ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“METODOLOGÍA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA ELEVAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WARTSILA LNGD16V32 UBICADOS EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN SECOYA”

AUTOR: ING. LISANDRO ELÍAS LESCANO VELASCO

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGISTER EN GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

Mayo 2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado: "METODOLOGÍA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA ELEVAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ LNGD16V32 UBICADOS EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN SECOYA", de responsabilidad del Sr Lisandro Elías Lescano Velasco ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. PHD. Fredy Proaño Ortiz
PRESIDENTE _____

Ing. PHD. Julio Pérez G.
DIRECTOR DE TESIS _____

Ing. PHD. Rafael Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL _____

Ing. PHD. Marcelo Navarro
MIEMBRO DEL TRIBUNAL _____

Riobamba, Mayo 2018

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Lisandro Elías Lescano Velasco soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

……
LISANDRO ELÍAS LESCANO VELASCO
No. Cédula: 180381429-0

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Lisandro Elías Lescano Velasco, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

……

LISANDRO ELÍAS LESCANO VELASCO

No. Cédula: 180381429-0

AGRADECIMIENTO

Me gustaría transmitir mi más profundo agradecimiento y cariño a las tres personas que me acompañan todos los días, por hacer gala de una envidiable paciencia y comprensión, mi esposa Alexandra, mis hijos Carolina y Santiago. A mis padres Elías y Cecilia ya que con su ejemplo me han motivado a superarme para ser cada día mejor.

Mi gratitud al Instituto de Postgrado y Educación Continua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, a sus profesores, a la empresa Wärtsilä Ecuador y sus directivos por facilitar el tiempo e información para el desarrollo del trabajo presentado.

Un agradecimiento especial al Dr. Julio Pérez G., Dr. Rafael Pérez y Dr. Marcelo Navarro. Quienes han compartido sus conocimientos y amistad durante el tiempo que ha durado la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Paginas

RESUMEN ..... **xii**

SUMMARY ..... **xiii**

CAPÍTULO ..... **I**

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN **1**

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Problema de investigación 3

1.2. Planteamiento del problema 4

1.3. Formulación del problema 4

1.4. Sistematización del problema 5

1.5. Justificación de la investigación 5

1.6. Justificación Práctica 7

1.7. Justificación metodológica 7

1.8. Objetivos 8

1.8.1 Objetivo General. 8

1.8.2 Objetivos Específicos 8

1.9. Hipótesis 8

1.10. Variables 8

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL ARTE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MECÁNICOS CON ÉNFASIS DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD 9

2.1. Gestión de mantenimiento. 9

2.1.1. Determinación del nivel de gestión de Mantenimiento de la empresa 10

2.1.2. Lineamiento para las auditorias de mantenimiento: Norma Covenin 2500-93 11

2.1.3. Auditoria de Mantenimiento 12

2.1.4. Indicadores de gestión de mantenimiento. 13

2.2. Conceptos de mantenimiento. 19

2.2.1. Tipos de mantenimiento 20

2.3. Metodologías aplicadas para la gestión de mantenimiento 25

2.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM) 25

2.3.2. El ciclo P.H.V.A (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) de mejora continua 26

2.3.3. Gestión a la Calidad Total TQM 26

2.3.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM 27

2.3.5. Estrategia de las 5s 28
2.4. Herramientas para la gestión 29
2.4.1. El CMMS (Computerized Maintenance Management System). 29
2.4.2. Monitoreo de Condiciones 31
2.4.3. Sistema Experto 32
2.4.4. KPI's (Indicadores Clave de Rendimiento) 33
2.4.5. El Internet 33
2.4.6. RCA (Análisis de Causa Raíz) 33
2.5. Descripción de equipos de la planta de generación secoya 34
2.5.1. Motores Wärtsilä 16V32LNGD 34
2.6. Conclusiones del capítulo II 37
CAPÍTULO III
3. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA ELEVAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD UBICADOS EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN SECOYA 39
3.1. Principios teóricos y metodológicos para la solución del problema 39
3.1.1. Métodos teóricos que sustentan la solución 40
3.2. Modelo teórico del sistema de mantenimiento de los grupos electrógenos 16v32lngd de la empresa wärtsilä ecuador. 42
3.2.1. Entradas 43
3.2.2. Componentes del sistema de mantenimiento 44
3.2.3. Salidas 46
3.3. Metodología General de Gestión de Mantenimiento para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador 46
3.3.1. Módulo del diagnóstico Actual del sistema de gestión de Mantenimiento 49
3.3.2. Módulo de uso de la Matriz FODA 50
3.3.3. Diseño del Sistema de Mejora para incrementar la Disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD. 51
3.4. Conclusiones del capítulo III. 56
CAPÍTULO IV
4. APLICACIÓN PARCIAL DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 57

4.1. Diagnóstico del sistema actual del sistema de gestión de mantenimiento del área de operación y mantenimiento de wärtsilä ecuador basada en la norma covenin 2500-93.....57
4.1.1. Área I: organización de la empresa.....57
4.1.2. Área II: Organización de mantenimiento 60
4.1.3. Área III: Planificación de mantenimiento 66
4.1.4. Área IV: Mantenimiento programado......71
4.1.5. Área V: Mantenimiento correctivo 77
4.1.6. Área VI: Personal de mantenimiento. 82
4.1.7. Área XII: Apoyo logístico......87
4.2. Análisis de resultados de la auditoria que se realizó al sistema de gestión de mantenimiento que actualmente posee wärtsilä Ecuador 90
4.3. Resultados de las encuestas 92
4.3.1. Análisis del modelo interno......94
4.3.2. Análisis del medio Externo. 95
4.4. Matriz F.O.D.A......96
4.5. Plan de acción.....98
4.5.1. Beneficios del plan de acción.....100
4.6. Resultados Parciales.....100
4.6.1. Validación de los resultados parciales usando herramientas estadísticas con el método del chi cuadrado. 103
4.7. Conclusiones del capítulo 4......105
CONCLUSIONES.....107
RECOMENDACIONES.....108
GLOSARIO
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Disponibilidad de la planta de generación Secoya año 2015 3

Figura 2-1 Costos por mantenimiento, energía no suministrada, mano de obra y repuestos de 8000 horas de funcionamiento (Wärtsilä, 2015). 4

Figura 3-2 Viejo paradigma del mantenimiento 13

Figura 4-2 Nuevo paradigma del mantenimiento 14

Figura 5-2 Indicadores de Gestión de Mantenimiento 18

Figura 6-2 Tipos de Mantenimiento 21

Figura 7-2 Motor Wärtsilä 16V32LNGD 36

Figura 8-2 Motor Wärtsilä LNGD16V32 37

Figura 9-3 Modelo de sistema de mantenimiento aplicada para grupos electrógenos 16V32LNGD de Wärtsilä Ecuador. 43

Figura 10-3 Metodología general de gestión de mantenimiento para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador 48

Figura 11-3 Proceso de evaluación del sistema de gestión de mantenimiento actual 49

Figura 12-3 Matriz FODA 50

Figura 13-3 Fortalezas en Oportunidades, Debilidades en Amenazas 51

Figura 14-3 Módulo de Planificación para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador 52

Figura 15-3 Soporte del proceso propuesto para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador 53

Figura 16-3 Estructura del Proceso de Ejecución del Mantenimiento propuesto para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador. 54

Figura 17-3 Estructura del Proceso de Control y Mejora propuesto para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador. 55

Figura 18-4 Evaluación porcentual de las áreas del sistema de gestión de mantenimiento.. 91

Figura 19-4 Resultado de evaluación al personal de operación y mantenimiento de Wartsila Ecuador 93

Figura 20-4 Resultados parciales de la aplicación de la metodología propuesta. 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2 Ejemplo de tareas de mantenimiento programado 22
Tabla 2-2 Ejemplo de espectro del Mantenimiento Predictivo. 23
Tabla 3-2 Funciones y Responsabilidades 58
Tabla 1-4 Autoridad y Autonomía 58
Tabla 2-4 Sistema de información..... 60
Tabla 3-4 Sistema de información..... 60
Tabla 4-4 Funciones y responsabilidades en Organización de Mantenimiento 62
Tabla 4-4 Funciones y responsabilidades en Organización de Mantenimiento 62
Tabla 6-4 Autoridad y Autonomía en Organización de Mantenimiento 63
Tabla 7-4 Autoridad y Autonomía en Organización de Mantenimiento 63
Tabla 8-4 Evaluación de los Sistemas de Información en Organización de Mantenimiento 65
Tabla 9-4 Objetivos y Metas en Planificación de Mantenimiento 67
Tabla 10-4 Objetivos y Metas en Planificación de Mantenimiento 67
Tabla 11-4 Políticas para Evaluación de Planificación de Mantenimiento 68
Tabla 12-4 Políticas para Evaluación de Planificación de Mantenimiento 68
Tabla 13-4 Control y Evaluación de Planificación de Mantenimiento 70
Tabla 15-4 Planificación en Mantenimiento Programado..... 72
Tabla 16-4 Programación e implementación de mantenimiento programado..... 74
Tabla 17-4 Control y evaluación de mantenimiento programado 76
Tabla 18-4 Planificación de mantenimiento correctivo..... 78
Tabla 19-4 Programación e implantación de mantenimiento correctivo..... 79
Tabla 20-4 Control y evaluación de mantenimiento correctivo 81
Tabla 21-4 Cuantificación de las necesidades del personal en el área de personal de mantenimiento..... 83
Tabla 22-4 Selección y formación en el área de personal de mantenimiento 84
Tabla 23-4 Motivación e incentivo en el área de personal de mantenimiento 86
Tabla 24-4 Apoyo administrativo del área apoyo logístico..... 88
Tabla 25-4 Apoyo gerencial del área apoyo logístico 89
Tabla 26-4 Apoyo general en el área apoyo logístico 90
Tabla 27-4 Ficha de evaluación Covenin 2500-93..... 91
Tabla 28-4 Resultados de encuestas realizadas al personal de operación y mantenimiento de Wartsila Ecuador..... 93
Tabla 29-4 Matriz F.O.D.A. 97

Tabla 31-4 Plan de acción del sistema propuesto de la gestión de mantenimiento 99
Tabla 32-4 Resultados parciales de la aplicación de la metodología propuesta 102
Tabla 33-4 Resultados de disponibilidad observados. 104
Tabla 34-4 Resultados de disponibilidad esperados, aplicando condiciones de independencia P(A*B) = P(A)*P(B) 104
Tabla 35-4 Resultados de cálculo de forma. 104

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación tiene como objetivo proponer una metodología para incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya de la empresa Wärtsilä Ecuador. Para lo cual se usó una teoría general del sistema alrededor de la cual se integran otros cuerpos teóricos y metodológicos sobre el mantenimiento así como las metodologías específicas entre las cuales están el TPM, RCM GEMO, tomando esto como base fundamental en la elaboración de la metodología propuesta. Se elaboró una metodología que a partir del resultado del estudio teórico integra los componentes claves en su proceder así como los procesos esenciales organizados en tres etapas a saber: planificación, procesos de soporte y control y evaluación. En cada etapa se desarrollan varios pasos o actividades que garantizan la gestión del sistema de mantenimiento en el sistema estudiado. Este trabajó permitió obtener las respuestas ante las debilidades que se encontraron en el sistema actual, esto potencia los componentes personales de mantenimiento, planes de mantenimiento y software de mantenimiento ya que permiten la mejora del sistema y con bajos costos en su implementación. Los resultados obtenidos se reflejan en un incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, que posteriormente fueron comprobados mediante un procesamiento estadístico, evidenciando el incremento de la disponibilidad, lo que da como resultado final cumplir con los requerimientos del contrato de la empresa con sus clientes y reducir costos de operación y mantenimiento.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONFIABILIDAD>, <DISPONIBILIDAD>, <MANTENIMIENTO CORRECTIVO>, <FODA>, <GRUPOS ELECTROGENOS>, <ANALISIS CAUSA RAIZ>

SUMMARY

This research work aims to propose a methodology for increasing the availability of the Wärtsilä 16V32LNGD generation groups. They are located in Secoya generation plant of the company Wärtsilä Ecuador. For which a general theory of the system was used around which other theoretical and methodological corps on maintenance are integrated as well as the specific methodologies among which are the TPM, RCM GEMO, taking it as a fundamental base in the elaboration of the proposed methodology. A methodology was developed that based on the result of the theoretical study integrates the key components in its process as well as the essential processes organized in three stages: planning, control processes and support and evaluation. In each stage, several steps or activities were carried out that guarantee the management of the maintenance system in the studied system. This research allowed obtaining the answers to the skills that were found in the current system. It enhances the unique maintenance components, the maintenance plans and the maintenance software that allows the improvement of the system and with low costs in its implementation. The results obtained are reflected in an increase of the availability of Wärtsilä 16V32LNGD generators. Subsequently, they were later verified by a statistical processing, evidencing the increase in availability, evidencing the increase in availability, which give us as end result to compliance with the contract requirements of the company with its customers and reduce operation and maintenance costs.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <RELIABILITY>, <AVAILABILITY>, <CORRECTIVE MAINTENANCE, <SWOT>, <GENERATORS>, < ROOT CAUSE ANALYSIS>

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo la necesidad de la industria competitiva actual de asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como de obtener de ellos la máxima disponibilidad, ha originado una significativa evolución del mantenimiento industrial en las últimas décadas, pasando de métodos puramente estáticos (a la espera de la avería) a métodos dinámicos (seguimiento funcional y control multi paramétrico) con la finalidad de predecir las averías en una etapa incipiente e incluso llegar a determinar la causa del problema y, por tanto, procurar erradicarla.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. A partir de la primera guerra mundial, y sobre todo de la segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino sobre todo, prevenirlas y actuar para que no se produzcan.

Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas, de tal manera que con esto se mejore los costos de mantenimiento, pero con el firme propósito de buscar el aumentar y viabilizar la producción, a más de evitar pérdidas por averías y costos asociados. Es así como aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por ordenador, y el mantenimiento basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en: el estudio de equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología

de detección. Podríamos decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

La función del mantenimiento ha sido históricamente considerada como un costo necesario en los negocios. Sin embargo, al paso del tiempo, nuevas tecnologías y prácticas innovadoras están colocando a la función del mantenimiento como una parte integral de la productividad total en muchos negocios. Las sólidas técnicas modernas de mantenimiento y su sentido práctico tienen el potencial para incrementar en forma significativa las ventajas en el mercado global.

El reto para los gerentes de hoy y para los profesionales de la confiabilidad y todos los que están involucrados en la profesión del mantenimiento, es descubrir estas nuevas oportunidades. Esto requiere que establezcan estándares para las prácticas de mantenimiento y confiabilidad, creando un sistema adecuado de información para reunir los hechos y generar el entusiasmo, e iniciando planes que impulsen la acción. Uno de los grandes factores en la optimización de este proceso es sin duda la implementación cada día más extendida del TPM. TPM es mantenimiento productivo total, o dicho de manera más precisa, mantenimiento de la productividad total. La importancia de mantener la planta en condiciones óptimas de operación no recae solamente en un pequeño grupo de técnicos o ingenieros. Todos se benefician de un equipo en condiciones óptimas y por lo tanto todos deberán buscar la oportunidad de participar en este proceso de conservación.

Para asegurar resultados positivos el mantenimiento ha tenido que mejorar constantemente y fundamentarse en temas de planificación, direccionando sus conceptos a la mejora continua y ciclo de la calidad. El mantenimiento preventivo planificado es la alternativa que más se considera para evitar las perdidas por falla imprevistas. La planificación puede basarse en el cambio cíclico de repuestos y programación de intervenciones preventivas con inspecciones. Moubray (1997); Sexto L, (2013)

Un creciente número de empresas a nivel mundial practica hoy el mantenimiento productivo total (TPM). En tanto que el TQM hace énfasis en el mejoramiento de desempeño gerencial general y calidad, el TPM trata de maximizar la eficiencia de los equipos a través de un sistema total de mantenimiento preventivo que cubra la vida del equipo.

Al tiempo que el TQM involucra a todas las personas de la empresa, el TPM involucra a todas las personas de la planta, las 5S de housekeeping (materia que se encarga de mantener en su lugar apropiado todo el equipo, insumos , etc. para mantener un lugar agradable y seguro de tu área de trabajo) otra actividad esencial en el Gemba (es el lugar donde pasan las cosas y se realiza el servicio o producto del cual están comprometidos a mejorar), pueden considerarse como un preludio al TPM, con la propuesta de metodología se espera contribuir a Wärtsilä Ecuador, a

disminuir los costos por el incremento de paradas no programadas en la estación de generación Secoya.

1.1. Problema de investigación

En el último trimestre del 2015 en la planta de generación Secoya se incrementaron las paradas no programadas con lo que la disponibilidad cae notablemente como se puede observar en la figura 1. En el mes de Octubre la disponibilidad fue del 99.79%, Noviembre su disponibilidad estuvo en un 91.98 % y en Diciembre la disponibilidad cae a un 66.67% lo que representa una pérdida de disponibilidad de un 27.54% con respecto a lo requerido en el contrato que es del 92% de disponibilidad. Esto conlleva a no cumplir contractualmente con la disponibilidad que se debe garantizar al sistema eléctrico interconectado de Petroproducción (SEIP), sumado a la crisis que actualmente atraviesa el país por el bajo costo del barril de crudo (CRO), se ve en la necesidad de implementar nuevas metodologías para incrementar la disponibilidad en los grupos electrógenos. Con la propuesta de metodología en la gestión de mantenimiento se pretende incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos y con ello cumplir lo que contractualmente se tiene establecido y mejorar el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

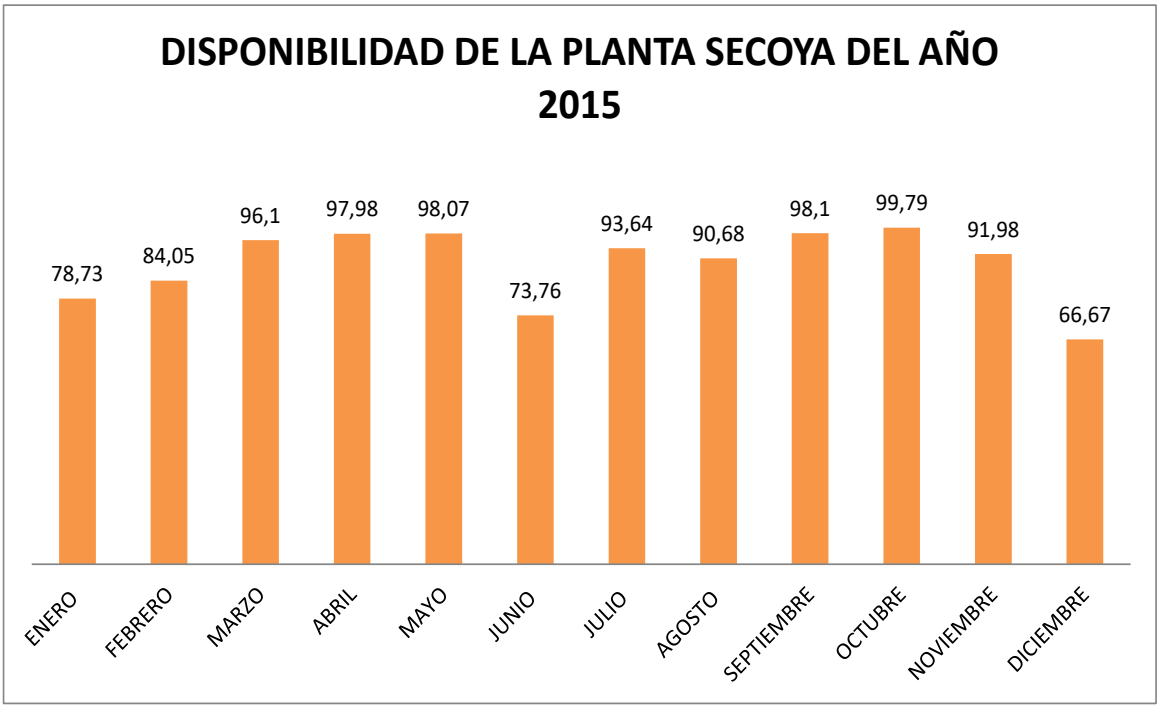


Figura 1-1 Disponibilidad de la planta de generación Secoya año *2015*
Fuente: Reportes mensuales de producción de Wärtsilä Ecuador.

Wärtsilä Ecuador a pesar de contar con un sistema de gestión de mantenimiento no ha logrado mantener la disponibilidad que el SEIP requiere. Por lo que se concluye que el sistema de gestión actual no está acorde al contexto operacional de esta planta.

1.2. Planteamiento del problema

La disponibilidad de la planta de generación Secoya viene bajando por el incremento de paradas no programadas y la demora en mantenimientos programados, la energía que se deja de aportar al SEIP genera pérdidas de producción y por ende pérdidas económicas como ejemplo en el Overhaul (es uno de los procedimientos más significativos y profundos que se le hace a las piezas del motor) de 8000 horas de los motores Wärtsilä 16V32LNGD el costo más representativo es el de energía no suministrada ENS. USD. 242.997,00 este costo es lo que pierde el Bloque 57 por no tener energía disponible para la operación durante el Overhaul. En la figura 1.2 se detallan los costos de mantenimiento de 8000 hrs.

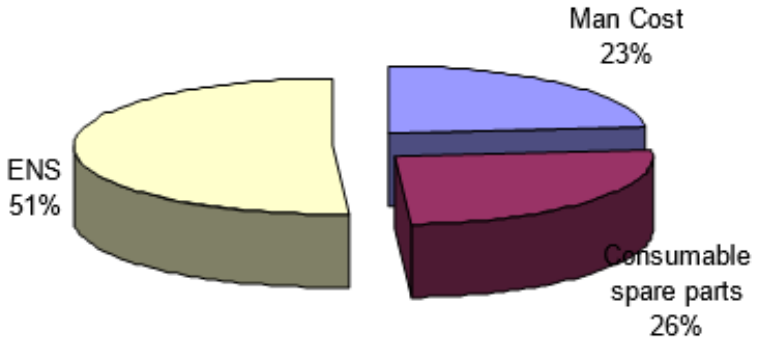


Figura 2-1 *Costos por mantenimiento, energía no suministrada, mano de obra y repuestos de 8000 horas de funcionamiento (Wärtsilä, 2015).*

Fuente: Reportes de Operación y Mantenimiento de Wärtsilä Ecuador

Por esta razón, existe la necesidad de conceptualizar y de entender los procesos mínimos necesarios para desarrollar una correcta metodología que esté acorde al contexto operacional de la planta de generación Secoya, para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD operados por Wärtsilä Ecuador. Además, se explica en detalle el objetivo y agregación de valor de cada una de las etapas propuestas, especificando el uso de herramientas de gestión que soportan y planean en términos operativos la conceptualización y función de cada etapa

1.3. Formulación del problema

En función de la problemática antes relacionada se podrá plantear la siguiente pregunta:

¿Es posible diseñar una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya que contemple la seguridad en operación y mantenimiento?

1.4. Sistematización del problema

¿Qué factores están afectando la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya?

¿Cómo influye la pérdida de disponibilidad en el costo de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya?

¿Cómo influye la taza de fallos en la disponibilidad en los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya?

¿Es posible diseñar una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento que incluya variables pertinentes y garantice un incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya?

¿De qué forma se puede evaluar la efectividad de la metodología de mejora en la gestión de mantenimiento diseñado para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya?

¿Qué recursos se necesitan para implementar la metodología propuesta?

1.5. Justificación de la investigación

La gestión de mantenimiento es importante porque la competencia obliga a rebajar costos. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra, para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que se dedique la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el plan de producción.

