridad/Seguridad Dispositivo Cheque														
M71000	La temperatura / los Interruptores de Presión	◎						◎							
G70000	Controle el Sistema - el Cheque de la Función							■							
O02300	Gobernador Linkage - el Cheque de la Función	■													Mensual
G40000	Verifique Gobernador Nivel de Aceite (Vea el Manual para Gobernador)	◎													Samanal
	La RPM las Recogidas- el Claridad/Seguridad Dispositivo Cheque	■													Diario
	La temperatura / los Interruptores de Presión	■													
0	Controle el Sistema - el Cheque de la Función Gobernador Linkage - el Cheque de la Función	◎													Cada 500hrs Corriente
M80000	Verifique Gobernador Nivel de Aceite (Vea el Manual para Gobernador)	◎													Cada 200hrs Corriente
M84000	La RPM las Recogidas – el Claridad/Seguridad Dispositivo Cheque	◎													Cada24~50hrsCorriente e Semanal

Anexo 11

Formato de identificación de desperfectos para mantenimiento

TARJETA DE MANTENIMIENTO	Departamento:		Área :	
	Equipo :		Fecha de solicitud :	
Nro	Punto de mantenimiento y descripción	Fecha de mantenimiento	Técnico de mantenimiento	Confirmación

Anexo 12

Lubricación y limpieza – Programa De Mantenimiento

#	Modo de falla	Tipo de Equipo	Actividad de mantenimiento	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Personal	Ocurrencia
1	Suciedad del equipo	Todos los equipos	Preventivo	Limpieza	Semanal	Operador/ Mecánico	
2	Fugas de lubricante	Todos los equipos	Preventivo	Inspeccionar mangueras, puntos de lubricación	Semanal	Operador/ Mecánico	
3	Calentamiento de los rodamientos	Todos los equipos	Correctivo	Verificar lubricación de rodamientos. Medir temperatura	Cuando ocurre la falla	Operador/ Mecánico	
4	Contaminación del aceite o grasa lubricante	Todos los equipos	Preventivo	Verificar operación normal de otros sistemas	Diario	Operador/ Mecánico	
5	Fuga de lubricante a otro motor	Todos los equipos	Preventivo	Inspeccionar	Diario	Operador/ Mecánico	

Anexo 13










Ficha Técnica del motor 1

Empresa de Mantenimiento de Grupos Electrógenos Fuel					
Ficha del estado técnico actual de equipo					
Marca /Modelo:	HIMSEN 9H 25/33	Configuración del cilindro	Línea de entrada	Promedio de la Presión Eficaz	24.7 bar
Fabricante	HYUNDAI	Número de Cilindro	9	Promedio de la Velocidad del Pistón	8.3 m/s
Año	2009	Velocidad de operación	900 rpm	El Volumen de barrido por el Cilindro	16.2 dm ³
Tipo de motor	El 4-golpe, la inyección vertical, directa, la sola acción y tipo de pistón de tronco con el turbo cargador y enterrar - refrigerador	Orden de encendido de los cilindros	1 – 3 – 5 – 7 – 9 – 8 – 6 – 4 – 2	Potencia por Cilindro	250 kW
Estado actual de los componentes			Estado actual de manera general		Regular
Componentes	Estado de condición				
	Bueno	Regular	Malo		
Sistema de arranque	x				
Sistema de combustible		x			
Sistema de enfriamiento		x			
Sistema de lubricación de aceite		x			
Turbo cargador	x				
Bloque del Motor		x			
Sistema de instrumentación y control	x				



Anexo 14

Indicador de Disponibilidad de un equipo

DEFINICION DE INDICADOR DISPONIBILIDAD DE UN EQUIPO		VERSION:	PAGINA:						
		01	1 de 1						
		CODIGO: xx							
1. OBJETIVO DEL INDICADOR: Obtener una disponibilidad mensual del 90%									
2. FORMULA / CALCULO: $\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación}}{\text{Tiempo disponible}} \times 100$									
3. CARACTERISTICAS DEL INDICADOR: Semáforo: <table border="1"><tr><td></td><td>Igual o mayor al 90%</td></tr><tr><td></td><td>Entre 80% y 90%</td></tr><tr><td></td><td>Menor de 80%</td></tr></table>					Igual o mayor al 90%		Entre 80% y 90%		Menor de 80%
	Igual o mayor al 90%								
	Entre 80% y 90%								
	Menor de 80%								
4. RESPONSABLE DE GESTION: Jefe de Planta									
5. PUNTO DE LECTURA E INSTRUMENTO: Punto de Lectura: Área de producción Instrumento: Excel									
6. MEDICION Y REPORTE: Frecuencia de Medición: Mensual (inicio de cada mes)		Reporte: Mensual Responsable: Supervisor de Mantenimiento							
7. USUARIOS: Jefe de Planta, Supervisor de Mantenimiento , Técnicos.									
8. RELACIONES CAUSA EFECTO: <table border="1"><tr><td>Disponibilidad</td><td>↑</td><td>←-----→</td><td>Productividad</td><td>↑</td></tr></table>				Disponibilidad	↑	←-----→	Productividad	↑	
Disponibilidad	↑	←-----→	Productividad	↑					