Es un hecho que, en los escenarios de hoy, las empresas en todo el mundo se juegan su capacidad competitiva por la cantidad y calidad de los recursos que se comprometen en el área de mantenimiento, debido a la capacidad de ésta para generar beneficios a su más inmediato grupo de interés como es, el área de producción. Según Luis Felipe Sexto (2014) la principal ventaja que ofrece el mantenimiento, reside en la consecución de que los “Sistemas Productivos” (SP) continúen desempeñando las funciones deseadas y de esta forma contribuir a conservar las

actividades productivas, de las cuáles la empresa obtiene las utilidades económicas (produciendo su sostenibilidad en un negocio particular).

Se encuentran las ventajas de obtener mayor utilidad económica para la empresa, al disminuir los costos de mantenimiento por pérdidas (sobre mantenimiento, indisponibilidad de los SP, entre otros), con lo cual se podría aumentar el margen potencial de ganancias, al sostener la influencia del costo del mantenimiento, en el costo final del producto, dentro del rango del 5 al 12%. Luis Felipe Sexto (2014).

Por lo tanto, es necesario gestionar correctamente las necesidades y/o prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los efectos adecuados, a través de la mejora en cuanto a eficacia y eficiencia de procesos con lo cual alcanzar la excelencia operativa, cuyo fundamento básico se refiere a ofrecer servicios a un precio competitivo mediante el equilibrio entre la calidad y la funcionalidad, siendo la idea principal brindar el mejor costo total.

Los problemas de falta de mantenimiento tienen consecuencias fatales como las reportadas en Chile, en la planta de generación Wärtsilä por la falta de una buena gestión de mantenimiento se ocasionó un incendio, que generó una pérdida total de la planta ocasionando pérdidas millonarias para el estado chileno (Wärtsilä, 2012)

Así, en un motor o grupo electrógeno determinado se ocuparán de su lubricación (mantenimiento preventivo periódico), si lo requiere, medirán sus vibraciones o sus temperaturas (mantenimiento predictivo), quizás le realicen una puesta a punto anual (puesta a cero) y reparen las averías que vayan surgiendo (mantenimiento correctivo). La mezcla más idónea de todos estos tipos de mantenimiento nos la dictarán estrictas razones ligadas al coste de las pérdidas de producción en una parada de ese equipo, al coste de reparación, al impacto ambiental, a la seguridad y a la calidad del producto o servicio, entre otras.

En Ecuador con el cambio de matriz productiva el gobierno central promueve el desarrollo de las empresas nacionales haciendo énfasis en mejorar los sistemas de planificación o gestión en general para ser más competitivos, todo ello facilita la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento, buscando siempre una mejora continua y teniendo en cuenta aspectos económicos relevantes para la organización en la industria petrolera. Una adecuada gestión del mantenimiento, teniendo en cuenta el ciclo de vida de cada activo físico, debe cumplir con los objetivos de reducir los costos globales de la actividad productiva, asegurar el buen funcionamiento de los equipos y sus funciones, disminuir al máximo los riesgos para las personas y los efectos negativos sobre el medio ambiente, generando, además, procesos y actividades que soporten los objetivos mencionados. Por todo ello en Ecuador, la gestión del mantenimiento se

transforma en un poderoso factor de competitividad cuya importancia en el ámbito empresarial petrolero nacional crece día a día.

Por otro lado en los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya existe pérdida de disponibilidad que requiere una solución a corto plazo ya que esto afecta a los indicadores económicos de la empresa.

En función de ello se consideró, por lo antes expuesto, que el trabajo se justifica tanto en el orden metodológico como el práctico.

En función del problema de investigación la búsqueda de bibliografía especializada arroja que existen varias metodologías y modelos, lo cual constituye el sustento teórico y metodológico para esta investigación, sin embargo la aplicación de forma directa de estos modelos teóricos metodológicos no es conveniente por lo que se requiere de la adaptación de forma concreta a la empresa y obtener un modelo especifico al contexto operacional de la empresa.

1.6. Justificación Práctica

La investigación se justifica dado que se propone una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para que eleve la Disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya, sintetizada a partir de la metodología de mantenimiento existente en la literatura.

Una vez aplicada la metodología propuesta de forma efectiva permitirá realizar un diagnóstico de la empresa que garantice el cumplimiento de los objetivos estratégicos de Wärtsilä Ecuador ya que es una herramienta creada y basada en el contexto operacional de la planta de generación Secoya lo que le dará un gran valor para la misma.

1.7. Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente ya que se propone una guía para orientar y proponer una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya.

Con la aplicación de la investigación (metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya), se proponen soluciones de tipo metodológico y práctico que resuelven de forma inmediata el problema que se tiene.

1.8. Objetivos

1.8.1 Objetivo General.

Proponer una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, ubicados en la central de generación Secoya basada en la metodología del TPM, RCM, Sistemas GMAO que eleve la disponibilidad de estos.

1.8.2 Objetivos Específicos

1. Realizar el marco referencial acerca de los fundamentos científicos del proceso de gestión de mantenimiento y en particular aquellos que eleven la disponibilidad técnica
2. Diseñar la metodología de gestión de mantenimiento acorde al contexto operacional de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya.
3. Aplicar parcialmente la metodología de mejora para incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya.

1.9. Hipótesis

Es posible obtener una metodología para la gestión del mantenimiento basada en la teoría del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya en la cual se prevea una mejor capacitación del personal, el uso de herramientas informáticas y la actualización de planes de mantenimiento lo que permita incrementar la disponibilidad técnica y con esto se espera una disminución de los costos de mantenimiento.

Esta hipótesis quedará validada si la propuesta de metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya contribuye al incremento de la disponibilidad técnica y por ende a disminuir los costos de mantenimiento.

1.10. Variables

- *Variable Dependiente.* "Disponibilidad técnica de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD"
- *Variables Independientes.* "Capacitación del personal, planes de mantenimiento y uso de herramientas informáticas mediante la metodología de mejora de gestión de mantenimiento para los grupos electrógenos Wärtsilä LNGD16V32 ubicados en la central de generación Secoya".

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL ARTE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MECÁNICOS CON ÉNFASIS DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD

En este capítulo, en correspondencia con el problema de investigación, se realiza el análisis de los conceptos gestión de mantenimiento, metodología y gestión de mantenimiento, herramientas utilizadas para la gestión del mantenimiento y equipos principales.

2.1. Gestión de mantenimiento.

La gestión de mantenimiento es un proceso sistemático donde se deben planear acciones ayudadas por procedimientos que lleven una secuencia lógica a fin de conseguir confiabilidad y disponibilidad de los objetos a mantener.

ANTEZANA (2006) elaboró un modelo de gestión de mantenimiento basado en una visión estratégica, concluyendo que un enfoque estructurado permite mirar el mantenimiento desde una óptica organizada y centrada en la creación de valor.

BECERRA (2006) determinó los elementos claves de la gestión de mantenimiento para alcanzar la excelencia, dando a conocer su estructura y comportamiento, logrando obtener y establecer la influencia que los elementos tienen sobre la organización con la finalidad de visualizar la intervención en la variabilidad de los resultados.

CHAVÉS (2001) elaboró un modelo en gestión de mantenimiento con un enfoque completo de calidad, evaluando la gestión para obtener calidad mediante la implementación del ciclo de PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

HERNÁNDEZ Y CONTRERAS (2005) en la universidad Gran Mariscal Ayacucho (Perú), formularon un modelo de gestión de mantenimiento basados en las áreas de conocimiento del mantenimiento productivo total y el mejoramiento continuo, concluyendo que el modelo proporciona soluciones factibles de competitividad y productividad manejando todos los factores desde la perspectiva de calidad.

2.1.1. Determinación del nivel de gestión de Mantenimiento de la empresa

En la actualidad todo gerente de empresa conoce la importancia de medir el desempeño de la actividad de mantenimiento, sencillamente porque se necesita conocer cuán eficiente es la aplicación de la política de mantenimiento que se ha planificado para el entorno productivo de la empresa.

Esta información permite actuar de forma rápida y precisa sobre los factores débiles en la gestión del mantenimiento. Por otro lado, el reto lo constituye qué medir y cómo hacerlo de la mejor forma según NAVA, (1999).

Una de las herramientas que permite y constituye uno de los elementos básicos de una eficiente gestión del mantenimiento es mantener un correcto sistema de medición.

Dicho sistema no sólo debe permitir medir la eficiencia y avance de las reparaciones, sino que debe permitir una de las actividades principales de cualquier gerencia, la toma de decisiones.

Cuando la dirección de una empresa o el responsable del departamento se plantea si la gestión que se hace del mantenimiento es la adecuada, la respuesta puede ser SI, NO o REGULAR. Claro está que cualquiera de las tres respuestas es insatisfactoria, porque entre cada una de ellas hay muchos puntos intermedios de respuesta, y porque no informa sobre qué cosas tendrán que cambiar para que la gestión del departamento puedan considerarla excelente. La mejor solución suele ser realizar una auditoría de mantenimiento, comparando el departamento de operación y mantenimiento con un departamento modélico, ideal, y determinar qué cosas separan de ese modelo. Podrán contratar esta auditoría a una empresa externa, y tener la opinión de alguien externo a la empresa, pero también es posible prepararla desde dentro.

Cuando hablan de calidad o de excelencia en mantenimiento, es conveniente definir con exactitud a se están refiriendo, por calidad en mantenimiento se deberá entender lo siguiente: “máxima disponibilidad al mínimo coste”

Si desglosan este ambicioso objetivo en pequeñas metas menores, encontraran que máxima disponibilidad al mínimo coste significa, entre otras cosas:

- Que dispongan de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- Que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible

- Que dispongan de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible
- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al plan de producción, y por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos)
- Que dispongan de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

2.1.2. Lineamiento para las auditorias de mantenimiento: Norma Covenin 2500-93

Representa un instrumento que permite de forma cuantitativa la evaluación del sistema de mantenimiento de una empresa, mediante la determinación de su capacidad de gestión en lo que respecta al mantenimiento analizándose y calificándose los siguientes aspectos:

a) Organización de la empresa.

b) Organización de la función de mantenimiento

c) Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento

d) Competencia del personal.

La Norma COVENIN 2500-93 representa un instrumento que permite de forma cuantitativa evaluar el desarrollo de los sistemas de mantenimiento implementados en la industria, a partir de los resultados se obtiene un perspectiva de la condiciones de las diferentes actividades desarrolladas por el departamento de mantenimiento de la empresa. Permite evaluar a la organización considerando los factores relacionados con la organización de la empresa y las funciones de planificación, ejecución y control de las actividades desarrolladas por el departamento de mantenimiento. Los factores establecidos en la norma representan una serie de criterios ideales para la gestión de las actividades desarrolladas por el departamento de mantenimiento.

La evaluación con la Norma COVENIN 2500-93 permite obtener una referencia cuantitativa de la condición del departamento de mantenimiento en función de los parámetros establecidos

para el desarrollo de los planes de mantenimiento preventivo, correctivo y los recursos utilizados para la ejecución de dichos planes. (Norma COVENIN 2500-93)

2.1.3. Auditoria de Mantenimiento

El Manual de Auditoría Técnica y Gestión de la Calidad Total (2005) la define como: "Es el proceso de acumular y evaluar evidencia, realizado por profesionales competentes e independientes a los auditados acerca de cualquier información cuantificable y medible, con el propósito de informar a los diferentes niveles jerárquicos auditados y a la dirección superior sobre el grado de cumplimiento o correspondencia existente entre una información evaluable y comparable a partir de ciertos criterios establecidos".

La calidad del mantenimiento y de la forma de operar una instalación industrial tiene su reflejo en el estado técnico en que se encuentra en cada momento. De esta forma, si el personal de operaciones y el de mantenimiento trabajan de forma óptima, la planta se mantendrá en buen estado durante la vida útil estimada inicialmente, incluso mucho más tiempo. En cambio si alguna de estas áreas no está gestionada correctamente, la instalación se resentirá, disminuyendo la fiabilidad, la disponibilidad y la vida útil.

Por tanto, una forma de evaluar si la operación y el mantenimiento son óptimos o excelentes es comprobar periódicamente en qué estado se encuentra la instalación, examinando tanto el conjunto de la instalación como cada uno de sus componentes principales. Con ello se consigue por un lado determinar el estado de la instalación en cada momento, pero por otro, identificar hábitos de operación o mantenimiento incorrectos.

William P. Leonard (1989) la Auditoría administrativa se define como: "El examen comprensivo y constructivo de la estructura organizativa de una empresa de una institución o departamento gubernamental; o de cualquier otra entidad y de sus métodos de control, medios de operación y empleo que dé a sus recursos humanos y materiales".

Joaquín Rodríguez Valencia (1997) plantea una definición de auditoría operacional así: "Se define como una técnica para evaluar sistemáticamente la efectividad de una función o una unidad con referencia a normas de la empresa, utilizando personal especializado en el área de estudio, con el objeto de asegurar a la administración que sus objetivos se cumplan, y determinar qué condiciones pueden mejorarse".

Pueden concluir que auditoría de gestión es: El examen crítico, sistemático y detallado de las áreas y controles operacionales de un ente, realizado con independencia y utilizando técnicas específicas, con el propósito de emitir un informe profesional sobre la eficacia, eficiencia y

economicidad en el manejo de los recursos, para la toma de decisiones que permitan la mejora de la productividad del mismo. El objetivo que se persigue al realizarla, no es juzgar al responsable de mantenimiento, no es cuestionar su forma de trabajo, es saber en qué situación se encuentra la organización de mantenimiento en un momento determinado, identificar puntos de mejora y determinar qué acciones son necesarios para mejorar los resultados.

2.1.4. Indicadores de gestión de mantenimiento.

BAUER (1966) menciona "Los indicadores sociales, son estadísticas, serie estadística o cualquier forma de indicación que nos facilita estudiar dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos con respecto a determinados objetivos y metas, así como evaluar programas específicos y determinar su impacto".

Los indicadores sirven para distintos fines, uno de ellos es motivar al personal. Otro muy importante es saber cómo estamos con respectos a los objetivos. En la figura 2.1 se ilustran sobre el viejo paradigma, en figura 2.2 se ilustra el nuevo paradigma en el mantenimiento y la importancia de los indicadores en los mismos.

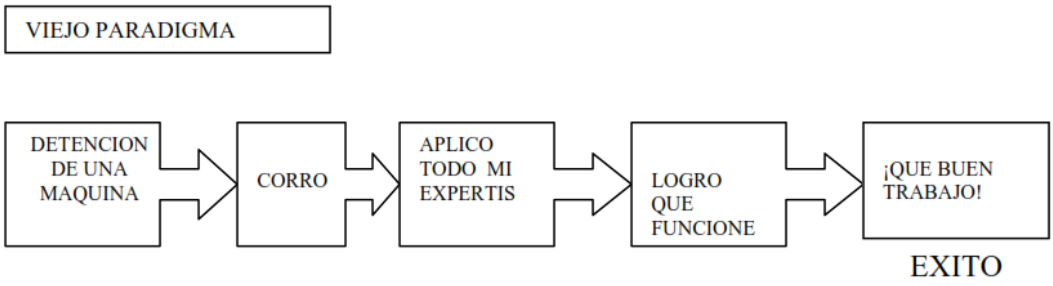


Figura 3-2 Viejo paradigma del mantenimiento

Fuente: Ricardo, (2007)

En el nuevo paradigma todos los días recorro el siguiente esquema de mejora continua.

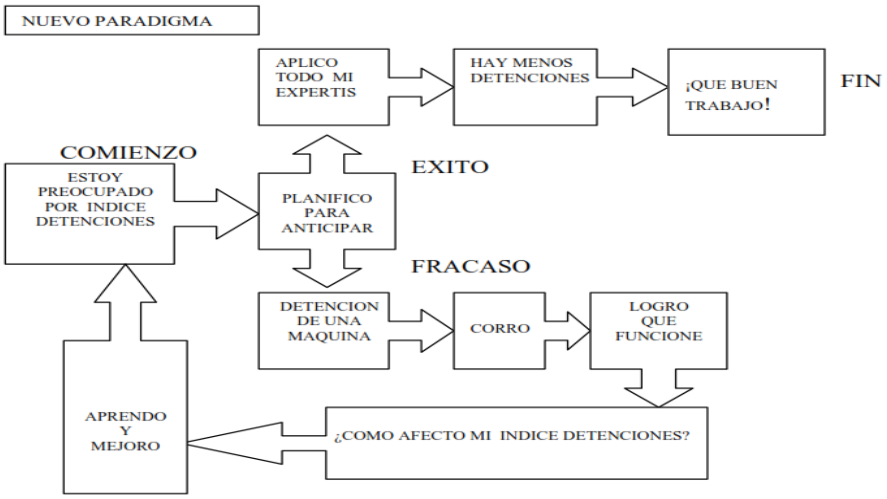


Figura 4-2 Nuevo paradigma del mantenimiento

Fuente: *Ricardo, (2007)*

Tradicionalmente los indicadores se han visto reactivamente, o sea, utilizándolos para mirar hacia atrás con vistas a planear el futuro, sin embargo se ha venido provocando un cambio en este sentido encaminado a utilizar los indicadores con una visión proactiva, o sea, para tomar decisiones hacia el futuro, manejándolos.

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

a) Los resultados deben medir lo que realmente la empresa espera del departamento de mantenimiento

b) Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir.

c) Los indicadores de resultado deben tener en cuenta a los clientes internos.

d) Analice la posibilidad de medir tiempos de ciclos y procesos.

e) Analice indicadores de la competencia (Benchmarking).

f) Esfuércese en implantar una cultura de medición en sus operarios.

g) Utilice sólo e indispensablemente los indicadores que le interesen.

h) Preocúpese de involucrar a su equipo en la definición del indicador.

i) Analice la eficacia de cada indicador para que sea una herramienta del mejoramiento continuo.

j) Elimine o cambie aquellos indicadores que lo precisen.

k) Útiles para conocer rápidamente como van las cosas y por qué.

Es por ello que los índices deben:

- Identificar los factores claves del mantenimiento y su afectación a la producción.
- Dar los elementos necesarios que permiten realizar una evaluación profunda de la actividad en cuestión.
- Establecer un registro de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer unos valores plan o consigna que determinen los objetivos a lograr.
- Controlar los objetivos propuestos comparando los valores reales con los valores planificados o consigna.
- Facilitar la toma de decisiones y acciones oportunas ante las desviaciones que se presentan.

Existe una gran cantidad de autores que tienen interés en tratar de darle solución a los problemas del control del mantenimiento dado el papel tan importante que juega este en las diferentes empresas. Uno de los principales documentos sobre el tema es el realizado por NAVAS (1999) donde plantea una serie de indicadores los cuales son divididos en cuatro grupos fundamentales.

Los indicadores de gestión del mantenimiento se deben idear en función de lo que buscas obtener con el equipo de mantenimiento. Se puede aplicar a dos mantenimientos: el preventivo (el cual pude incluir al predictivo), y el correctivo.

Para el preventivo puede servir en número de averías que se producen al mes y ver la evolución si creciente o decreciente y hasta qué nivel desciende con los efectivos que se dispone. Para el correctivo se puede utilizar el número de horas de parada de la línea de producción también al mes y seguir su evolución.

El control, tanto de uno como del otro, se puede llevar por sistemas independientes, pues generalmente hay algunos sistemas que dan más averías y más largas de corregir que otros, y/o son más importantes y vitales para la producción (por ejemplo, puede que el sistema de ventilación no sea crítico para la producción y una avería en él solo se traduzca en un ligero inconveniente en las condiciones ambientales de los operarios pero sin más consecuencias; en tal caso a lo mejor no te interesa que averías de este tipo te enmascaren averías de más importancia de la línea productiva).

Otro control suele ser la producción conseguida contra la producción demandada. Es decir, si la planta ha producido todo lo que por mercado pudiera haber producido. Es la relación entre lo producido y lo producible. Este indicador es útil en aquellos casos en que puedan existir averías parciales, es decir averías que no impiden la producción pero esta no se puede producir a pleno rendimiento. También puedes contabilizar la efectividad del equipo de mantenimiento desde el punto de vista de sus propios costos (cuánto gasta en horas-hombre reparando equipos, o cuánto gasta en repuestos) o en costos de producción.

Uno de los indicadores claves es la productividad total efectiva de los equipos (PTEE)

La PTEE (productividad total efectiva de los equipos) es una medida de la productividad real de los equipos. Esta medida se obtiene multiplicando los siguientes indicadores:

PTEE = AE (Aprovechamiento del Equipo) X OEE (Efectividad global del equipo)

Se trata de una medida que indica la cantidad del tiempo calendario utilizado por los equipos. El AE está más relacionado con decisiones directivas sobre uso del tiempo calendario disponible que con el funcionamiento en sí del equipo. Esta medida es sensible al tiempo que habría podido funcionar el equipo, pero por diversos motivos los equipos no se programaron para producir el 100 % del tiempo. Otro factor que afecta el aprovechamiento del equipo es el tiempo utilizado para realizar acciones planeadas de mantenimiento preventivo. El AE se puede interpretar como un porcentaje del tiempo calendario que ha utilizado un equipo para producir.

Para calcular el AE se pueden aplicar los pasos que se detallan a continuación.

1. Establecer el tiempo base de cálculo o tiempo calendario (TC).

Es frecuente en empresas de manufactura tomar la base de cálculo 1440 minutos o 24 horas. Para empresas de procesos continuos que realizan inspección de planta anual, consideran el tiempo calendario como (365 días * 24 horas).

2. Obtener el tiempo total no programado

Si una empresa trabaja únicamente dos turnos (16 horas), el tiempo de funcionamiento no programado en un mes será de 240 horas.

3. Obtener el tiempo de paros planeados

Se suma el tiempo utilizado para realizar acciones preventivas de mantenimiento, descansos, reuniones programadas con operarios, reuniones de mejora continua, etc.

4. Calcular el tiempo de funcionamiento (TF)

Es el total de tiempo que se espera que el equipo o planta opere. Se obtiene restando del TC, el tiempo destinado a mantenimiento planificado y tiempo total no programado.

TF= Tiempo calendario – (Tiempo total no programado + Tiempo de paros planeados)

AE = (TF/TC) X 100

Y representa el porcentaje del tiempo calendario que realmente se utiliza para producir y se expresa en porcentaje.

OEE- Efectividad Global Del Equipo (Overall Equipment Effectiveness)

Esta medida evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. La OEE está fuertemente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando.

Este indicador muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Cabe recalcar que estos indicadores se manejan de forma diaria, por lo que los datos de paros planeados y los paros no programados varían con los utilizados en el AE y está compuesto por los siguientes tres factores:

- Disponibilidad: Mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros no programados.

Fórmula de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto disponible}} \qquad (1.2)$$

donde:

Tiempo neto disponible = Tiempo extra + Tiempo total programado +Tiempo de paro permitido

Tiempo operativo = Tiempo neto disponible – Tiempo de paros de línea

- Eficiencia: Mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinados por el fabricante del equipo o diseño.

Formula de Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{(\text{Tiempo tacto})(\text{Piezas producidas})}{\text{Tiempo operativo}} \tag{2.2}$$

donde:

$$\text{Tiempo tacto} = \frac{\text{Tiempo neto total diario}}{\text{Demanda total diaria}} \tag{3.2}$$

- Calidad a la primera (FTT): Estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para producir productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o re-procesar. Si todos los productos son perfectos, no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

Formula del Tiempo Total de Falla

$$\text{FTT} = \frac{(\text{Partes producidas}) - (\text{Total de partes defectivas})}{\text{Partes producidas}} \tag{4.2}$$

donde:

Total de partes defectivas: Piezas defectuosas + re trabajos o recuperaciones

El cálculo de la OEE se obtiene multiplicando los anteriores tres términos expresados en porcentaje.

OEE = Disponibilidad X Eficiencia X FTT

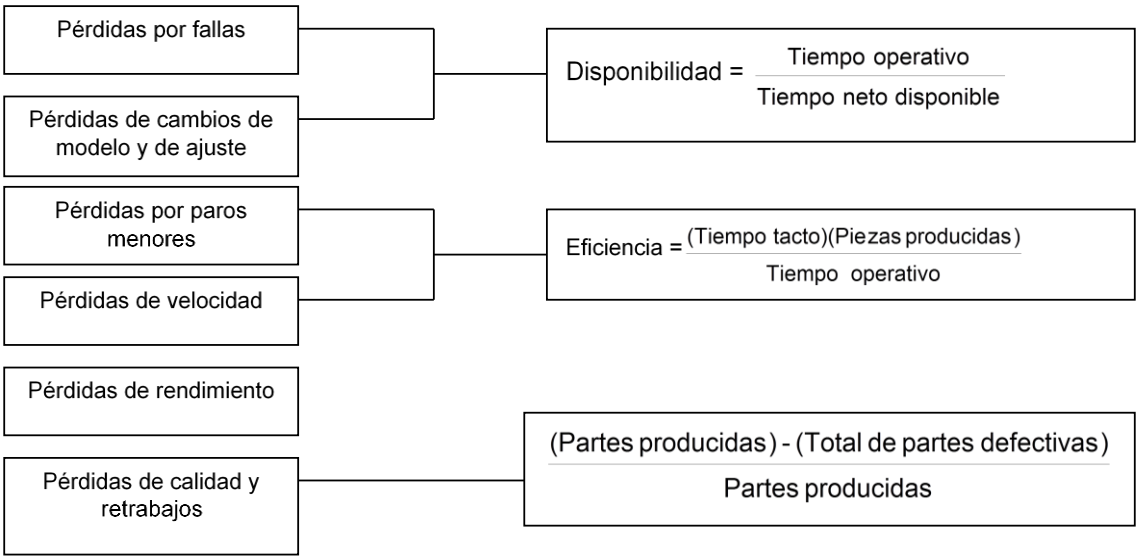


Figura 5-2 Indicadores de Gestión de Mantenimiento

La importancia de la efectividad global del equipo (OEE) responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Una buena medida inicial de OEE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Las cifras que componen la OEE ayudarán a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que utilizarán para el estudio de los problemas y fenómenos. La OEE sirve para construir índices comparativos entre plantas (benchmarking) para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas debe calcular la OEE para los equipos componentes. Esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM. Algunos directivos de plantas consideran que obtener un valor global OEE para una proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones TPM no se logran apreciar adecuadamente en la OEE global. Por este motivo, es mejor obtener un valor de OEE por equipo, con especial atención en aquellos que han sido seleccionados como piloto o modelo.

Es frecuente que la información se encuentre fragmentada en los diferentes departamentos de la empresa y no se calcule el AE y OEE. Esto conduce a que cada departamento cuide sus índices. Sin embargo, el efecto multiplicativo de la disponibilidad, rendimiento y niveles de calidad producen un deterioro del AE y OEE, no siendo observado por los directivos de la empresa.

Es frecuente que el personal de mantenimiento se encargue de controlar la disponibilidad de los equipos ya que esta mide la eficiencia general del departamento. La disponibilidad es una medida de funcionamiento del equipo. Sin embargo, en el área de mantenimiento es frecuente desconocer los valores del nivel de rendimiento de estos equipos. Si se llega a deteriorar este nivel, se cuestiona la causa y frecuentemente se asume como causa aquellos problemas operativos y que nada tienen que ver con la función de mantenimiento. Esta falta de trabajo en equipo y con intereses comunes, hace que sea más difícil obtener las verdaderas fuentes de pérdida. Por este motivo, si en una empresa existen comportamientos frecuentes como "yo reparo el equipo y tú lo operas", va a ser imposible mejorar la OEE de una planta.

2.2. Conceptos de mantenimiento.

El mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo.

En la actualidad, el mantenimiento está destinado a ser uno de los pilares fundamentales de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva.

El mantenimiento entendido como el conjunto de técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de maquinaria, equipos, instalaciones o servicios, es ya un concepto de implantación definitiva en el campo industrial y social y las actividades relacionadas con el mismo han adquirido una importancia igual, o mayor en algunos casos, a las llamadas actividades productivas (Tormos, 2005).

El mantenimiento ha sido, desde el inicio de la industria, parte fundamental de su desarrollo, durante el tiempo esta ciencia ha evolucionado desde su forma de ejecutar hasta la administración del mismo, en la actualidad el mantenimiento es considerado dentro de la visión y misión de las empresas, por lo tanto es parte de la estrategia organizacional a largo plazo.

Mantenimiento implica estar acorde con nuevos desarrollos tecnológicos, nuevos retos para los sectores industriales, comerciales, servicios y agrario. Los nuevos retos están asociados a la necesidad de optimizar la eficiencia y eficacia en la producción de bienes o en la prestación de servicios, el mejoramiento de la calidad y la integridad de las personas y su ambiente de trabajo.

Tornos (2005) planteo el siguiente postulado y definió mantenimiento como "*asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan."*

Amendola (2002) analiza como la misión del mantenimiento es asegurar que el activo continúe cumpliendo su función de forma eficiente dentro de su contexto operacional, la definición de este concepto se refiere cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual o se encuentre dentro de sus límites del estándar de ejecución asociado a capacidad inherente de diseño.

Dentro de las diversas formas de conceptualizar el mantenimiento, la que al parecer presenta más actualidad, y al mismo tiempo resulta más abarcadora, es como el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento.

2.2.1. Tipos de mantenimiento

Gómez de León F (1998, pp. 25-29), Sánchez Marín F. Pérez Gonzáles A. Sancho Brú J. & Rodríguez Cervantes P. (2006, pp. 10-14) y Nieto Vilardell (2013, p. 141) coinciden, coinciden que mantenimiento se subdivide en: correctivo, preventivo, predictivo, productivo total y mantenimiento de mejora. Sosa Vásquez T. (2014) y lo clasifica en: mantenimiento técnico,

mantenimiento de actualización y mantenimiento operativo pero se menciona como principio básico al mantenimiento correctivo y preventivo. Ver figura 2.4

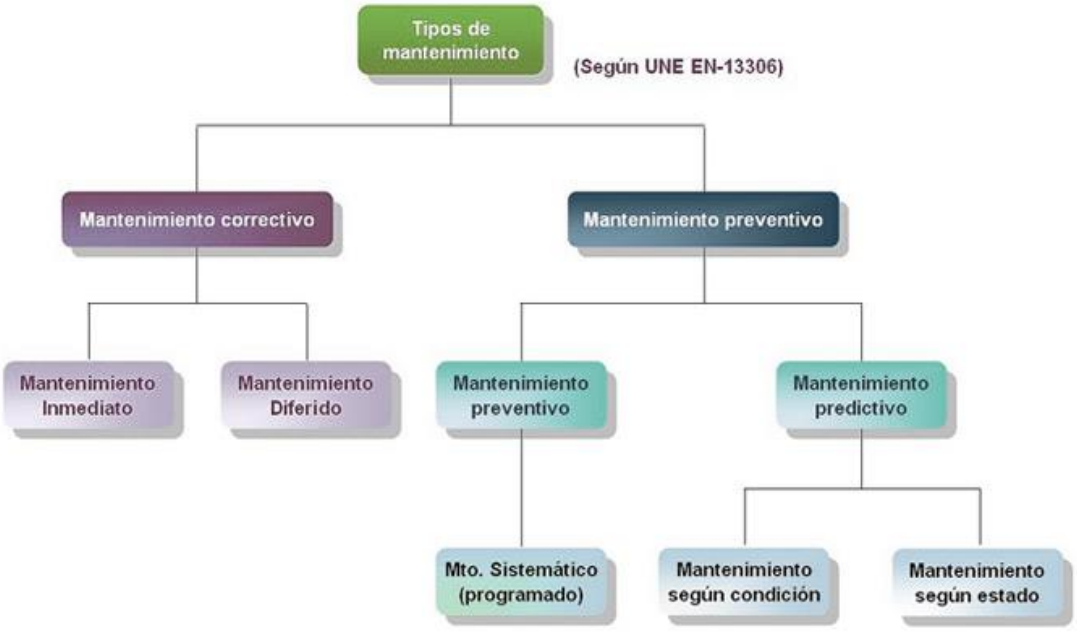


Figura 6-2 Tipos de Mantenimiento

Fuente: (UNE EN-13306, 2008)

2.2.1.1 Mantenimiento Preventivo

Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/ó sustituciones para los elementos más importantes de un sistema a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

La definición, de acuerdo a la norma (INEN - EN 13306, 2010), "Mantenimiento realizado a intervalos predeterminado o según criterios establecidos, y cuyo fin es reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento"

Analizando el concepto podrán describir que el mantenimiento preventivo se basa en ejecutar acciones de prevención de fallos incipientes detectados por inspección, actividades de rutina, como atenciones de lubricación, ajustes, etc. De las partes que lo requieran y reposición de dispositivos susceptibles al desgaste a intervalos preestablecidos.

Un ejemplo de una programación de mantenimiento preventivo podemos observarlo en la tabla 2.1, en la cual se muestra las tareas de mantenimiento de 4000 hrs. de un motor de combustión interna Wärtsilä LNGD16V32.

Tabla 1-2 Ejemplo de tareas de mantenimiento programado

	TAREAS DE MANTENIMIENTO 4000 HORAS
1	Tomar Instant report previo a parada
2	Tomar presiones pico antes y después de la parada
3	Verificar estanqueidad de cilindros
4	Cambio de filtros de aceite, combustible y retrolavado
5	Limpieza de filtro automático y filtro centrifugo de aceite
6	Cambiar aceite de turbinas y governor
7	Tomar muestras de agua y aceite
8	Calibrar válvulas de admisión y escape
9	Verificar movimiento de rotocaps
	Toma de claros y deflexiones de cigüeñal.
10	Mantenimiento de filtros de aire de carga, filtrar viscosina
11	Verificar sensores, alarmas y dispositivos de parada automática
12	Engrase de motor en bomba de pre lubricación.
13	Comprobar funcionamiento de dispositivo mecánico y electro neumático de sobre velocidad.
14	Verificar estado de termómetros, manómetros
15	Verificar ajuste de conectores, cables
16	Inspeccionar varillaje, mecanismos de control
17	Limpieza de enfriadores de aire de carga.

Fuente: Manual de operación y mantenimiento motor Wärtsilä LNGD16V32
Elaborado por : Autor

La desventaja de la aplicación de los mantenimientos preventivos es que pueden ser poco rentables, ya que la mayoría de los elementos se reemplazan prematuramente, independientemente de su estado o condición. Tradicionalmente esta técnica se ha basado en tasas de fallo y su reciproco es el tiempo medio entre fallos (TMEF). Se asume que estas variables pueden determinar estadísticamente y por ello un elemento puede ser remplazado antes que falle.

2.2.1.2 Mantenimiento Predictivo

Es el mantenimiento planificado y programado, basándose en análisis técnicos y en la condición del equipo, antes de ocurrir una falla, sin detener el funcionamiento normal del equipo, para determinar la expectativa de vida de los componentes y reemplazarlos en tiempo óptimo, minimizando costos.

Es indudable que el aumento de la vida operativa de los equipos a través de una estrategia de mantenimiento predictiva disminuye los costos de mantenimiento e incrementa la productividad de las industrias. Sin embargo, se ha podido notar a través de experiencias de varias empresas, que no han logrado los resultados esperados principalmente por falta de personas bien capacitadas en el tema. La ingeniería avanzada en todos los ámbitos incluyendo los instrumentos y técnicas que se han desarrollado y que de alguna manera sustentan la credibilidad de los programas de mantenimiento predictivos, implementados en diferentes industrias. Para que estos programas

sean efectivos, es necesario poder determinar en cualquier instante la condición mecánica real de los equipos bajo estudio, lo cual se logra analizando las diferentes señales físicas que ellas emiten como son (ruido, vibraciones, temperatura, etc.).

Según la norma (ISO 13372: First Edition, 2004), define al mantenimiento predictivo *"como el mantenimiento enfocado en la predicción de la falla y en la toma de decisiones basadas en la condición del equipo para prevenir su degradación o falla".*

En la t **Tabla 2-2** Ejemplo de espectro del Mantenimiento Predictivo.

Espectro del Mantenimiento Predictivo				
EQUIPO		FALLA		MÉTODO DE DETECCIÓN
Categoría	Tipo	Modo	Causa	
Máquinas Rotatorias	Bombas Motores Compresores Ventiladores	Perdida prematura de rodamientos	Fuerza excesiva	Análisis de Lubricante y Vibraciones
		Falla de lubricación	Lubricación pobre, baja o inadecuada: Temperatura y humedad	Análisis Ferrografía y Espectrográfia
Equipo Eléctrico	Motores Cable Arrancadores Transformadores	Falla de aislamiento	Temperatura	Pruebas de: Resistencia, Índice de polarización. Escaneo Infrarrojo Análisis de aceite
		Efecto Corona	Método por humedad en los empalmes	Ultrasonido
Transferencia de calor	Intercambiadores Condensadores	Suciedad	Sedimentos Reconstrucción	Cálculos de transferencia de calor
Contenedores y equipo Contenedores y Equipo de transferencia	Tanques Tubería Reactores	Corrosión	Ataque Químico	Medición de corrosión Medición de espesores
		Grieta por esfuerzo	Metal fatigado	Emisión acústica

Fuente: (Huacuz, 2003)

2.2.1.3 Mantenimiento basado en condición CBM

Una definición del mantenimiento basado en la condición CBM según la norma (INEN - EN 13306, 2010) "Mantenimiento preventivo que incluye una combinación de monitorización de la condición y/o la inspección y/o los ensayos, análisis y las siguientes acciones de mantenimiento".

El CBM es establecido mediante la evaluación y validación de los análisis de criticidad de equipos, matrices CBM y rutas de inspección, mediante la recolección - análisis de información operacional y de mantenimiento de los diversos equipos. Luego se realiza un mapeo y posterior control de las variables escogidas mediante la aplicación de técnicas predictivas.

Beneficios:

- Ajuste de inspecciones periódicas de preventivo.
- Eliminación casi total de las fallas inesperadas.
- Ahorro y disminución del inventario de repuestos.

- Reducción del número de equipos en Stand-by.
- Ahorro apreciable en los consumos de energía de los equipos.
- Garantía del cumplimiento de las características de diseño.
- Aumento general de la seguridad de equipos e instalaciones.

2.2.1.4 Mantenimiento correctivo

Luis Felipe Sexto (2014) menciona que el mantenimiento correctivo es una forma de mantenimiento del sistema que se realiza después de un fallo o problema que surge en un sistema, con el objetivo de restablecer la operatividad del sistema.

Este mantenimiento tiene por objetivo restaurar el funcionamiento de los equipos. Para esto se requiere hacer una evaluación integral de los daños, en algunas ocasiones es necesario retirar los equipos para revisarlos

El mantenimiento correctivo de emergencia debe llevarse a cabo con la mayor celeridad para evitar que se incrementen costos e impedir daños materiales y/o humanos.

Si se presenta una avería imprevista, se procederá a repararla en el menor tiempo posible para que el sistema, equipo o instalación siga funcionando normalmente sin generar perjuicios; o, se reparará aquello que por una condición imperativa requiera su arreglo (en caso que involucre la seguridad, o por peligro de contaminación, o por la aplicación de normas, etc.)

El mantenimiento correctivo resulta aplicable en:

Sistemas complejos, normalmente en componentes electrónicos o en aquellos donde no es posible prever fallas, y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

Equipos en funcionamiento que tienen cierta antigüedad. En estos casos puede suceder que la falla se presente en forma imprevista, y por lo general en el momento menos oportuno, debido justamente a que el equipo es exigido por necesidad y se le requiere funcionando a pleno.

Un inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse un capital inmovilizado y disponible de las piezas y elementos de repuesto, visto que la adquisición de los mismos puede no ser resuelta con rapidez, y requiere de una gestión de compra y entrega que no coincide con los tiempos reales para poner en marcha nuevamente los equipos en el más corto tiempo posible, con el agravante que puedan ser piezas discontinuadas, importadas o que ya no se fabriquen más.

Para efectuar el mantenimiento correctivo se designa al personal calificado para resolver el problema de inmediato y con la mayor solvencia profesional. Por lo general el personal para este tipo de mantenimiento se agrupa en grupos de trabajo.

2.3. Metodologías aplicadas para la gestión de mantenimiento

A continuación se describen las metodologías para la gestión de mantenimiento.

2.3.1. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye "cero accidentes, cero defectos y cero fallos" en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. TPM busca:

- Maximizar la eficacia del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos
- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero averías

Beneficios del TPM

Organizativos

- Mejorar las condiciones ambientales
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud

- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución

Productividad

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Mejora de la calidad del producto final
- Menor costo financiero por cambios
- Mejora de la tecnología de la empresa
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica

2.3.2. El ciclo P.H.V.A (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) de mejora continua

Deming (1950) presenta una herramienta de la mejora continua, la cual se basa en un ciclo de 4 pasos: Planificar (Plan), Hacer (Do), Verificar (Check) y Actuar (Act). Es común usar esta metodología en la implementación de un sistema de gestión de la calidad, de tal manera que al aplicarla en la política y objetivos de calidad así como la red de procesos la probabilidad de éxito sea mayor.

Los resultados de la implementación de este ciclo permiten a las empresas una mejora integral de la competitividad, de los productos y servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costos, optimizando la productividad, reduciendo los precios, incrementando la participación del mercado y aumentando la rentabilidad de la empresa u organización.

2.3.3. Gestión a la Calidad Total TQM

James Paul (1997) "El TQM es una filosofía de orientación generada por una orientación práctica, que concibe un proceso que visiblemente ilustra su compromiso de crecimiento y de supervivencia organizativa. Significa acción enfocada a la mejora de la calidad en el trabajo y la organización como un todo. Permite a una organización, por medio de una estrategia coordinada de trabajo en equipo y de innovaciones, satisfacer las expectativas y necesidades del cliente."

Las definiciones relativas al sistema de gestión de la calidad Total son las siguientes:

- **Políticas de la calidad**

Son orientaciones y objetivos generales de un organismo concerniente a la calidad, expresado formalmente por el más alto nivel de la dirección.

- **Gestión de la Calidad**

Es el conjunto de actividades de función empresarial que determina la política de calidad, los objetivos y responsabilidades se implementan por medios tales como la planificación de la calidad, el control de calidad, el aseguramiento de la calidad y mejora de la calidad, el marco del sistema de calidad.

- **Planificación de la Calidad**

Son las actividades que establecen los objetivos y los requisitos para la calidad así como los requisitos para la aplicación de los elementos del sistema de calidad.

La gestión del TQM (Total Quality Management) conduce a la implementación de procesos productivos que generan productos sin defectos, y que lo hagan a la primera, en miras de mantener la óptima eficiencia del sistema productivo. Los sistemas que en la actualidad consiguen optimizar conjuntamente la eficiencia productiva de los procesos y la calidad de los productos resultantes son considerados como altamente competitivos.

2.3.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability-centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años.

El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica, etc.

La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

Según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?

2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?

3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?

4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?

6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva

2.3.5. Estrategia de las 5s

Se llama estrategia de las 5S porque representa acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- Clasificar. (Seiri)
- Orden. (Seiton)
- Limpieza. (Seiso)
- Limpieza Estandarizada. (Seiketsu)
- Disciplina. (Shitsuke)

Las cinco "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. No es que las 5S sean características exclusivas de la cultura japonesa. Todos los no japoneses practican las cinco “S" en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notan. Practican el Seiri y Seiton cuando mantienen en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves etc.

La estrategia de las 5S es un concepto sencillo que a menudo las personas no le dan la suficiente importancia, sin embargo, una fábrica limpia y segura nos permite orientar la empresa y los talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- Dar respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Buscar la reducción de pérdidas por la calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral por el trabajo.
- Facilitar crear las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria.

- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y apriete
- Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre las acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5S
- Poder implantar cualquier tipo de programa de mejora continua de producción justo a tiempo, control total de calidad y mantenimiento productivo tota
- Reducir las causas potenciales de accidentes y se aumenta la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.

2.4. Herramientas para la gestión

Una definición de herramienta es un objeto que se utiliza para facilitar la realización de una tarea. Las herramientas de las que dispone la gerencia de mantenimiento son:

- CMMS (Computirized Maintenance Management System)
- Monitoreo de Condiciones
- Sistema Experto
- KPI's (Key Performance Indicators)
- Internet
- Información del fabricante
- RCA (Análisis de Causa Raíz)

Las tres primeras son catalogadas por la organización IEEE como las nuevas herramientas de la gerencia de mantenimiento. A continuación quiero hablar sobre cada una de ellas:

2.4.1. El CMMS (Computerized Maintenance Management System).

Pablo Viveros (2013), su artículo de propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento, justifica la necesidad de implantación de una herramienta software que dé soporte a la gestión global del mantenimiento y se exponen las principales ventajas que se pueden obtener:

• Disponibilidad de información para la toma de decisiones: control de costos, equipos críticos, repuestos, proveedores, personal o sobre cualquier otro parámetro relevante.

• Gestión de recursos, planificación y control de la ejecución del mantenimiento.

Un software de gestión del mantenimiento posibilita la captura y utilización de una gran cantidad de datos y parámetros. Las principales características operativas que debe tener cualquier herramienta software de gestión del mantenimiento son:

• Creación o conexión con base de datos de las instalaciones: datos técnicos, situación operativa, costos asociados y valor del inmovilizado.

• Almacenamiento y análisis del histórico de operaciones: fecha, duración, costo, operarios, equipos, repuestos, etc.

• Establecimiento de niveles de alarma para determinados parámetros.

• Planificación y gestión de tareas, recursos e inventario.

• Jerarquización de sistemas y equipos.

• Control del estado de cada orden de trabajo y de la ejecución de los programas de mantenimiento preventivo.

• Generación de informes.

• Análisis de las fallas.

• Disponibilidad de información para la toma de decisiones: control de costos, equipos críticos, repuestos, proveedores, personal o sobre cualquier otro parámetro relevante.

• Gestión de recursos, planificación y control de la ejecución del mantenimiento.

Baris Domínguez Fernández (2008) en su artículo menciona que el sistema computarizado de gestión de mantenimiento es una herramienta de informática que nos permite poder automatizar ciertas actividades que realiza el departamento de mantenimiento tales como: generación del mantenimiento preventivo, solicitud automática de repuestos críticos, registrar todas las actividades de costos e historial de los diferentes equipos o activos, reportes, entre otras más. Todo permite a la gerencia tener información en menor tiempo y por ende agiliza la toma de decisiones. Este tipo de sistema fue introducido en sus inicios con el objetivo de lograr un mejor control de costos, pero sus beneficios se han extendido al área de análisis para decidir sobre aspectos que afectan la operación de la empresa y mejorar los procesos. Un aspecto muy importante a considerar es que la calidad de información que insertemos en el sistema, incidirá directamente sobre la calidad de análisis que se puedan realizar.

Esta herramienta debe ser aplicada en toda empresa que maneje equipos y el retorno de inversión de la misma es rápido.

Los pasos que recomiendan seguir la elegir un CMMS son los siguientes:

- Hacer levantamiento en la empresa para determinar qué se requiere y personalizaciones requeridas.
- Hacer alcance en donde se detallen los entregables, etc.
- Obtener cotización incluyendo las modificaciones y evaluar costo
- Formar un equipo que participe en todas las fases de la selección e implementación
- Hacer pruebas y consultas de estabilidad y confiabilidad del suplidor y del sistema.
- Revisar los módulos que se incluyen para ver si satisfacen las necesidades de la empresa
- Tiempo que dura la implementación y considerar los riesgos que se puedan presentar.
- Entrenar bien a las personas que darán soporte del sistema
- Disponibilidad de soporte después de instalado el sistema

2.4.2. Monitoreo de Condiciones

Gerardo Trujillo (2003), el objetivo de un programa de monitoreo de condición, es conocer la condición de la maquinaria, de tal manera que se pueda determinar su operación de manera segura, eficiente y con economía. Las técnicas de monitoreo están dirigidas a la medición de variables físicas que son indicadores de la condición de la máquina y mediante un análisis, efectuar la comparación con valores normales, para determinar si está en buen estado o en condiciones de deterioro.

Baris Domínguez Fernández (2008), “Es una herramienta que consiste en mantener un monitoreo frecuente de la condición actual de los equipos o activos, establecer tendencias y comparando con los parámetros de diseño así como los estándares de buenas prácticas de la industria predecir en qué momento debemos prevenir una falla.”

Esto puede ser realizado a través de técnicas de mantenimiento predictivo tales como: análisis de vibraciones, termografía, ultrasonido, entre otras o también utilizando los datos obtenidos de la operación tales como datos de temperatura, flujo, presión, etc. incluyendo también inspecciones

visuales. El empleo de esta herramienta permite a la gerencia incidir en minimizar los costos de mantenimiento y lograr mayor disponibilidad de los activos.

Carolina Altamann (2007) Un plan de monitoreo de condición, no implica la mejora de la confiabilidad, no sólo porque el monitoreo de condición se enfoca únicamente a las consecuencias de los fallos, sino también por el grado de efectividad de las acciones correctivas.

El sistema de monitoreo de condiciones (FMMS) es una herramienta versátil, confiable y de última generación, utilizada con gran éxito en el campo de la minería. Este moderno mecanismo permite una acertada toma de decisiones para restablecer, en el menor tiempo posible, la operatividad de los componentes de la maquinaria cuando no está funcionando en óptimas condiciones, y establecer un plan adecuado y efectivo de paradas de los equipos de carguío y soporte de minería.

Combina e integra en un solo sistema la información de las distintas técnicas de monitoreo utilizadas generalmente en la administración del mantenimiento de equipos mineros, entre los que figuran el análisis de fluidos, de partículas de desgaste, de descargas electrónicas (por ejemplo VIMS) o de aplicación (FPO), entre otras herramientas. Este efectivo proceso de seguimiento es ideal para determinar diversos planes de acción y restablecer el funcionamiento de los componentes que presenten condiciones anormales o programar los cambios necesarios en coordinación directa con la gestión de planeamiento.

El uso del sistema de monitoreo de condiciones ayuda a prevenir fallas prematuras o catastróficas y, como consecuencia, la disminución de la vida útil de los componentes al determinar oportunamente el estado real de las piezas a través de los diferentes indicadores que proporcionan las herramientas integradas en el software. Esto, a su vez, permite la planificación ordenada de las reparaciones o el cambio de piezas, así como una permanente disponibilidad de la maquinaria operativa en las zonas de trabajo de nuestros clientes.

Ayuda a optimizar la utilización de recursos y permite encontrar un mejor balance económico entre el costo de la reparación y la vida útil de las partes que conforman los equipos.

2.4.3. Sistema Experto

Baris Domínguez Fernández (2008). “Es un sistema que se enfoca en especializar a cada empleado en un sistema de importancia para la empresa, planta o instalación normalmente durante un período de corto plazo y una vez termine con ese sistema se le asigna otro hasta que cada empleado llegue al punto de dominar todos los sistemas. El mismo es administrado normalmente por los supervisores y se debe dar un seguimiento frecuente al progreso del programa.”

2.4.4. KPI's (Indicadores Clave de Rendimiento)

Baris Domínguez Fernández (2008) esta herramienta permite a la gerencia medir hacia dónde se dirige el negocio y poder realizar ajustes para enfocar el rumbo en el sentido deseado. Los KPI's se enfocan en los objetivos y metas que la empresa no puede dejar de alcanzar porque de no hacerlo sale perjudicada (tiene pérdidas).

A continuación se presentan algunos criterios que deben ser considerados cuando se está decidiendo qué aspectos medir del departamento de mantenimiento:

- Los KPI's deben dirigir el comportamiento correcto del área
- Deben ser difíciles de manipular para que "se vean bien" (retóricos)
- No deben requerir mucho esfuerzo para medirlos. (Incentivo para prepararlos).

Los KPI's se diferencian de los indicadores tradicionales ya que están alineados en los objetivos estratégicos de la empresa.

Algunos ejemplos podrían ser: Tiempo entre fallas, disponibilidad de equipos críticos, número de fallas, etc.

2.4.5. El Internet

Baris Domínguez Fernández (2008) "El internet provee a la gerencia de mantenimiento de información actualizada sobre los activos que maneja así como sobre las mejores prácticas de la industria, localización más rápida de repuestos y materiales que no puedan estar disponibles en el almacén de la empresa, contacto con especialistas y en muchos casos intercambio con grupos de usuarios del mismo tipo de activo en uso y que previamente se integraron para tales fines."

La información del fabricante, es muy importante porque de ella se obtienen los parámetros y especificaciones requeridas para mantener los activos. Muchas empresas establecen en la empresa un departamento que se encarga de mantener la información fácilmente accesible y disponible para el momento en que requiera ser utilizada.

2.4.6. RCA (Análisis de Causa Raíz)

Baris Domínguez Fernández (2008) "Es una metodología utilizada para determinar cuál es la razón de que una falla no se pueda corregir definitivamente y luego de esto corregirla."

Esta herramienta es normalmente responsabilidad de un equipo de trabajo en la empresa integrado por las personas que tienen más facilidad y capacidad para determinar las razones de las fallas.

Carolina Altamann (2007) "El análisis de causa raíz es una herramienta utilizada para identificar causa de falla, de manera de evitar sus consecuencias."

El buen uso de esta herramienta permite que la empresa ahorre grandes cantidades de dinero no sólo por la reducción de los gastos de mantenimiento sino también por la reducción de la pérdida de producción y el incremento de confiabilidad y disponibilidad de los activos afectados.

2.5. Descripción de equipos de la planta de generación secoya

El departamento de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador tiene bajo su responsabilidad los siguientes equipos:

2.5.1. Motores Wärtsilä 16V32LNGD

El motor es un diesel de 4 tiempos, sobrealimentado y refrigerado y de inyección directa.

El bloque del motor está fundido en una pieza. El cigüeñal está montado en el bloque del motor a modo de eslinga baja. La tapa del cojinete principal está apoyada en dos tornillos de cojinete tensionados hidráulicamente y dos tornillos laterales horizontales.

El receptor del aire de sobrealimentación va integrado en la pieza de fundición que constituye el bloque motor, al igual que el colector de agua refrigerante. La estanquidad de las tapas del cárter, de metal ligero, se asegura por medio de juntas de goma. El cárter de aceite de lubricación está soldado.

Las camisas de los cilindros se diseñan con un cuello alto y con taladros de refrigeración cuyo efecto está optimizado para obtener la temperatura correcta en la superficie interior.

La camisa lleva un anillo anti desgaste en su parte interna superior.

Los cojinetes del cigüeñal, o cojinetes principales, son cojinetes bimetálicos o trimetálicos totalmente intercambiables, que pueden desmontarse bajando el sombrerete. Cada cojinete va provisto de un gato hidráulico que permite bajar y subir el sombrerete.

El cigüeñal es de una sola pieza de forja que se equilibra con los contrapesos necesarios. Las bielas en los motores Vasa 32 Low NOX de Wärtsilä están fabricados en una aleación de acero y mecanizados con secciones redondas. Todos los vástagos se aprietan hidráulicamente. El cojinete del bulón es de tipo trimetálicos.

En los motores más antiguos las bielas están estampadas en caliente, el extremo grande se divide y las caras de contacto están acanaladas. El extremo pequeño está escalonado para conseguir grandes superficies portantes. Los cojinetes del extremo grande pueden ser bimetálicos o trimetálicos indistintamente.

El conjunto de anillos del pistón de los motones Vasa 32 Low NOX de Wärtsilä cuentan con dos anillos de compresión cromados y un resorte de aceite con bordes cromados.

En los motores más antiguos, el conjunto de anillos de pistón consta de tres anillos de compresión cromados y un resorte de aceite cromado.

Los pistones están provistos de un sistema de lubricación de la falda patentado por Wärtsilä. Las ranuras del segmento superior están endurecidas. El aceite refrigerante entra en el espacio de refrigeración a través de la biela. Los espacios de refrigeración están diseñados para lograr un efecto de agitación óptimo.

La culata, de acero fundido especial, va fijada por cuatro tornillos tensa- dos por medios hidráulicos. La culata es de doble pared y el agua refrigerante es forzada desde la periferia hacia el centro, obteniéndose una refrigeración eficiente en las zonas más importantes.

Las válvulas de admisión están recubiertas de estelita y sus vástagos son cromados. Los anillos de asiento de las válvulas son de una aleación especial de hierro fundido y recambiable.

Las válvulas de escape, también con asientos de estelita y vástagos cromados, se acoplan directamente a los anillos del asiento de válvula refrigerado. En algunas aplicaciones, se utilizan válvulas Nimonic.

Los anillos de asiento, de un material resistente a la corrosión, son recambiables.

Los árboles de levas constan de una pieza por cilindro con la leva integrada. Los apoyos son piezas separadas y, por lo tanto, es posible extraer una pieza del árbol de levas lateralmente.

Las bombas de inyección disponen de poleas conducidas de rodillo y suelen poder cambiarse sin ningún ajuste. Las bombas y las tuberías están situadas en un espacio cerrado aislado del calor para el paso de combustible pesado.

Los turbocompresores suelen estar situados en el extremo libre del motor, pero, si así se solicita, también pueden situarse en el lado de la transmisión.

Los motores en V llevan dos turbo alimentadores, uno para cada bloque de cilindros.

Los radiadores de sobrealimentación son elementos insertables y desmontables, y en los motores en V hay dos idénticos.

Figura 7-2 Motor Wärtsilä 16V32LNGD

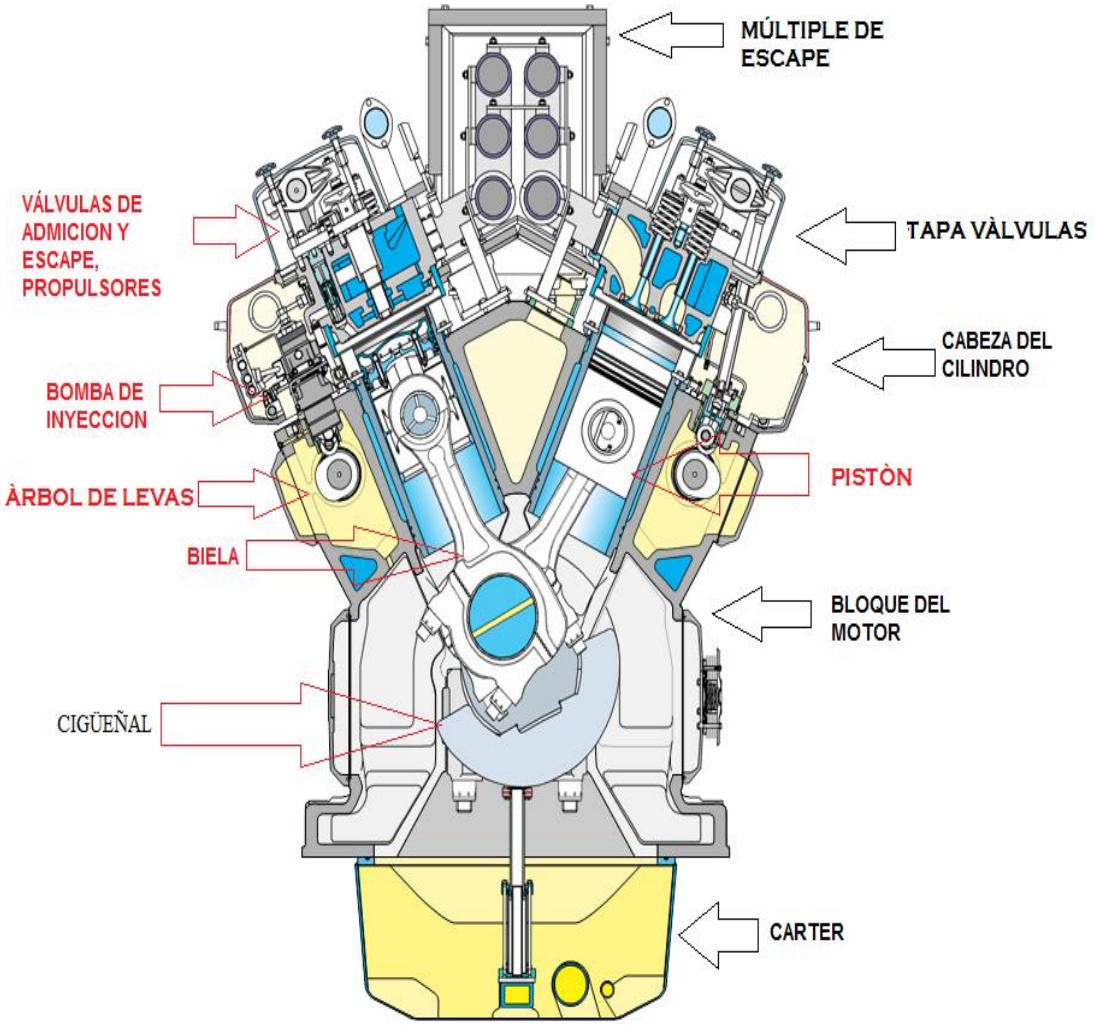


Figura 8-2 Motor Wärtsilä LNGD16V32
Fuente: Manual de operación y mantenimiento Wärtsilä 16V32LNGD

2.6. Conclusiones del capítulo II

- Se estudió la evolución que ha tenido la gestión del mantenimiento, conceptos etc. donde se observó la gran cantidad de información, teorías, conceptos que son la base del trabajo, a través de los años y la importancia de ella en la industria. Sin embargo no se encontraron metodologías específicas que apliquen a los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD

- Se analizaron las metodologías aplicadas para la gestión de mantenimiento, donde la teorías del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad),

Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) son las que más contribuyeron para el desarrollo de la metodología para la mejora en la gestión de mantenimiento y con ello incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, ya que utilizan técnicas de fácil implementación y lo que es más importante de bajo costo.

- Se describieron los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ya que son los equipos principales de la Planta de Generación.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS PARA ELEVAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD UBICADOS EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN SECOYA

En el presente capítulo se expone la propuesta metodológica al problema planteado en el estudio, con el objetivo de proponer una metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD. La misma cuenta con dos aspectos, en la primera parte se propone un modelo general de los procesos de mantenimiento en la cual se describen las entradas, componente del sistema de mantenimiento y las salidas. En la segunda parte se propone la metodología de mejora para la gestión de mantenimiento la cual cuanta con análisis de la situación inicial de la gestión de mantenimiento, elaboración de la matriz FODA y el diseño del sistema de mejora para incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD.

3.1. Principios teóricos y metodológicos para la solución del problema

Dada la naturaleza del sistema estudiado, la metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, del problema identificado que no existe un buen sistema de gestión de mantenimiento y los resultados de investigaciones anteriores sobre la mejora del sistema de mantenimiento se aplican los aportes que realizaron Moubray (1997), Torres (2005), el autor de este trabajo consideró que el planteamiento de un modelo teórico elaborado a partir de la teoría del sistema y posteriormente la elaboración, en correspondencia del resultado del estudio teórico, de una metodología general integral y sistémica para la gestión especifica del mantenimiento del sistema estudiado permitirá resolver las falencias identificadas y darle mayor valor al proceso de gestión de mantenimiento.

El estudio teórico del sistema del tema a partir de considerar que la gestión de mantenimiento en Wärtsilä Ecuador constituye un sistema de gestión dado a que cumple las propiedades básicas de un sistema como lo indica Espinoza (2002) constituye una herramienta efectiva para identificar los componentes claves para elaborar una metodología integral y sistémica para gestionar el mantenimiento a la medida de las características del problema estudiado. El estudio teórico del sistema permitirá entre otras.

- Hacer predicciones e inferencias sobre el sistema de mantenimiento real que tiene la empresa Wärtsilä Ecuador al cual se aplica la teoría
- Explicar de manera económica los datos experimentales e incluso hacer predicciones sobre hechos que serán observables bajo ciertas condiciones.

Para desarrollar la metodología de mejora para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD los resultados del estudio teórico y en los principios del mantenimiento industrial, que no sólo previene los paros improductivos, sino que constituye el principal aporte al incremento de las utilidades, mediante programas de eliminación de paradas, reducción del consumo de energéticos y en general el mejoramiento de la productividad de la planta.

En general la metodología de gestión del mantenimiento proporciona.

- Una guía práctica y ordenada de pasos para la elaboración de planes de mantenimiento con la finalidad de mejorar continuamente.
- La metodología se utiliza para el estudio del método en sí.

3.1.1. Métodos teóricos que sustentan la solución

El método guía es el sistémico dado sus ventajas a saber.

- El enfoque sistémico y la teoría general del mantenimiento, sirven como herramienta útil para estudiar, ya que al conocer las características de elementos, como el ámbito, donde se encuentra ubicado, su estructura, que son los componentes del sistema, y la dinámica, como las interacciones que realiza, podemos hacer que sea más rápido.
- Fácil de comprender y de emplear en el campo laboral.
- Practicar la sinergia, entre los integrantes de un grupo.
- Globalidad, surgiendo como necesidad de integrar diferentes áreas del conocimiento para estudiar una situación o problemas específico, para elaborar un proyecto.

Otros métodos específicos del área de la gestión del mantenimiento empleados son:

1. ***Mantenimiento Basado en Condición (CBM).*** El conjunto de acciones, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los activos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas.

2. ***Mantenimiento Productivo Total (TPM).*** Moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial, para optimizar la gestión de activos, que permite con la participación total de la empresa tener equipos de producción siempre listos.
3. ***Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).*** Detecta las mejores prácticas para garantizar la función principal de los activos, considerando los posibles efectos que originan sus modos de falla, en la seguridad, el medio ambiente y las funciones operacionales.
4. ***Optimización de Mantenimiento Planeado (PMO).*** Método diseñado para revisar y optimizar todos los requerimientos del sistema, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación, basado en el mantenimiento actual y la experiencia del personal de planta.
5. ***Optimización Integral del Mantenimiento (MIO***). Estrategia que permite reducir los costos a lo largo del ciclo de vida de los activos; usando el talento idóneo para la ejecución de programas de optimización de las estrategias, de los procesos productivos, de los sistemas y procedimientos, y por supuesto del capital intelectual, con aplicación de las metodologías de la confiabilidad humana.
6. ***Mejores prácticas.*** La metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD utiliza como plataforma estratégica la incorporación de las mejores prácticas relacionadas con el proceso de gestión de mantenimiento, para llegar a la excelencia en mantenimiento.

Por mejores prácticas se entiende que son referencias estándar para la gestión del mantenimiento que tienen los siguientes atributos: son reales, específicas, alcanzables y probadas en el mundo y que han hecho más eficientes y rentables al negocio de mantenimiento en las empresas líderes, optimizando los costos de operación, mejorando la confiabilidad de los activos y generando mayor satisfacción y motivación del personal.

Las siguientes son las diez mejores prácticas en las cuales está sustentado la metodología de mejora en la gestión de mantenimiento para elevar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD:

1. Organización centrada en equipos de trabajo.
2. Apoyo y visión de la gerencia.

3. Integración con proveedores de materiales y servicios.
4. Planificación y programación proactiva.
5. Contratistas orientados a la productividad.
6. Procesos orientados al mejoramiento continuo.
7. Gestión disciplinada de suministro de materiales.
8. Gerencia disciplinada de paros de planta.
9. Producción basada en confiabilidad.
10. Integración de sistemas.

Además se emplean otras herramientas y métodos esencialmente para la confección de la metodología y su implantación entre los que se encuentran.

- **Encuestas.**

Las encuestas son herramientas que permiten la recolección de información acerca de determinada situación, para luego ser analizada, tabulada e interpretada.

La encuesta se aplicará a los trabajadores de la empresa Wärtsilä Ecuador, permitiendo al investigador determinar las informaciones y datos que contribuyeron a la evaluación del contexto de la organización y gerencia de equipamiento. La encuesta se elaboró con la misma estructura de la Norma Covenin 2500-93, agrupando los encuestadores dependiendo del área de evaluación

- **Observación directa.**

Para el desarrollo de la investigación fue necesario la observación directa del investigador, para ello fue necesario estar en contacto con la partes estratégica y operativa de la organización, para evaluar la situación actual y diagnosticar el sistema para determinar las estrategias a definir en el plan de acciones.

- **Paquetes computarizados**

Para el desarrollo, análisis y elaboración de la investigación fue necesaria la utilización de las herramientas básicas de los paquetes computarizados como Word, Excel, Power Point y Microsoft Proyect.

3.2. Modelo teórico del sistema de mantenimiento de los grupos electrógenos 16v32lngd de la empresa wärtsilä ecuador.

En base a la teoría estudiada se presenta un sistema de mantenimiento, como se puede observar en la figura 3.1 donde se aprecian que en los sistemas de entrada tenemos al apoyo logístico,

repuestos a tiempo, y la información en forma oportuna hacen que el proceso de mantenimiento garantice una disponibilidad requerida por el cliente o parte interesada.

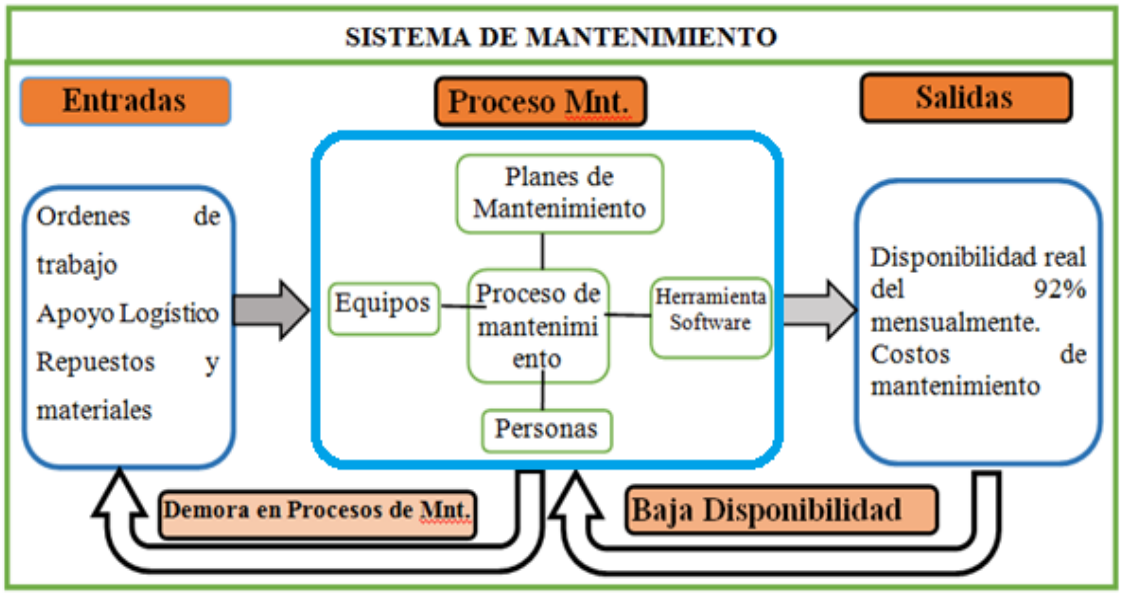


Figura 9-3 Modelo de sistema de mantenimiento aplicada para grupos electrógenos 16V32LNGD de Wärtsilä Ecuador.

Elaborado por: Autor

3.2.1. Entradas

En el modelo de la estructura de mantenimiento de Wärtsilä Ecuador se tienen Órdenes de trabajo, Apoyo Logístico, suministro de materiales y repuestos para con ello realizar las actividades de mantenimiento.

a) Ordenes de trabajo.

En el ambiente de mantenimiento industrial, la orden de trabajo es un elemento de planificación que indica, según los casos y las variantes de cada lugar, para cada lote a producir, pedido a cumplir, productos concretos a fabricar o similares:

- Los materiales que han de utilizarse y / o los realmente empleados.
- Las máquinas que han de intervenir.
- La mano de obra necesaria.
- Los planos, croquis o esquemas necesarios.
- El circuito administrativo o de recorrido de la orden.
- Las autorizaciones necesarias.
- La firma de los empleados o de los mandos intermedios que intervienen en esa producción.
- Las fechas de planificación, producción y terminación de los productos fabricados.
- Los tiempos empleados.

b) Apoyo Logístico.

Uno de sus objetivos consiste en desarrollar y gestionar el flujo entero de materiales, desde el suministro inicial (identificación de materias primas), por medio de la producción, el almacenamiento y la distribución final de productos destinados al consumo.

3.2.2. Componentes del sistema de mantenimiento

Como se observa en la figura 3.1 el sistema está conformado por cuarto componentes a saber: los planes de mantenimiento, las personas o personal de mantenimiento debidamente capacitado, los equipos y herramientas, y para cerrar el círculo se utiliza un software de mantenimiento.

a) Planes de mantenimiento.

El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades:

Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación.

Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año.

Las actividades que se realizan durante las paradas programadas.

Las tareas de mantenimiento son, como ya se ha dicho, la base de un plan de mantenimiento. Las diferentes formas de realizar un plan de mantenimiento que se describen en los capítulos siguientes no son más que formas de determinar las tareas de mantenimiento que compondrán el plan.

Al determinar cada tarea debe determinarse además cinco informaciones referentes a ella: frecuencia, especialidad, duración, necesidad de permiso de trabajo especial y necesidad de parar la máquina para efectuarla y cumpliendo con las siguientes características.

- Listado de equipos significativos
- Elaboración de instrucciones genéricas por tipos de equipo
- Aplicación de las instrucciones genéricas a los equipos significativos
- Consulta a manuales de fabricantes
- Obligaciones legales

b) Personal de mantenimiento

Para que el personal cuente con conocimientos técnicos que les permita realizar el óptimo mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNG de sus diferentes tecnologías, es necesario que se capaciten continuamente.

El personal de mantenimiento es algo más complicado que el personal de producción o el administrativo. Tiene unas características peculiares que deben ser tenidas en cuenta a la hora de decidir la política de gestión de este personal.

- Este personal no es fácilmente sustituible. No es fácil ir al mercado laboral y encontrar técnicos con formación y experiencia en los equipos concretos de nuestra instalación.
- Cuando sucede un incidente, como una parada de máquina, una emergencia, etc., es el personal especializado el encargado de su resolución, en el tiempo más breve posible. Esto genera nervios, tensión, y estrés.
- Entre el personal técnico especializado suele existir mayor nivel de competencia entre compañeros que en otros departamentos

c) Equipos y herramientas

Los equipos especiales y herramientas son importantes ya que son la base para realizar un mantenimiento, la falta de ellos podrían acarrear demoras en la ejecución de mantenimientos ya sean estos preventivos o correctivos.

Por lo que se hace necesario tomar todas las herramientas y equipos necesarios como se interprete en el plan de mantenimiento.

d) Software de mantenimiento

En la actualidad, la informática está cada vez más presente en la gestión de mantenimiento de equipos o instalaciones industriales, facilitando la realización de tareas y reduciendo los costes de forma considerable. Algunas de esas ventajas son:

- Analizar datos que harán que la tomas de decisiones se efectúe de manera más rápida y flexible, a la vez que nos permitirá ajustar tareas de manera más eficiente.
- Analizar las averías de cada equipo e ir directamente al problema, dándonos la posibilidad de analizar los datos de nuestro sistema y así poder optimizarlo y realizar un mantenimiento adecuado.
- Reducir los niveles de inventarios
- Mejorar la organización de la mano de obra e información documentada de mantenimiento.
- Posibilidad de disponer de un histórico de averías, que nos permite controlar antiguos problemas para así facilitar la actuación de los operarios.

3.2.3. Salidas

En las salidas se espera tener por lo mínimo un 92% de disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16VLNGD y que los costos de mantenimiento estén dentro de lo planificado anualmente.

Si su disponibilidad está por debajo de la requerida (92%), si se tiene problemas en los procesos de mantenimiento se requiere una revisión de las entradas de la estructura de mantenimiento del área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador, se hará necesario la revisión de la parte legal o el apoyo logístico y con ello mejorar los procesos de mantenimiento.

3.3. Metodología General de Gestión de Mantenimiento para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador

En la figura 3.2 se representa la metodología general de gestión de mantenimiento para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador, elaborada a partir de los resultados del estudio

teórico y los métodos y herramientas pertinentes para la gestión de mantenimiento. La metodología creada tiene como ventajas:

- Disminución de paros de planta y demora en mantenimientos programados a causa de la planeación del mantenimiento siguiendo las prácticas de la metodología propuesta obteniendo una reducción de pérdidas de producción a causa de energía no generada y de los costos de mantenimiento
- Integración de iniciativas de mejora continua a nivel corporativo de Wärtsilä Ecuador alineadas con la visión y misión.
- Capacitación en roles de la cadena de valor de mantenimiento a los profesionales del mantenimiento
- Alineación de la estructura organizacional de mantenimiento con los roles de la cadena de valor
- Creación de una cultura del dato, calidad de captura de información y medición de gestión a través de indicadores.
- Optimización en el uso de los recursos a través de la programación integral de las actividades de mantenimiento.

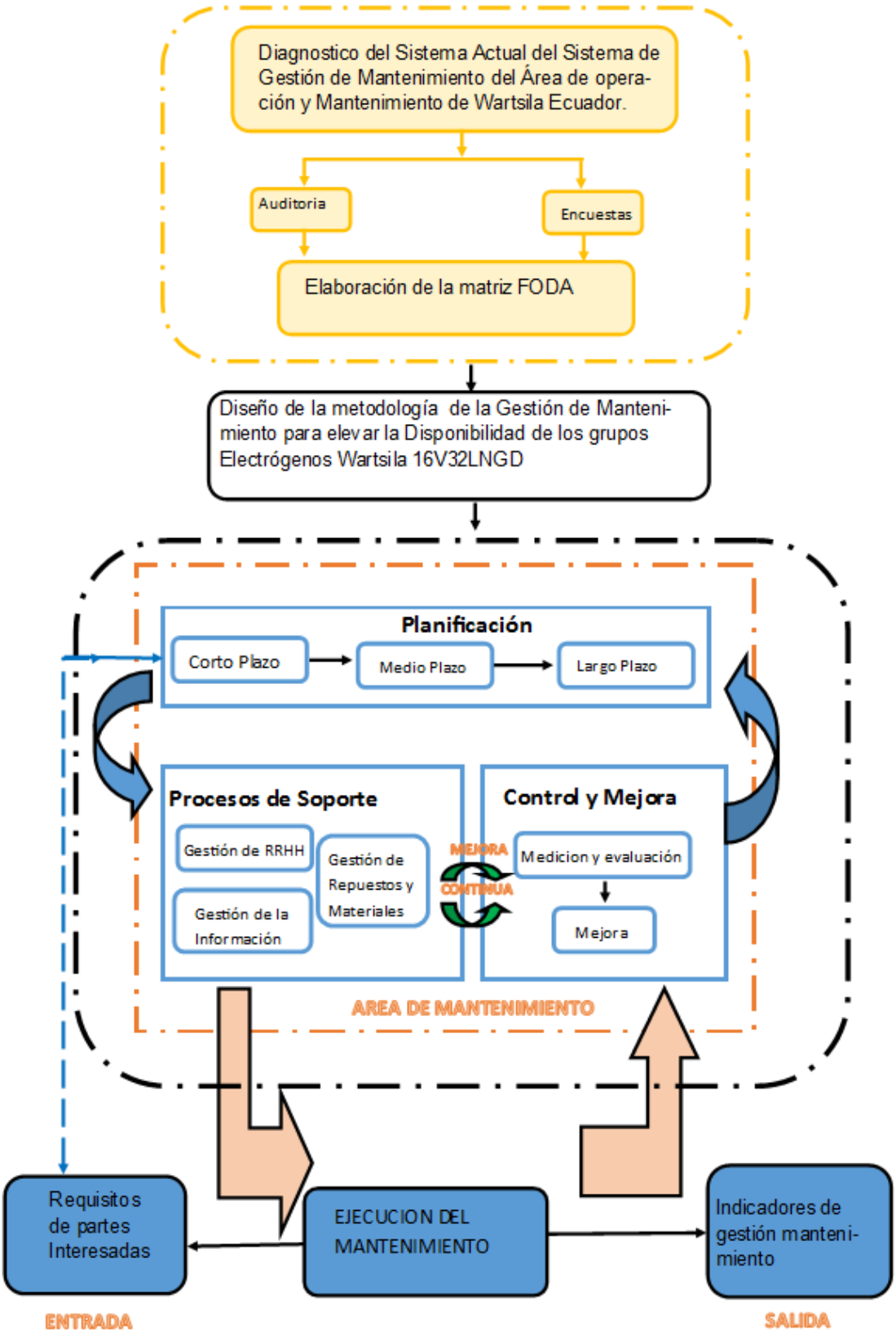


Figura 10-3 Metodología general de gestión de mantenimiento para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador
Elaborado por: Autor

3.3.1. Módulo del diagnóstico Actual del sistema de gestión de Mantenimiento

En este módulo para la correcta evaluación se tienen técnicas de soporte como las Normas Covenin 2500-93 “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la Industria”.

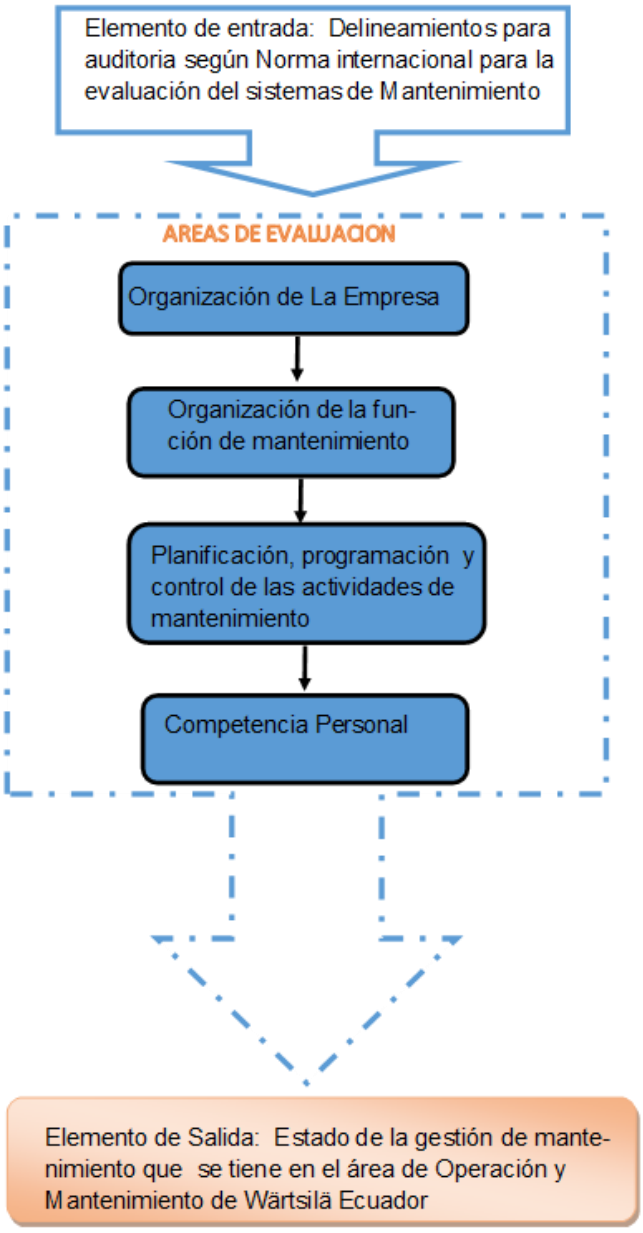


Figura 11-3 Proceso de evaluación del sistema de gestión de mantenimiento actual

Elaborado por: Autor

3.3.2. Módulo de uso de la Matriz FODA

Una vez que se determina la situación inicial de la gestión de mantenimiento en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador se realizará una matriz FODA para determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

En la Figura 3.4 se ilustra un ejemplo de cómo se debe realizar la matriz FODA

Dejar siempre en blanco	DEBILIDADES (D) 1. 2. 3. 4. 5 Hacer lista 1. Debilidades 7. 8. 9. 10.	FORTALEZAS (F) 1. 2. 3. 4. 5. Hacer lista 6. de Fortalezas 7. 8. 9. 10.
OPORTUNIDADES (O) 1. 2. 3. 4. 5. Hacer lista 6. de oportunidades 7. 8. 9. 10.	ESTRATEGIAS (FO) 1. 2. 3. 4. 5. Uso de fortalezas para 6. Aprovechar 7. Oportunidades 8. 9. 10.	ESTRATEGIAS (DO) 1. 2. 3. 4. 5. Vencer debilidades 6. Aprovechando 7. Oportunidades 8. 9. 10.
AMENAZAS (A) 1. 2. 3. 4. 5. Hacer lista 6. de amenazas 7. 8. 9. 10.	ESTRATEGIAS (FA) 1. 2. 3. 4. 5. Usar fortalezas para 6. evitar amenazas 7. 8. 9. 10.	ESTRATEGIAS (DA) 1. 2. 3. Reducir a un mínimo 4. las debilidades 5. y evitar 6. amenazas 7. 8. 9. 10.

Figura 12-3 Matriz FODA

Elaborado por: Autor

La realización sistemática de esta técnica de análisis de problemas (FODA) permite realizar ejercicios para el logro de los objetivos que se plantea la organización.

En la Figura 3.5 se muestran que las fortalezas hacen que puedan aprovecharse las oportunidades, en tanto que las debilidades se convierten rápidamente en amenazas que pueden dejar a la empresa fuera de competencia. Es indudable entonces que resulta necesario aprovechar las oportunidades que presenta el mercado de trabajo para lo cual resulta vital potenciar las fortalezas, y superarse para que las debilidades (que es necesario convertir en fortalezas) no se conviertan en una amenaza que impida la supervivencia de la empresa. De manera fundamental a través de la realización de nuevos negocios, actualización de la tecnología, la creación de una organización eficiente, y la capacitación de los recursos humanos.

Figura 13-3 Fortalezas en Oportunidades, Debilidades en Amenazas

Elaborado por: Autor

3.3.3. Diseño del Sistema de Mejora para incrementar la Disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD.

Para el diseño del sistema de mejora se establecieron tres módulos los cuales se detallan a continuación.

a. Módulo de Planificación

En la figura 3.6 se ilustra el módulo de planificación de la metodología propuesta para el incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, donde se tienen técnicas de soporte tales como RCM, análisis de criticidad, priorización de activos, planificación de órdenes de trabajo y TPM.

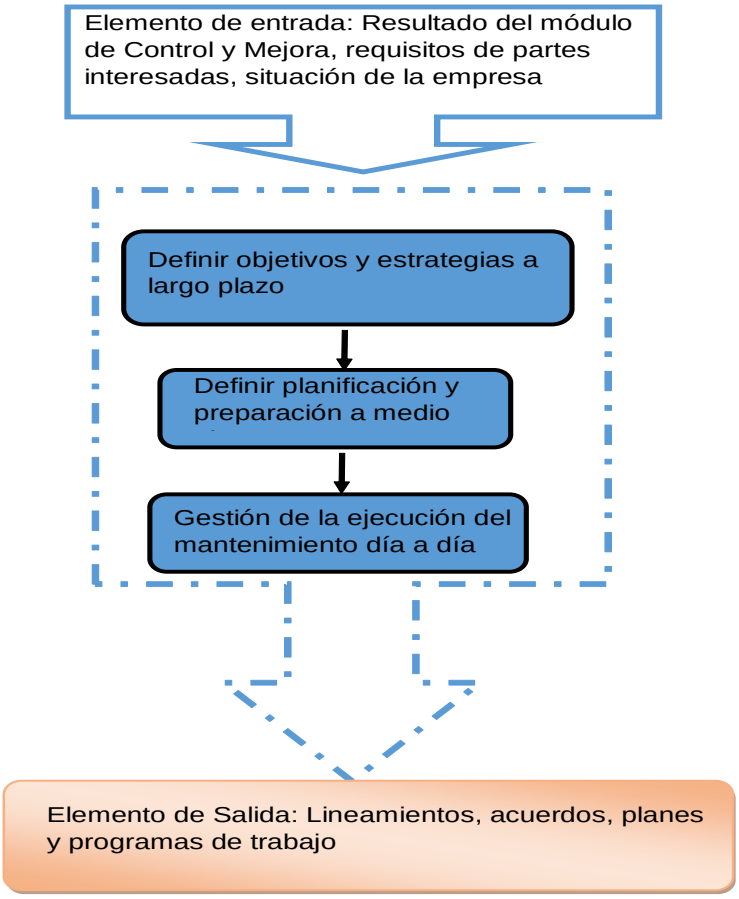


Figura 14-3 Módulo de Planificación para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

Elaborado por: Autor

b. Proceso de Soporte

En el proceso tiene técnicas de soporte relacionadas a la Gestión de recursos humanos técnicas como:

- Motivación
- Formación
- Evaluación del desempeño
- Comunicación
- Evaluación del clima laboral

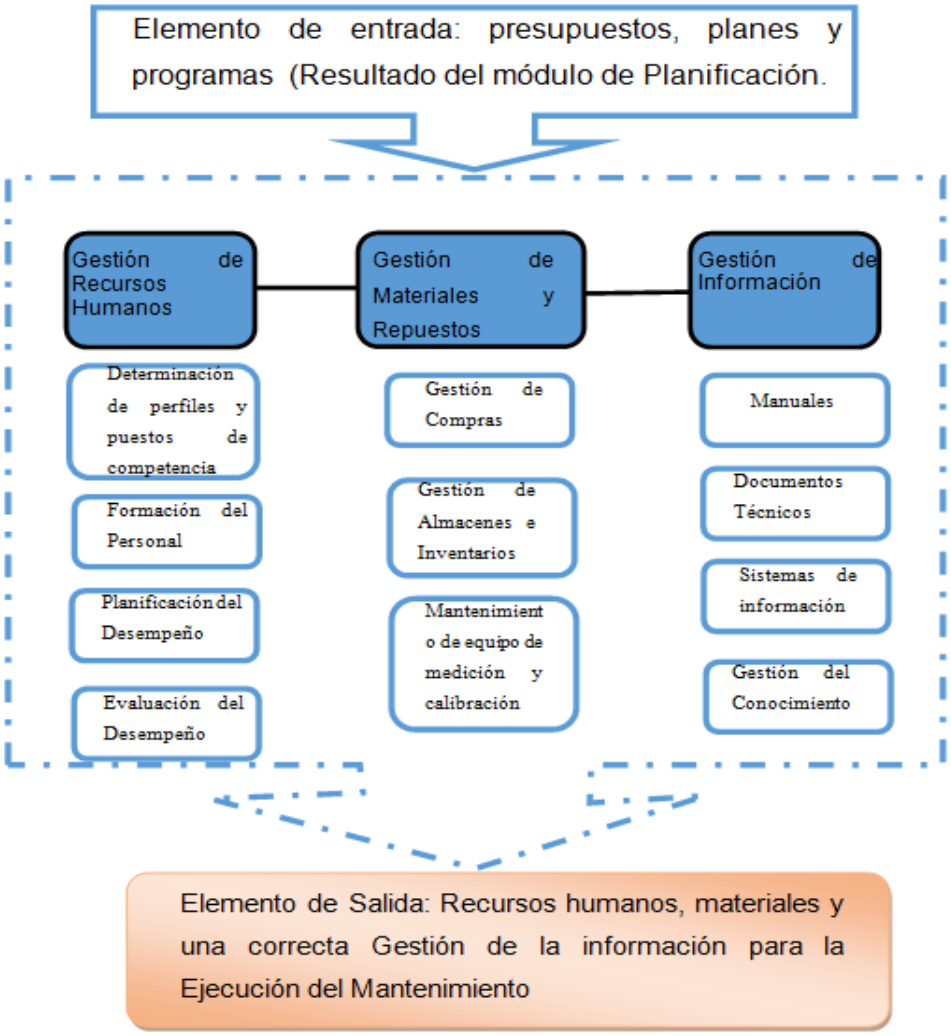
Las técnicas de soporte relacionadas a la gestión de materiales y recursos son las siguientes:

- Técnica de gestión de proveedores
- Técnicas para la gestión de inventarios

- Técnicas de optimización de entradas y salidas

Las técnicas de soporte relacionadas a la gestión de información son las siguientes:

- Técnicas de la gestión de los sistemas informáticos
- Técnicas informáticas y de comunicaciones
- Técnicas de gestión de la información



Elaborado por: Autor

c. Ejecución del Mantenimiento

En el proceso de ejecución de mantenimiento tenemos técnicas de soporte:

- Control de dispositivos de seguimiento y medición.
- Trazabilidad

- TPM
- Gestión de datos.
- Herramientas estadísticas.

En la Figura 3.8 se muestra la estructura del proceso de ejecución del mantenimiento que se pretende implementar en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

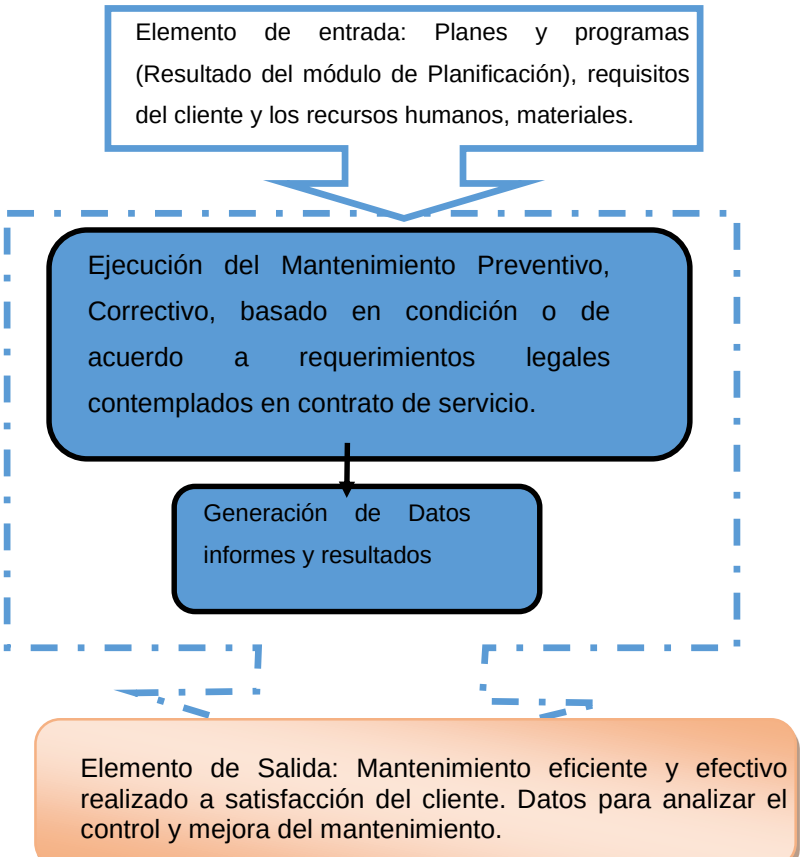


Figura 16-3 Estructura del Proceso de Ejecución del Mantenimiento propuesto para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

Elaborado por: Autor

d. Control y Mejora.

En el proceso de control y mejora tenemos técnicas de soporte:

- Análisis de KPI (Coste/beneficio, desempeño del personal, control de órdenes de trabajo, de materiales, etc.)
- Análisis de eficacia y eficiencia.
- Auditorias
- Análisis de soporte de servicio
- Análisis de fiabilidad operacional (ORA).
- Gestión de Cambio

- Análisis de costo de ciclo de vida (LCCA)
- Reingeniería de procesos

En la Figura 3.9 se muestra la estructura del proceso de control y mejora que se pretende implementar en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

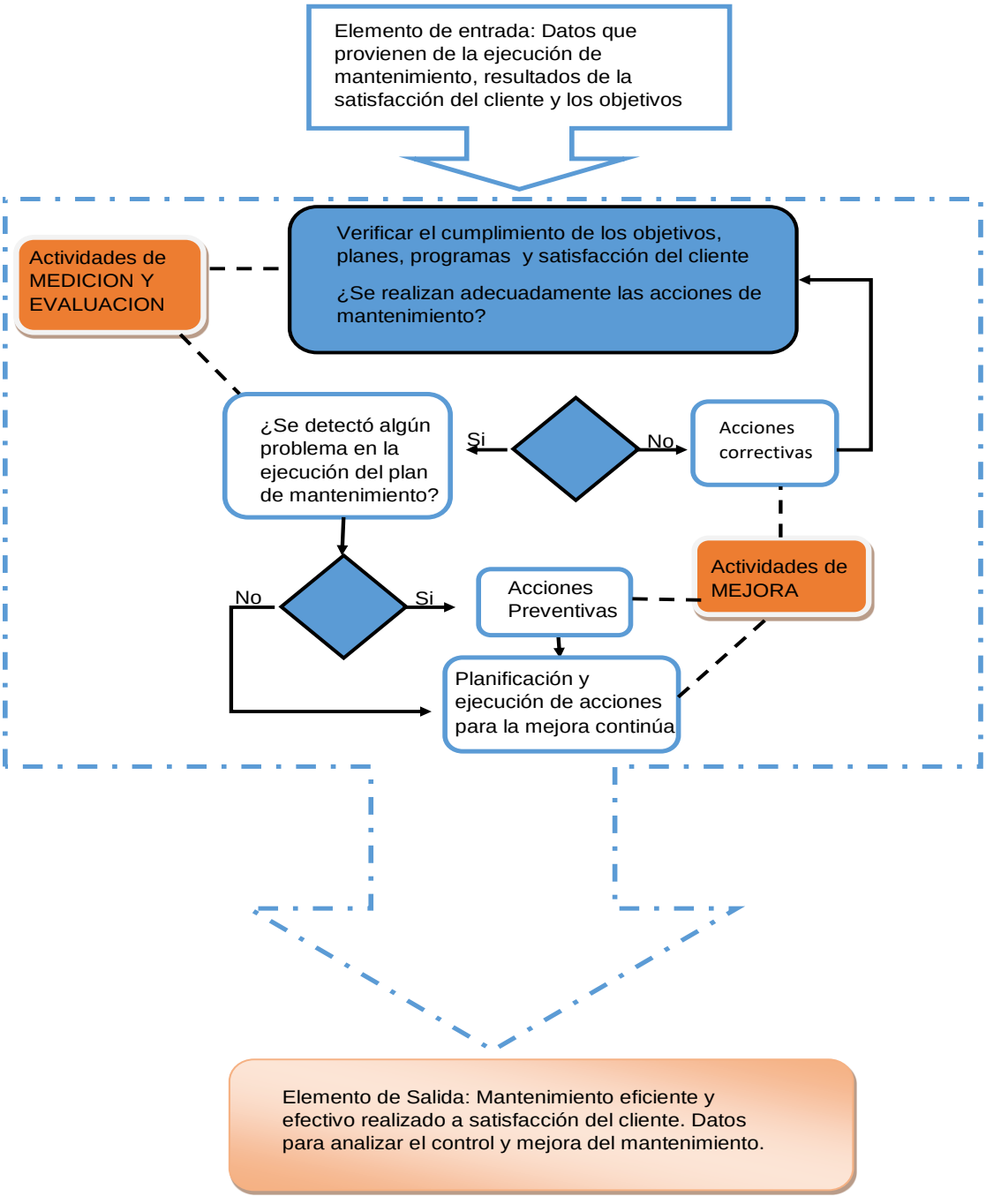


Figura 17-3 Estructura del Proceso de Control y Mejora propuesto para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

Elaborado por: Autor

3.4. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III.

1) El objeto de estudio establece un sistema socio- técnico por la que es pertinente usar una teoría general del sistema de mantenimiento, alrededor de la cual se integran otros cuerpos teóricos y metodológicos sobre el mantenimiento así como las metodologías específicas entre las cuales están el TPM, RCM GEMO.

2) El modelo del sistema elaborado permite un estudio teórico del objeto y está compuesto por tres elementos fundamentales a saber: a) Entradas mismas que constan las órdenes de trabajo, requerimientos legales etc., b) Procesos de mantenimiento mismo que consta apoyo logístico, personal de mantenimiento y herramientas equipos, y c) Salidas donde se identifica la disponibilidad real del sistema. Estos componentes constituyen los ejes claves para establecer un sistema efectivo de gestión del mantenimiento por su papel en su implementación práctica.

3) Se elaboró una metodología que a partir del resultado del estudio teórico integra los componentes claves en su proceder así como los procesos esenciales organizados en tres etapas a saber: planificación, procesos de soporte y control y evaluación. En cada etapa se desarrollan varios pasos o actividades que garantizan la gestión del sistema de mantenimiento en el sistema estudiado. Esto potencia los componentes personales de mantenimiento, planes de mantenimiento y software de mantenimiento ya que permiten la mejora del sistema y con bajos costos en su implementación.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN PARCIAL DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS WÄRTSILÄ 16V32LNGD Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se exponen los resultados de la aplicación parcial de la metodología propuesta hasta elaborar el plan de acción así como la evaluación de los resultados parciales observados y esperados mediante la ayuda de herramientas estadísticas.

4.1. Diagnóstico del sistema actual del sistema de gestión de mantenimiento del área de operación y mantenimiento de wärtsilä Ecuador basada en la norma covenin 2500-93.

Mediante la evaluación del sistema actual de la gestión de mantenimiento se estudiarán siete áreas las cuales conforman la estructura de mantenimiento del SISTEMA ESTUDIADO. A continuación se definen las siete áreas de estudio conformadas por: organización de la empresa, organización de mantenimiento, planificación de mantenimiento, mantenimiento programado, mantenimiento correctivo, personal de mantenimiento, apoyo logístico.

Siguiendo los procedimientos establecidos para evaluar los sistemas de mantenimiento industrial mediante la Norma Covenin 2500-93 “Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento industrial en la industria", se definió el perfil y los indicadores de mantenimiento, obteniéndose los siguientes resultados:

4.1.1. Área I: organización de la empresa

En el área de la organización de la empresa, se consideró para la evaluación del sistema actual de la gestión de mantenimiento los siguientes principios básicos: funciones y responsabilidades, autoridad y autonomía y sistema de información.

a. Funciones y responsabilidades.

En la tabla 4.1 se muestra los resultados de las funciones y responsabilidades del área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador. Donde se puede concluir que la organización cuenta con una representación gráfica general donde se evidencian las responsabilidades y procedimientos por escrito encontrándose enmarcadas las actividades de cada personal. La empresa cuenta con el manual de organización, donde los cargos actuales de los departamentos se encuentran establecidos de acuerdo a las funciones desempeñadas en cada área de la empresa. Son pocos los empleados del área que no lo conocen.

Tabla 3-4 Funciones y Responsabilidades

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
1. Organización de la Empresa Funciones y responsabilidades		La empresa posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad en producción).	60												**52**
	60	1.1 La empresa no posee organigrarnas acordes con su estructura o no estan actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departarnentos.	20	x											20
		1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no estan especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.	20			x									16
		1.3 La definición de funciones y la asignacion de responsabilidades no llega hasta el ultimo nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados	20			x									16
		utoridad y autonomía													

Tabla 4-4 Autoridad y Autonomía

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
		Principio Básico: Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen	**40**												**40**

En la tabla 4.2 se muestra el resultado que se obtuvo. La puntuación fue máxima ya que dentro de la organización existe personal que cuentan con los conocimientos técnicos necesarios para el desempeño de la funciones y tiene la suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las responsabilidades establecidas.

c. Sistema de información

Tabla 5-4 Sistema de información

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
3. Organización de la Empresa Sistema de Informacion		**Principio Básico:** La empresa cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.	**50**												**13**
	50	3.1 La empresa no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de informacion, donde esten involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones	10										x		1
		3.2 La empresa no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información	5										x		0,5
		3.3 La empresa no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado tecnicamente	5										x		0,5
		3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la informacion entre las diferentes secciones o unidades, asi como almacenamiento (archivo) para su cabal recupcracion	10				x								7
		3.5 La ernpresa no dispone de los medios para el procesamiento de la informacion en base a los resultados que se deseen obtener	10									x			2
		3.6 La empresa no dispone de los mecanismos para que la informacion recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla	10									x			2

Tabla 4.3 se muestra el resultado que se obtuvo con respecto a sistemas de información, donde se concluye que la empresa no cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información para el sistema que lleve una secuencia lógica a fin de conseguir la confiabilidad y disponibilidad de objetos a mantener.

4.1.2. Área II: Organización de mantenimiento

Para la evaluación de la organización de mantenimiento se consideró los principios básicos tales como: funciones y responsabilidades, autoridad y autonomía y sistema de información.

a. Funciones y responsabilidades.

En la Tabla 4.4 se muestra el resultado de la evaluación de funciones y responsabilidades en la organización de mantenimiento, donde se concluye que la empresa cuenta con una estructura de mantenimiento bien definida en donde se lleva por escrito las responsabilidades y funciones de los diferentes componentes que integran a la unidad de mantenimiento. En donde les permita llevar, de una manera más eficiente, todas las actividades que se deben ejecutar y en donde cada personal tenga definidas las responsabilidades, en las cuales se puedan cumplir con todas las tareas prioritarias para el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

La empresa tiene actualizada las funciones de la organización de mantenimiento de acuerdo a las actividades que realizan, se tiene definido el perfil del cargo de los empleados de acuerdo a los requerimientos del departamento de mantenimiento.

Tabla 7-4 Funciones y responsabilidades en Organización de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
4. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO Funciones y Responsabilidades		**Principio Básico:** La función mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados	**80**												**79**
	80	4.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no estan actualizados para la organizacion de Mantenimiento	15	x											15
		4.2 La Organizacion de mantenimiento, no esta acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribucion geografica, u otro	15	x											15
		4.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de produccion	15	x											15
		4.4 Las funciones y la correspondiente asignacion de responsabilidades no estan definidas por escrito o no estan claramente definidas dentro de la unidad	10	x											10
		4.5 La asignacion de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el ultimo nivel supervisorio necesario, para el logro de los objerivos deseados	10		x										9
		4.6 La empresa no cuenta con el personal suficieote tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento	15	x											15

b. Autoridad y autonomía.

En la Tabla 4.5 se muestran los resultados de autoridad y autonomía en organización de mantenimiento donde se concluye que el personal de la Gerencia de equipamiento tiene el pleno conocimiento de su función y si existe una línea definida de autoridad donde no se susciten la duplicidad de cargos.

Tabla 9-4 Autoridad y Autonomía en Organización de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
5. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO Autoridad y Autonomia		**Principio Básico**: Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	**50**												**50**
	50	5.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las lineas de autoridad	15	x											15
		5.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocirniento de sus funciones	15	x											15
		5.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad eo las funciones asignadas a cada componente estructural de la organizacion de mantenimiento	10	x											10
		5.4 Los problemas de caracter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiorcs	10	x											10

.

c. Sistema de información.

En la tabla 4.6 se muestran los resultados de la evaluación de los sistemas de información en organización de mantenimiento, donde se concluye que la información en el área de mantenimiento no se encuentra normalizada debido a que el área no cuenta con un manual de procedimientos, que permita capturar, procesar la información requerida para cada uno de los procesos de mantenimiento conllevando a la ejecución y control de tareas operativas y administrativas de forma deficientes.

Tabla 11-4 Evaluación de los Sistemas de Información en Organización de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
6. ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO Sistemas de Informacion		**Principio Básico:** La Organización de Mantenimiento posee un sistema que le permite manejar optirnamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otra).	**70**												**28**
	70	6.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un flujo grama para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones	15											x	0
		6.2 La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de La información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener	15									x			3
		6.3 La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información	10									x			2
		6.4 La organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente	10	x											10
		6.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, asi como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación	10			x									8
		6.6 La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla	10						x						5

4.1.3. Área III: Planificación de mantenimiento

En esta área se evaluó considerando los siguientes principios básicos: Objetivos y metas, Políticas para la planificación, Control y evaluación.

a. Objetivos y metas.

En la Tabla 4.7 se muestran los resultados que se obtuvieron en la evaluación de objetivos y metas en planificación de mantenimiento, donde se concluye que la empresa no tiene claramente definidos los objetivos y metas que debe cumplir la estructura de mantenimiento o si la tienen no está difundida al personal que labora en campo y con ello permita orientar la planificación de mantenimiento. La gerencia de equipamiento no posee un plan donde se especifiquen y detallen las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.

Tabla 12-4 Objetivos y Metas en Planificación de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
7. PLANIFICACION DEL MANTENIMIENTO OBJETIVOS Y METAS		**Principio Básico:** Dentro de la Organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.	**70**												**36,5**
	70	7.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir la organización de mantenimiento	20						x						10
		7.2 La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener	20									x			4
		7.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecucion de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren	15						x						7,5
		7.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos	15	x											15

Elaborado por: Autor

b. Políticas para la planificación.

En la tabla 4.8 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación en políticas para evaluación de planificación de mantenimiento, donde se concluye que los planes de mantenimiento que se llevan a cabo dentro de la empresa son poco efectivos, sin embargo se establecen las necesidades principales de los equipos, derivadas de las recomendaciones del fabricante.

La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento realizándose con más frecuencia el mantenimiento cuando fallan los equipos.

Tabla 14-4 Políticas para Evaluación de Planificación de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
8. PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO POLITICAS PARA LA PLANIFICACION		**Principio Básico:** La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecuci6n de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	**70**												**44**
	70	8.1 La organización no po see un estudio donde se especitiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenirniento	20									x			4
		8.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecucion de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran	20						x						10
		8.3 A los sistemas solo se les realiza mantenimiento cuando fallan	15	x											15
		8.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en tomo a las politicas de mantenimiento establecidas.	15	x											15

Elaborado por: Autor

c. Control y evaluación.

En la tabla 4.9 se muestran resultados de la evaluación en control y evaluación de planificación de mantenimiento donde se concluye que la empresa no cuenta con procedimientos normalizados para recabar y llevar el control adecuado que permita comprobar que está actuando y operando con o sin desviaciones en relación con la normas preestablecidas y evaluar las acciones permitiendo evitar los errores y las desviaciones.

La gerencia de equipamiento a pesar que lleva registros de fallas, causas de las fallas por escrito, estadísticas de tiempos de parada, tiempo de reparación y se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento no se ha realizado una mejora en estos planes de mantenimiento para disminuir tiempos de parada.

Con el objeto de que la información permita ser una herramienta para la prevención de fallas en los sistemas, maquinarias o equipos y sea procesada y analizada para la futura toma de decisiones aún no se la ha realizado.

Tabla 16-4 Control y Evaluación de Planificación de Mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
9. PLANIFICACION DE MANTENIMIENTO CONTROL Y EVALUACION		**Principio Básico:** La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación 1ogica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, maquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes de mantenimiento	**60**												**39**
	60	9.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información asi como su almacenamiento para su posterior uso	10					x							6
		9.2 No existe una codificacion secuencial que permita la ubicacón rápida de cada objeto dentro del proceso, asi como el registro de información de cada uno de ellos	10		x										9
		9.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catalogos de piezas y partes da cada objeto a mantener	10	x											10
		9.4 No se dispone de un inventario tecnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la funcion de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida esta información en formatos normalizados	10									x			2
		9.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito	5	x											5
		9.6 No se llevan estadisticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación	5	x											5
		9.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento	5							x					2
		9.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones	5											x	0

Elaborado por: Autor

4.1.4. Área IV: Mantenimiento programado.

Esta área fue evaluada considerando los siguientes principios básicos: planificación; programación e implantación; control y evaluación.

a. Planificación.

En la tabla 4.10 se muestran resultados de la evaluación de la planificación en mantenimiento programado, donde, la gerencia de equipamiento no posee una planificación de mantenimiento programado eficaz, que estén basados en estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento y se especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento.

La planificación del mantenimiento programado no tiene detalladas las instrucciones para revisar cada elemento sujeto a acciones de mantenimiento con una frecuencia establecida para dichas revisiones las cuales deben estar distribuidas en un diagrama anual el cual se puedan dividir en periodos quincenales.

La planificación debe ser necesariamente tolerante para ajustarse al desarrollo de las actividades de mantenimiento sin interferir con las actividades de operación.

Tabla 17-4 Planificación en Mantenimiento Programado

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
		Principio Básico: La organización de		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
13 MANTENIMIENTO PROGRAMADO Planificación		mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada, La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal y hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes	**100**												**65,5**
	100	13.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento	20						X						10
		13.2 La empresa no posee un estudio donde se especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones	15						X						7,5
		13.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y en el cual se especifiquen las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales	15	x											15
		13.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución. es deficiente.	20						x						10
		13.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las maquinas	10	x											10
		13.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado	10			x									8
		13.7 No existe una planificación conjunta entre la organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado	10						x						5

Elaborado por: Autor

Programación e implantación.

En la tabla 4.11 se muestran los resultados de la evaluación de la programación e implementación de mantenimiento programado, donde se concluye que aun cuando se conocen las necesidades reales de cada equipo, siguiendo las instrucciones de los manuales del fabricante y posteriormente ajustándolas a las condiciones reales del trabajo, no se tiene sin embargo documentado un estudio que avale estas necesidades.

Las actividades no se encuentran bien distribuidas en un calendario anual y con frecuencias establecidas, las tareas de mantenimiento y no se encuentran eficazmente programadas de tal manera que la ejecución no interrumpa el proceso productivo o su impacto sea el más mínimo.

Tabla 18-4 Programación e implementación de mantenimiento programado

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
14 MANTENIMIENTO PROGRAMADO Programación e Implantación		**Principio Básico:** La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación	**80**												**27,5**
	80	14.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado	20						x						10
		14.2 Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación	10						x						5
		14.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente	15						x						7,5
		14.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento	10						x						5
		14.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado	10											x	0
		14.6 Organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado	15											x	0

Elaborado por: Autor

b. Control y evaluación.

En la Tabla 4.12 se muestran los resultados de evaluación al control y evaluación de mantenimiento programado, donde se concluye que en la gerencia de equipamiento no dispone de mecanismos efectivos que permita llevar registros de fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas, para el debido control de estas tareas.

Tabla 19-4 Control y evaluación de mantenimiento programado

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
15 MANTENIMIENTO PROGRAMADO Control y Evaluación		**Principio Básico**: La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación	**70**												**22**
	70	15.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado	15						x						7,5
		15.2 No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento	10										x		1
		15.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluaci6n de ejecución	10										x		1
		15.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas	5											x	0
		15.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales	5											x	0
		15.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento	5						x						2,5
		15.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema. Así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento	20						x						10

Elaborado por: Autor

4.1.5. Área V: Mantenimiento correctivo

Para la evaluación de esta área se consideró los siguientes principios básicos: planificación, programación e implantación, control y evaluación.

a. Planificación.

En la Tabla 4.13 se muestran los resultados de la evaluación de la planificación de mantenimiento correctivo donde se puede concluir que en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador tiene definida las acciones de mantenimiento correctivo contando con una infraestructura y procedimiento poco eficaz debido a que no se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección y no considerando en la organización un registro de información que permita su estudio y corrección.

Tabla 20-4 Planificación de mantenimiento correctivo

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
19 MANTENIMIENTO CORRECTIVO Planificación		**Principio Básico:** La organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se llevan en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificaci6n y estudio que facilite su corrección	**100**												**84**
	100	19.1 No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia	30	x											30
		19.2 No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección	30			x									24
		19.3 No se tiene establecido un orden de prioridades. Con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo	20	x											20
		19.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia	20						x						10

Elaborado por: Autor

b. Programación e implantación.

En la Tabla 4.14 se muestran los resultados de la evaluación de programación e implantación de mantenimiento correctivo, donde se concluye que las acciones de mantenimiento correctivo no se realizan siguiendo una secuencia programada que permita una ejecución eficaz de las actividades de mantenimiento, con el objeto de que se logre optimizar los recursos a todo nivel.

Tabla 21-4 Programación e implantación de mantenimiento correctivo

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
20 MANTENIMIENTO CORRECTIVO Programación e Implantación		**Principio Básico:** Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.	**80**												**60**
	70	20.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo	20											x	0
		20.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo	20	x											20
		20.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo	20	x											20
		20.4 El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin	20	x											20

Elaborado por: Autor

c. ***Control y evaluación***

En la Tabla 4.15 se muestran resultados de la evaluación de control y evaluación de mantenimiento correctivo, donde se concluye que, en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador, no posee un sistema de control eficaz para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo; solamente se llevan registros mediante formatos muy sencillos, planillas para el control de materiales, control de herramientas, equipos, horas hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento.

Tabla 22-4 Control y evaluación de mantenimiento correctivo

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
21 MANTENIMIENTO CORRECTIVO Control y Evaluación		**Principio Básico:** La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios	**70**												**45**
	70	21.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo	15											x	0
		21.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación	15	x											15
		21.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo	20	x											20
		21.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento	20						x						10

Elaborado por: Autor

4.1.6. Área VI: Personal de mantenimiento.

En la evaluación del personal de mantenimiento fueron consideradas los siguientes principios básicos: cuantificación de las necesidades del personal, selección y formación, motivación e incentivo.

a. Cuantificación de las necesidades del Personal.

En la Tabla 4.16 se muestran resultados de la evaluación de cuantificación de las necesidades del personal en el área de personal de mantenimiento; donde se concluye que en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y numero de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.

Tabla 23-4 Cuantificación de las necesidades del personal en el área de personal de mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
29 PERSONAL DE MANTENIMIENTO. Cuantificación de las necesidades del Personal.		**Principio Básico:** La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos	**70**												**20**
	70	29.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal	30											x	0
		29.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustado a la realidad de la empresa	20	x											20
		29.3 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y numero de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación	20											x	0

Elaborado por: Autor

b. Selección y formación.

En la Tabla 4.17 se muestran los resultados de evaluación en selección y formación en el área de personal de mantenimiento; donde se concluye que en el departamento de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador que cuenta con políticas de adiestramientos y capacitación de su personal pero no es constante.

Tabla 24-4 Selección y formación en el área de personal de mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
30 PERSONAL DE MANTENIMIENTO. Selección y Formación.		**Principio Básico:** La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra). Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos	**80**												**60**
	80	30.1 La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos	10	x											10
		30.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal con alta calificación y experiencia que requiera la credencial del servicio determinado	10	x											10
		30.3 No se tienen establecidos periodos de adaptación del personal	10											x	0
		30.4 No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas	10						x						5
		30.5 Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrit	10	x											10
		30.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal	10						x						5
		30.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna	10	x											10
		30.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal	10	x											10

Elaborado por: Autor

c. Motivación e incentivo.

En la Tabla 4.18 se muestran resultados de la evaluación de motivación e incentivo en el área de personal de mantenimiento; donde se concluye que en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador no tiene como política establecer incentivos, tales como: bonificaciones, reconocimientos escritos, evaluación de periódica de los trabajadores para ascensos o aumentos. Los cursos que aumenten la capacidad del personal y por ende su situación dentro de la empresa no se reparten de manera equitativa.

Tabla 25-4 Motivación e incentivo en el área de personal de mantenimiento

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
31 PERSONAL DE MANTENIMIENTO. Motivación e Incentivo.		**Principio Básico:** La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales	**50**												**25**
	50	31.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción	20	x											20
		31.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales	10											x	0
		31.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento	10											x	0
		31.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema	10						x						5

Elaborado por: Autor

4.1.7. Área XII: Apoyo logístico.

En el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador se realizó la evaluación del apoyo logístico de mantenimiento mediante la consideración de los siguientes principios básicos: apoyo administrativo, apoyo gerencial y apoyo general.

a. Apoyo Administrativo.

En la tabla 4.19 se muestra el resultado de la evaluación al apoyo administrativo del área apoyo logístico en la cual se concluye que en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador cuenta con el apoyo administrativo en cuanto a todos los trámites que se requieran de mano de obra, materiales y recursos financieros.

Tabla 26-4 Apoyo administrativo del área apoyo logístico

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
32 APOYO LOGÍSTICO Apoyo Administrativo.		**Principio Básico:** La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa; en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización	**40**												**40**
	40	32.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes	10	x											10
		32.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar al a organización de mantenimiento	10	x											10
		32.3 La administración no funciona en coordinación con la organización de mantenimiento	10	x											10
		32.4 Se tienen que desarrollar muchos tramites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento	5	x											5
		32.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros	5	x											5

Elaborado por: Autor

b. Apoyo gerencial.

En la Tabla 4.20 se muestran los resultados de la evaluación realizada al apoyo gerencial del área apoyo logístico, donde se concluye que la gerencia de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador maneja la información concerniente al desarrollo de los planes de mantenimiento, asesorando a la gerencia de mantenimiento (en campo) en cualquier situación que atañe a las operaciones.

Tabla 27-4 Apoyo gerencial del área apoyo logístico

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
33 APOYO LOGÍSTICO Apoyo Gerencial.		**Principio Básico:** La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa	**40**												**40**
	40	33.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general	10	x											10
		33.2 Para la gerencia, mantenimiento es solo la reparación de los sistemas	10	x											10
		33.3 La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas; por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cum plan los objetivos establecidos	10	x											10
		33.4 La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones	5	x											5
		33.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tornadas por la organización de mantenimiento	5	x											5

Elaborado por: Autor

c. Apoyo general.

En la Tabla 4.21 se muestran los resultados de la evaluación realizada al apoyo general en el área apoyo logístico, donde se concluye que la gerencia de mantenimiento en el área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador cuenta con todo el apoyo de la organización.

Tabla 28-4 Apoyo general en el área apoyo logístico

	% Ponderación Areas A	AREAS/FUNCIONALES	B % Ponderación Funciones	C= CALIFICACION DE DEMERITOS											% Calificación AREA
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	D= (BxC)/10
34 APOYO LOGÍSTICO c. Apoyo General.		**Principio Básico:** La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman	**20**												**20**
	20	34.1 No se cuenta con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente	10	x											10
		34.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionado con manten	10	x											10

Elaborado por: Autor

4.2. Análisis de resultados de la auditoria que se realizó al sistema de gestión de mantenimiento que actualmente posee WÄRTSILÄ Ecuador

La Norma Covenin 2500-93 proporciona una ficha de evaluación que estudia las siete áreas del sistema actual de gestión de mantenimiento, asignándose el porcentaje de cumplimiento para cada una de ellas, permitiendo conocer el perfil de la función de mantenimiento.

De la evaluación realizada se obtuvo una puntuación porcentual global de 70%, significando que la empresa tiene un sistema solido de mantenimiento pero aun así cuenta con ciertas debilidades.

Dentro de la estructura de mantenimiento programado no existe definida una tendencia de mantenimiento que contribuya a determinar los requerimientos de mantenimiento de los equipos en su contexto de operación.

Otra debilidad identificada es en cuanto al personal de mantenimiento la falta de motivación lo que disminuye el rendimiento haciendo que reduzcan los resultados requeridos.

Se propone que la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento se mejorará implementado las estrategias obtenidas de la agrupación de la matriz F.O.D.A para lograr el cumplimiento de

los objetivos y políticas establecidos para la estructura de mantenimiento, contribuyendo a planear acciones ayudados por procedimientos, permitiendo a llevar una secuencia lógica, a fin de lograr la confiabilidad y disponibilidad de los objetos a mantener.

A continuación se presenten la tabla 4.22: la ficha de evaluación del sistema de gestión de mantenimiento.

Tabla 29-4 Ficha de evaluación Covenin 2500-93

AREA	AREAS DE EVALUACION	PUNTUACIÓN NORMA MAXIMA	PUNTUACIÓN OBTENIDA	PORCENTAJE (%)
I	Organización de la empresa	150	105	70
II	Organización de mantenimiento	200	157	78,5
III	Planificación de mantenimiento	200	119,5	59,75
IV	Mantenimiento programado	250	114,5	45,8
V	Mantenimiento correctivo	250	189	75,6
VI	Personal de mantenimiento	200	105	52,5
VII	Apoyo logístico	100	100	100
PUNTUACIÓN TOTAL		**1350**	**890**	**70**

Elaborado por: Autor

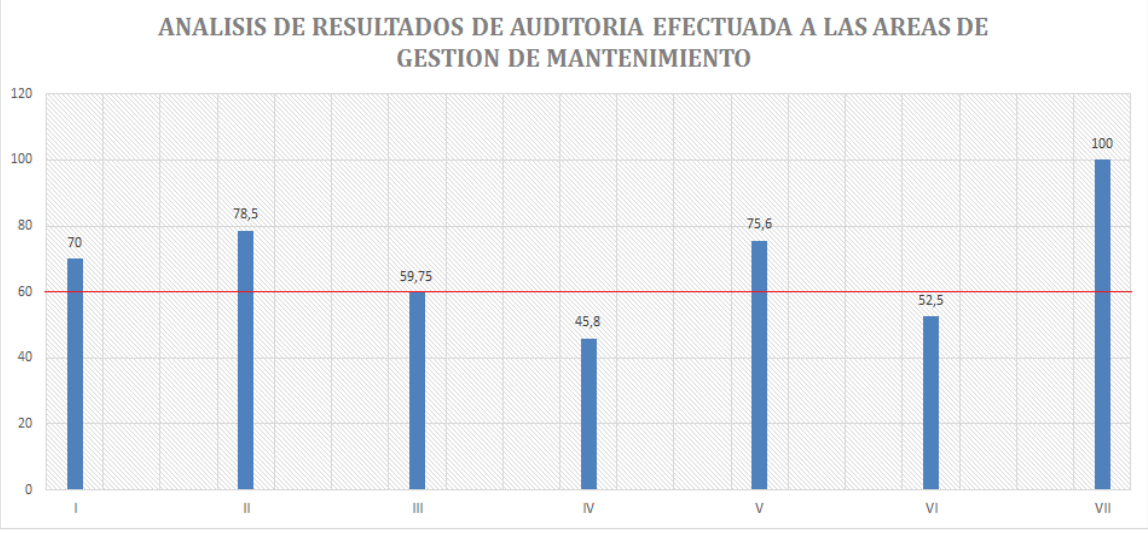


Figura 18-4 Evaluación porcentual de las áreas del sistema de gestión de mantenimiento.

4.3. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Una vez realizada la encuesta (ver anexo 2) al personal de mantenimiento del área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador en la tabla 4.23 se muestra los resultados obtenidos. Donde se aprecia claramente la falta de motivación, desarrollo del personal generando esto que el ambiente de trabajo no sea agradable.

Tabla 30-4 Resultados de encuestas realizadas al personal de operación y mantenimiento de Wartsila Ecuador

			Jan.16
	Personal de mantenimiento		**Antes (%)**
Cómo calificaría la calidad de CAPACITACION que recibe en su trabajo?	CAPACITACION	Bueno	28
		Regular	11
Considera que existe suficiente motivación en su trabajo	MOTIVACION	Si	22
		No	78
Cómo calificaría la COMUNICACIÓN en su trabajo?	COMUNICACIÓN	Regular	50
		Malo	11
Considera que el Desarrollo que ha recibido en su trabajo cumple con sus expectativas	DESARROLLO	Si	22
		No	78
Considera que hay un adecuado ambiente de trabajo	AMBIENTE DE TRABAJO	Si	39
		No	61

Elaborado por: Autor

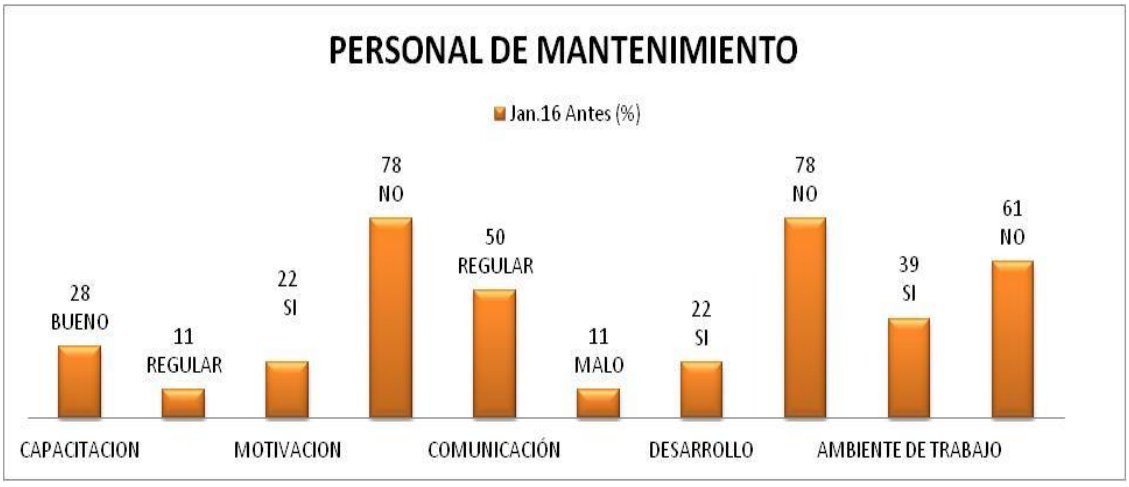


Figura 19-4 Resultado de evaluación al personal de operación y mantenimiento de Wartsila Ecuador

Elaborado por: Autor

Una vez determinada la situación de partida del sistema de gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, y siguiendo los pasos que indica la metodología se procede a la realización de la matriz F.O.D.A. del área IV (Mantenimiento Programado) y VI (personal de mantenimiento) ya que es de los más importantes y es uno de los que se requiere mejorar para con ello cumplir con los objetivos propuestos.

Primeramente se estableció un listado de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, luego se diseñó la matriz F.O.D.A, que compararon las fortalezas internas con las oportunidades externas, registrando las estrategias FO resultantes en la casilla apropiada, las debilidades internas con las oportunidades externas registrando las estrategias DO resultantes y comparando las fortalezas internas con las amenazas externas y registrando las estrategias FA resultantes y de igual manera las debilidades y amenazas y estableciendo las estrategias DA.

4.3.1. Análisis del modelo interno.

Esto implicó un análisis exhaustivo del medio interno que permitió definir las fortalezas y debilidades del Sistema de gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wartsila 16V32LNGD.

- ***Fortalezas***

Entre las fortalezas del Sistema actual de gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD se enumeran las siguientes:

a. La empresa cuenta con una estructura organizativa definida.
b. La organización de mantenimiento tiene estructuradas las funciones y responsabilidades.
c. Lo equipos están codificados.
d. Existe un listado de los equipos en cuanto al mantenimiento y ubicación de operación.
e. La gerencia de equipamiento cuenta con un personal calificado y adecuado.
f. El mantenimiento rutinario es planificado, ejecutado y supervisado.
g. Existe un control eficaz sobre el inventario de herramientas.
h. El programa de Inventario está diseñado sobre una política de inventario
i. El programa de Seguridad para la prevención de accidentes estas basadas según la conformidad de las normas técnicas de la ley.
j. Existen procedimientos para las funciones de reclutamiento, selección, capacitación y adiestramiento del personal.

- ***Debilidades***

Entre las debilidades del sistema actual de la gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD se encuentran las siguientes:

a. La visión, misión, objetivos y políticas de gestión de mantenimiento no se encuentran difundidos.
b. La planificación, ejecución, control y evaluación de los mantenimientos programados, correctivo, preventivo, circunstancial y por avería son deficientes.
c. El manual de procedimientos no está estructurado de forma que se pueda ejecutar las actividades en forma eficientes.
d. La comunicación es poco eficaz en cuanto a las actividades de mantenimiento dentro del área de operación y mantenimiento.
e. Los sistemas de información son pocos eficientes en el sistema actual de la gestión de mantenimiento.
f. Los programas de inspección son poco eficaces que permitan registrar aquellas equipos que presentan fallas e incrementando la velocidad en la solución.
g. La evaluación del perfil personal vs. requerido es deficiente.
h. Ausencia de un sistema de control de calidad de los materiales y repuestos y sea incorporados del inventario.

4.3.2. Análisis del medio Externo.

Estudiando las influencias positivas y negativas para el sistema actual de la gestión de mantenimiento que viene del medio exterior se definieron las oportunidades y amenazas que permitieron a la organización estar preparada a enfrentar estos entes.

- ***Oportunidades***

A continuación se enumeran las oportunidades del sistema actual de la gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD:

a. Cartera de proveedores a nivel nacional e internacional.
b. Apoyo técnico por empresas reconocidas.
c. Asistencia técnica por sistema on-line.
d. Equivalencia de repuestos originales por otros convencionales.

- ***Amenazas***

Los factores claves que definen el medio externo a nivel de las amenazas son:

a. Ambiente, seguridad del trabajo, entre otras.
b. El régimen político de la nación.
c. Falta de información técnica de equipos especiales.
d. Regulación de aranceles.

Los resultados de este análisis estratégico se utilizan para apreciar mejor la situación de la empresa respecto al objetivo de la función de mantenimiento, representando el punto de partida para diseñar estrategias más adecuadas al contexto de operación siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles sino económicamente viables.

4.4. Matriz F.O.D.A.

A continuación se presenten la tabla 4.24 el análisis F.O.D.A donde se generaliza el análisis realizado anteriormente con las herramientas de análisis estratégico y posteriormente se presenta la matriz F.O.D.A determinado las estrategias para incrementar la efectividad del sistema de gestión de mantenimiento.

Tabla 31-4 Matriz F.O.D.A.

	Fortalezas- F. 1. Estructura organizativa Definida. 2. Personal Calificado y adecuado. 3. Control eficaz de inventario. 4. Procedimientos en la funciones del personal	Debilidades- D. 1. La visión, misión, objetivos y políticas de gestión de mantenimiento no se encuentran difundidos. 2. La evaluación del perfil personal vs. Requerido es deficiente. 3. Sistemas de información podo eficientes 4. Evaluación de personal deficiente 5. Ausencia de un sistema de control de calidad de los materiales y repuestos y sea incorporados del inventario.
Oportunidades-O. 1. Variedad de proveedores 2. Apoyo técnico de parte de servicios de Campo 3. Asistencia técnica del sistema PAC Quito. 4. Stock Repuestos Originales	Estrategias -FO 1. Optimizar el recurso Humano (F2-O2) 2. Optimizar refacciones (F3-O4)	Estrategias-DO 1. Establecer elementos estratégicos (D1-O1) 2. Establecer planificaciones, programaciones (D2-O2) 3. Establecer sistemas de control y evaluación (D3-O3)
Amenazas-A 1. Régimen Político del País 2. Leyes Ambientales y de Seguridad laboral. 3. Falta de técnicos expertos o especializados. 4. Regulación de impuestos.	Estrategias -FA 1. Optimizar el recurso financiero (F1-A1). 2. Evaluar personal de mantenimiento CM WEC (F4-O3).	Estrategias-DA 1. Mejorar sistema de evaluación del personal de mantenimiento (D4-A1)

Elaborado por: Autor

Las estrategias definidas en la matriz F.O.D.A mostradas en la tabla Nº 4.24 fueron agrupadas en tres estrategias principales para facilitar el estudio del sistema de gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD.

Las tres estrategias son las siguientes:

1. Establecer los elementos de la organización de mantenimiento.
2. Planificar, programar, controlar la gestión de mantenimiento
3. Optimizar los recursos (humanos, materiales, y financieros).

A continuación se muestra la agrupación de las estrategias formuladas en la matriz F.O.D.A en las estrategias principales:

A) Estrategia Nº 1:

Establecer los elementos de la organización de mantenimiento.

Esta estrategias está integrada por la estrategias DO definida en establecer elementos estratégicos (D1,O1).

B) Estrategia Nº 2:

Planificar, programar, controlar la gestión de mantenimiento.

Esta estrategia está integrada por las siguientes estrategias que fueron establecidas en la matriz F.O.D.A:

- Establecer planificaciones, programaciones (D2,O2).
- Establecer sistema de control y evaluación (D3,O3).
- Establecer un sistema de control repuestos (F3,O4).

C) Estrategia Nº 3:

Optimizar los recursos (humanos, materiales, y financieros),

Esta última estrategia fue integrada por las siguientes estrategias:

- Optimizar de los recursos financieros (F1, A2).
- Optimizar el recurso humano (F2,O2).
- Optimizar las reparaciones (F3,O4).
- Evaluar personal supervisorio y operacional (F4,O3).
- Establecer un sistema de control de calidad de repuesto (D5,O4).
- Establecer sistema de evaluación del personal (D4, A1).

El siguiente paso se definirá el sistema de gestión mantenimiento propuesto de la que permitirá reducir al mínimo las debilidades encontradas, maximizando las fortalezas e incrementando la efectividad en el sistema.

4.5. Plan de acción

Considerando el estado en el que se encuentra el sistema de gestión de mantenimiento después de ser evaluado según la norma Covenin 3049-93, se plantea proponer un plan de acción para mejorar la eficiencia y eficacia de las áreas que representen debilidades según el análisis realizado previamente dentro de este capítulo.

El plan de acción que se propone será estructurado siguiendo el procedimiento tomado por Aguinagalde, (2008) de manera que las actividades están agrupadas en tres estrategias con el objeto de simplificar el estudio.

A continuación se detalla, en la tabla 4.25, el plan de acción, diseñado de la siguiente manera: en la primera columna están establecidas las estrategias que permitirán incrementar la efectividad del sistema; en la segunda columna están planteadas las actividades que permitirán cumplir con las estrategias, en la tercera columna se definen los recursos necesarios para desarrollar la actividades planteadas, en la quinta columna está conformada por el tiempo de ejecución de cada actividad; en la sexta columna se determinan los responsable de la ejecución de las actividades y en la última columna una observación con respecto a las actividades.

Tabla 32-4 Plan de acción del sistema propuesto de la gestión de mantenimiento

Estrategias	Actividades	Recursos	Tiempo		Responsable	Observación
Planificación de Mantenimiento	Capacitación y uso de Project para realizar tareas diarias de Mantenimiento	Licencia del Software y curso sobre manejo del mismo aplicado al mantenimiento	2	semana	Gerente de Campo	
	Capacitación y uso del Software de mantenimiento MAXIMO	Licencia del Software, capacitación de manejo	4	semana	Supervisor de Mantenimiento	
	Revisar y actualizar inventario de herramientas y stock de repuestos	Inventario de Herramientas y repuestos	3	semana	Supervisor de mantenimiento y técnico Mecánico	
Personal de Mantenimiento	Capacitar y motivar al personal de mantenimiento	Programar cronograma de capacitación del personal de mantenimiento, implementar política de incentivos por metas cumplidas	16	semana	Gerente de Contrato	
	Difundir las normas de seguridad y salud ocupacional	Equipo de protección Personal, y evaluaciones médicas	1	anual	Gerente de campo	ejecutar 1 vez al año
	Formar grupos de trabajo de personal con experiencia y aprendices	Líder de mantenimiento	8	semana	Supervisor de mantenimiento	Procurar rotar el personal
	Difundir los indicadores de mantenimiento al personal e indicar su importancia	Reportes de producción, informes mensuales de campo	1	semana	Gerente de campo	Difundir trimestralmente
Mantenimiento Programado	Revisar y corregir si es necesario los planes de mantenimiento programados y correctivos	Análisis de fallas y Manuales de operación y mantenimiento	6	semana	Supervisor de Mantenimiento	
	Establecer prioridades en la ejecución en la actividades de mantenimiento preventivo	Análisis de fallas y Manuales de operación y mantenimiento	2	semana	Gerente de Campo	
	Actualizar los procedimientos de Mantenimientos mayores de acuerdo al contexto operacional.	Manuales de operación y mantenimiento	6	semana	Personal de Mantenimiento	
	Llevar y difundir al personal de mantenimiento un historial de fallas de los equipos principales y auxiliares	Reportes de mantenimiento, informes de causa raíz.	2	semana	Supervisor de Mantenimiento	Difundir frecuentemente

Elaborado por: Autor

4.5.1. Beneficios del plan de acción

La propuesta establece que al implementar el plan de acción traerá un conjunto de beneficios a la gestión de mantenimiento que permitirá incrementar su efectividad durante la implantación; las cuales se definen a continuación.

- Reducirá los costos de mantenimiento ya que se pretende reducir los tiempos de realización del mantenimiento.
- Optimizará la disponibilidad de los equipos al mínimo costo
- Mantendrá en óptimo funcionamiento los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD.
- Elevará la confiabilidad y seguridad de los sistemas.
- Disminuirá el consumo de repuestos.
- Reducirá los tiempos de mantenimiento.
- Disminuirá desmontajes innecesarios o retrabados de cualquier índole.
- Disminuirá el número de reparaciones, el tiempo de los servicios de mantenimiento y los tiempos de parada de los sistemas.
- Mejorará la efectividad de los equipos y del sistema
- Evaluará el comportamiento de la organización de mantenimiento.
- Evaluará las relaciones de las labores de mantenimiento.
- Elevará seguridad del personal.
- Evalúa la satisfacción de los Clientes.
- Se evalúa la calidad en los servicios.

4.6. Resultados Parciales

En la Tabla 4.26 se muestra datos de disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V362LNGD desde el año 2013 hasta el año 2016, donde se puede observar:

- El promedio de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD durante el año 2013 fue del 93.09%, lo que de acuerdo al contrato están cumpliendo ya que la disponibilidad requerida es del 92%.
- El promedio de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD durante el año 2014 fue del 97.09%, lo que de acuerdo al contrato están cumpliendo ya que la disponibilidad requerida es del 92%.
- En el año 2015 la disponibilidad reduce al 90.63% y esto conlleva a caer en penalidades ya que de acuerdo al contrato la disponibilidad requerida es del 92%, y esto se da ya que se presenta un incremento de paradas no programadas.

- En el año 2016, con la aplicación parcial de la metodología propuesta se predijo un incremento de la disponibilidad a un 95.51% y esto ayuda a cumplir con la disponibilidad requerida en el contrato.

Tabla 33-4 Resultados parciales de la aplicación de la metodología propuesta

DISPONIBILIDAD DE GRUPOS ELECTROGENOS WARTSILA 16V32LNGD													
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIMBRE	DICIEMBRE	Promedio
2013	93,91%	99,00%	98,66%	99,10%	93,54%	74,48%	99,35%	98,48%	86,72%	83,54%	97,77%	92,47%	93,09%
2014	99,18%	99,24%	93,61%	97,75%	99,21%	93,73%	98,10%	98,89%	88,75%	98,01%	99,20%	99,39%	97,09%
2015	78,73%	84,05%	96,10%	97,98%	98,14%	73,76%	93,64%	90,68%	98,10%	99,79%	92,16%	84,40%	90,63%
2016	89,06%	98,32%	95,77%	99,64%	95,35%	94,92%							95,51%

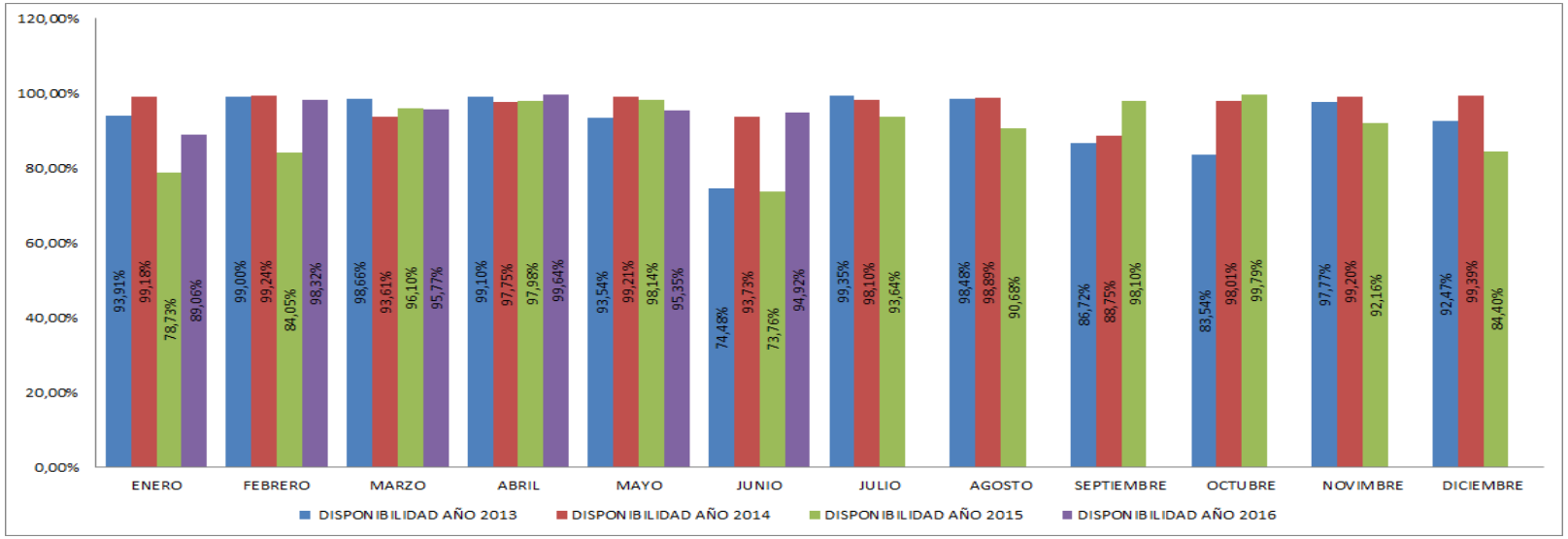


Figura 20-4 Resultados parciales de la aplicación de la metodología propuesta.

4.6.1. Validación de los resultados parciales usando herramientas estadísticas con el método del chi cuadrado.

Para comprobar estadísticamente si la aplicación de la metodología propuesta es viable y con ello se logra el objetivo de incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD se aplica el método del chi cuadrado. La aplicación se efectúa en los meses de Enero a Junio del 2015 y 2016 respectivamente.

Donde se debe utilizar la hipótesis 0 y la hipótesis alterna.

- **Hipótesis 0**: La metodología para la gestión del mantenimiento basada en la teoría del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya en la cual se prevea una mejor capacitación del personal, el uso de herramientas informáticas y la actualización de planes de mantenimiento permite incrementar la disponibilidad técnica (92%) y con esto se espera una disminución de los costos de mantenimiento.
- **Hipótesis Alterna:** La metodología para la gestión del mantenimiento basada en la teoría del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya en la cual se prevea una mejor capacitación del personal, el uso de herramientas informáticas y la actualización de planes de mantenimiento no permite incrementar la disponibilidad técnica (92%) y con esto se espera una disminución de los costos de mantenimiento.

Para la elaboración de las tablas se utilizan datos de disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD del año 2015 de Enero a Junio y de Enero a Junio del 2016.

En la tabla 4.27 se indican los datos de disponibilidad observados de los meses de Enero a Junio del año 2015 y del año 2016

Tabla 34-4 Resultados de disponibilidad observados.

OBSERVADO	DISPONIBILIDAD 2015	DISPONIBILIDAD 2016
ENERO	79,00	89,00
FEBRERO	84,00	98,00
MARZO	96,00	96,00
ABRIL	98,00	99,00
MAYO	98,00	95,00
JUNIO	74,00	95,00

Elaborado por: Autor

En la tabla 4.28 se muestran los resultado esperados de disponibilidad aplicando resultados de disponibilidad esperados aplicando condiciones de independencia P(A*B) = P(A)*P(B) si A independiente. B, donde se observa que existe un incremento deseado de la disponibilidad en los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD del sistema propuesto de la gestión de mantenimiento

Tabla 35-4 Resultados de disponibilidad esperados, aplicando condiciones de independencia P(A*B) = P(A)*P(B).

ESPERADO	DISPONIBILIDAD 2015	DISPONIBILIDAD 2016
ENERO	80,72	87,28
FEBRERO	87,45	94,55
MARZO	92,25	99,75
ABRIL	94,65	102,35
MAYO	92,73	100,27
JUNIO	81,20	87,80

Elaborado por: Autor

En la tabla 4.29 se muestra el contraste estadístico de independencia, donde nos indica que no se puede rechazar la H0 con un más de un 95% de confianza

Tabla 36-4 Resultados de cálculo de forma.

CALCULO DE FORMULA	DISPONIBILIDAD 2015	DISPONIBILIDAD 2016
ENERO	0,04	0,03
FEBRERO	0,14	0,13
MARZO	0,15	0,14
ABRIL	0,12	0,11
MAYO	0,30	0,28
JUNIO	0,64	0,59
TOTAL	1,38	1,28
CHI CUADRADO		2,66

Elaborado por: Autor

Como se aprecia en las tablas la disponibilidad observada se asemeja a lo esperado. Esto significa que lo esperado es factible entonces la aplicación parcial de la metodología para la mejora de la gestión de mantenimiento para el incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD es viable.

Como el resultado del chi cuadrado es 2.66 se aleja de cero esto significa que si existe asociación por lo que se valida la hipótesis H0.

4.7. Conclusiones del capítulo 4.

1. Se realizó la auditoria de mantenimiento al área de operación y mantenimiento de Wärtsilä Ecuador donde se detectó que las falencias que se tienen son el personal de mantenimiento, planificación de mantenimiento y mantenimiento programado, áreas donde se deben aplicar planes de acción.
2. Los planes de acción que se elaboraron tienen responsables de su ejecución y tiempos, con ello se espera la aplicación de los mismos, para alcanzar el objetivo propuesto.
3. La aplicación parcial de la metodología propuesta es viable, ya que se evidencia estadísticamente un incremento real de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD de 90.63% (disponibilidad promedio del año 2015) a 95.51% (disponibilidad promedio de Enero-Junio 2016)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El estudio bibliográfico arrojó que la teorías del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) son las que más contribuyeron para el desarrollo de la metodología para la mejora en la gestión de mantenimiento y, con ello incrementar la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD, ya que incluyen técnicas de fácil implementación y lo que es más importante de bajo costo.

2. Se diseñó una metodología de mejora de la gestión de mantenimiento para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya basada en la metodología del TPM (Mantenimiento Productivo Total), RCM (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad), Sistemas GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) que eleve la disponibilidad de estos

3. Durante el diseño de la metodología de mejora de gestión de mantenimiento para los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD ubicados en la central de Generación Secoya, se definieron todos los elementos, los procedimientos e instrumentos necesarios para controlar la gestión de mantenimiento determinaron según los tres grupos establecidos para la interpretación de la Norma.

4. Se diagnosticó la situación de partida de la gestión de mantenimiento y operación de los grupos electrógenos Wärtsilä L16V32LNGD ubicados en la central de generación Secoya de acuerdo a la metodología propuesta y con la utilización de una norma internacional.

5. Se propuso un plan de acción donde se definieron las estrategias, acciones, recursos, tiempo y responsabilidades, considerando los elementos organizacionales; la planificación, programación y control del mantenimiento y los recursos (Humanos/ Financieros /Materiales).

6. La aplicación parcial de la metodología propuesta es viable ya que se evidencia estadísticamente un real incremento de la disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD de 90.63% (disponibilidad promedio del año 2015) a 95.51% (disponibilidad promedio de Enero-Junio 2016)

RECOMENDACIONES.

1. Procurar los recursos humanos, financieros y materiales necesarios para apoyar la gestión del mantenimiento.

2. Aplicar completamente la metodología propuesta para la mejora en la gestión de mantenimiento de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD para poder determinar su aporte a la empresa Wärtsilä Ecuador.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

RCM	Mantenimiento Basado en Fiabilidad
TPM	Mantenimiento Productivo Total
SEIP	Sistema Eléctrico Interconectado de Petroproducción
SP	Sistemas Productivos
GMAO	Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador
PTEE	Productividad Total Efectiva de los Equipos
AE	Aprovechamiento del Equipo
OEE	Efectividad global del equipo
TC	Tiempo Calendario
TF	Tiempo de Funcionamiento
OEE	Efectividad Global Del Equipo (Overall Equipment Effectiveness)
FTT	Calidad a la primera
MCC	El mantenimiento centrado en Confiabilidad
RCM	(Reliability Centred Maintenance)
CMMS	Computerized Maintenance Management System.
KPI’s	Indicadores Clave de Rendimiento
OVERHAUL	Desarme, limpieza, inspección, reparación y ensayo de un motor de combustión interna, usando métodos, técnicas y prácticas aceptables, de acuerdo con datos técnicos aprobados o aceptables por el fabricante para éste.

BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L. (2002). *Modelos mixtos de confiabilidad.* Madrid : PMM Institute for Learning.

INEN - EN 13306. (2010). *Terminologia del mantenimiento.* Quito: INEN.

ISO 13372: First Edition. (2004). *Condition monitoring and diagnostics of machines - vocabulary.* Switzerland: ISO.

Tormos, B. (2005). *Diagnostico de motores diesel mediante el análisi de aceite usado.* Madrid.

Tormos, B. (2005). *Diagnostico de motores diesel mediante el análisis de aceite usado.* Barcelona:.

Neto, O. (2012). *The experience of applying the methodology of reliability centered maintenace as an effective tool in asset management for maintenance. 7th Pipeline Technology Conference* . Sauo Paulo: Petrobras Transporte SA-TRANSPETRO.

Niño, E., & González, O. (2014). *Mantenimiento basado en condición y confiabilidad.* Bogota: ACIEM.

Norsok Standard Z-013. (2001, Rev. 2). *Risk and emergency preparedness analysis. Norway*: Norwegian Technology Centre.

Norsok Standard Z-008. (2001, Rev 2). *Criticality analysis for maintenance purposes.* Norway: Norwegian Technology Centre.

Nowland, S., & Heap, H. (1978). *Reliability - centered maintenance.* San Francisco CA 94128: United Airlines, San Fransisco International Airport.

NTE INEN-IEC 60812. (2014). *Tecnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas - Procedimiento de análisis de los modos de fallos y sus efectos.* Quito: 2ª. ed.

OREDA. (2002). *Offshore reliability data.* Norway: OREDA. 4a. ed. Distributed by DNV.

Parra, C. (1998). *Course of realiability - Centered Maintenance.* Merida-Venezuela: Universidad de los Andes.

Parra, C., & Primera, E. (2006). *Mantenimiento centrado en confiabilidad* (MCC). ASME.

Perez, J. (2004). *Mecanica de fractura.* Buenos Aires: Editorial Alsina, 1 Edición.

Petroecuador EP. (2013). *El Petróleo en el Ecuador.* Quito: Petroecuador.

PHMSA. (2012). *Strategic plan 2012-2016.* Washinton, USA: Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration.

Piqué, T., & Cejalvo, A. (2008). *Normativa NTP333: Análisis probabilístico de riesgos: metodología del "Árbol de fallos y errores".* España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Price water house Coopers LLP; (COSO) Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. (2004). *Enterprise risk management integrated frame work, application techniques (COSO).* New York: COSO Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.

Pusey, A. (2014). *Toma de decisiones: Elemento clave para la getión de activos.* Bogota: ACEIM.

Rodriguez, A. & Romero, F. (2011). *Equipos y productos robustos y fiables: el Análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad.* Madrid: SKF.

Rodriguez, L. (2007). *Probabilidad y estadística básica para ingenieros.* Guayaquil-Ecuador: ESPOL.

SAE JA1011. (1999). *Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad.* Warrendale, USA: Society of Automotive Engineers.

SAE JA1012. (2002). *Guia para la norma mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC).* Warrendale, USA: Society of Automotive Engineers.

Serra de la Figuera, D. (2002). *Metódos cuantitativos para la toma de decisiones.* España: CRES.

Sexto, L. (2014). Inspección basado en analisis de fallos y riesgos. *Maestria en gestión del mantenimiento industrial*. Riobamba: ESPOCH.

Silva, P. (2013). Planeación y programación del mantenimiento. *Congreso de confiabilidad de confiabilidad 2013* (pág. 14). Bogota: ACIEM-Asociación Colombiana de Ingenieros.

Smith, R. (2003). *Mejores practicas de mantenimiento.* Charleston: LCE Life Cycle.

Tavares, L. (2000). *Administracion moderna de mantenimiento.* Puerto Alegre: Novopolo.

Torres, D. (2005). *Mantenimiento su implementación y gestión.* Argentina: Universitas, 6ª. ed.

Zamudio, J. (2014). *Aplicación de un modelo de planeamiento estrategico en la gestión de mantenimiento en minsur s.a.* Perú: Instituto Peruano de Mantenimiento.

Domínguez B. (2008) . *Mantenimiento basado en condición y confiabilidad. Bogota.*

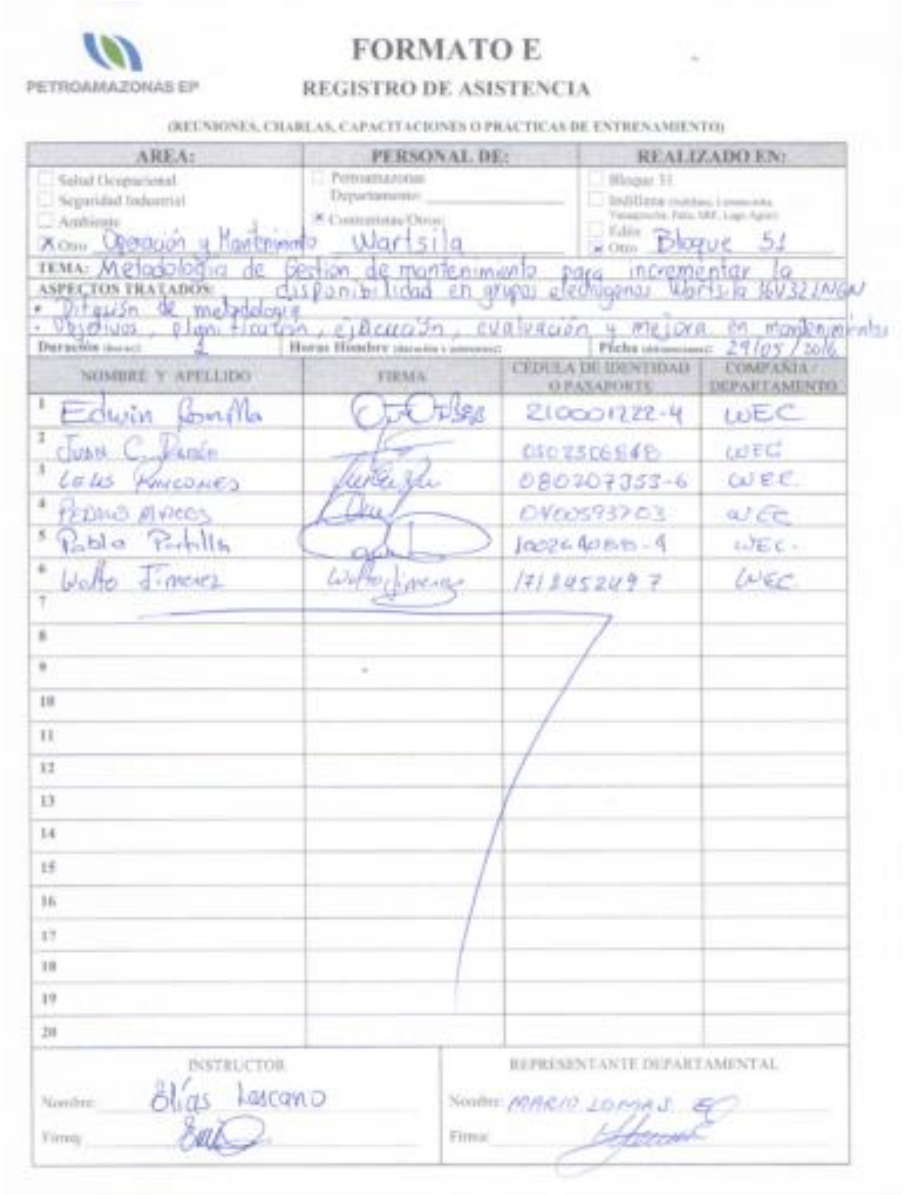
William P. (1989). *Auditoría administrativa en la industria*. Madrid

Rodríguez J. (1997). *Auditoría operacional.* Marid

Wireman, T. (1998). *Development performance indicators for managingmaintenance. Industrial Press*, New York.

ANEXOS

Anexo A: se muestra evidencia sobre la presentación de metodología para mejora de la gestión de mantenimiento para incrementar la Disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNGD.



PETROAMAZONAS EP

FORMATO E

REGISTRO DE ASISTENCIA

(REUNIONES, CHARLAS, CAPACITACIONES O PRÁCTICAS DE ENTRENAMIENTO)

AREA:	PERSONAL DE:	REALIZADO EN:
☐ Salud Ocupacional ☐ Seguridad Industrial ☐ Ambiente ☒ Otro: Operación y Mantenimiento	☐ Petroamazonas Departamento: ____ ☒ Contratistas/Otros: Wartsila	☐ Bloque 51 ☐ Indillana (Indillana, Limoncocha, Yanaquincha, Pata, SRF, Lago Agrio) ☐ Edén ☒ Otro: Bloque 51

TEMA: Metodología de Gestión de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en grupos electrógenos Wartsila 16V32LNGD

ASPECTOS TRATADOS:
- Difusión de metodología
- Objetivos, planificación, ejecución, evaluación y mejora en mantenimientos

Duración (horas): 1 | Horas Hombre (duración y asistentes): | Fecha (dd/mm/aaaa): 29/05/2016

	NOMBRE Y APELLIDO	FIRMA	CÉDULA DE IDENTIDAD O PASAPORTE	COMPAÑÍA / DEPARTAMENTO
1	Edwin Romero	[signature]	210001222-4	WEC
2	Juan C. Durán	[signature]	0502306848	WEC
3	Luis Rincones	[signature]	080207353-6	WEC
4	Pedro Marcos	[signature]	0400593703	WEC
5	Pablo Portilla	[signature]	1002640888-9	WEC
6	Walter Jimenez	Walter Jimenez	1712452497	WEC
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

INSTRUCTOR	REPRESENTANTE DEPARTAMENTAL
Nombre: Elías Lascano	Nombre: MARIO LOMAS E.
Firma: [signature]	Firma: [signature]

Anexo A: Difusión a Grupo de Expertos acerca de metodología para el incremento de la Disponibilidad de los grupos electrógenos Wärtsilä 16V32LNG.

Anexo B: Modelo de encuesta utilizada para determinar el nivel de satisfacción, compromiso y competencia del personal del área de operación mantenimiento de Wärtsilä Ecuador.

ANÁLISIS INTERNO DE LA EMPRESA WATSILA EN EL ÁREA DE APERACION Y MANTENIMIENTO

A.- DATOS DE LA ZONA DEL ENREVISTADO

A01. Provincia _____ A02. Cantón _____ A03. Sector: 1[1] Urbano [2] Rural

A04. Campo _____ A05. Referencia _____

B.- CONOCIMIENTO DE LA EMPRESA

1. Usted conoce la Misión, visión y valores corporativos de la empresa: Marque con una X la respuesta.

Si ☐
No ☐

2. Cuál es para usted la principal FORTALEZA de su empresa? (Factores internos positivos que la empresa debe aprovechar para obtener ventaja sobre la competencia). Marque con una X la respuesta.

[1] Talento Humano ☐
[2] Tecnología y Comunicación ☐
[3] Administrativa-Financiera ☐

3. Cuál es para usted la principal DEBILIDAD de su empresa? (Factores internos negativos que la empresa debe eliminar o reducir para mejorar su gestión). Marque con una X la respuesta.

[1] Equipo humano ☐
[2] Tecnología y Comunicación ☐
[3] Administrativa-Financiera ☐

C.- TIPO DE SERVICIOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO QUE REALIZAN EN LA EMPRESA

4. En general, ¿Cómo califica usted la calidad del servicio de mantenimiento que se presta de acuerdo a las posibilidades técnicas?

[1] Excelente ☐
[2] Muy Bueno ☐
[3] Bueno ☐
[4] Regular ☐
[5] Malo ☐

D.- ELEMENTOS QUE INCIDEN EN SU TRABAJO EN LA EMPRESA

5. Por favor responda lo que corresponde, como calificaría la calidad de CAPACITACION que recibe en su trabajo?

Exelente	
Muy bueno	
Bueno	
Regular	
Malo	

6. Por favor responda lo que corresponde, considera que existe suficiente MOTIVACIÓN en su trabajo?

Si	
No	

7. Por favor responda lo que corresponde, como calificaría la COMUNICACIÓN en su trabajo?

Exelente	
Muy bueno	
Bueno	
Regular	
Malo	

8. Por favor responda lo que corresponde, considera que el DESARROLLO que ha recibido en su trabajo cumple con sus espectativas?

Si	
No	

9. Por favor responda lo que corresponde, Cuantos años de EXPERIENCIA tiene en este tipo de trabajo?

[1] 0 A 3 años	
[2] 1 A 5 años	
[3] 5 A 10 años	
[4] 10 años en adelante	
[5] 10 años en adelante	

10. Por favor responda lo que corresponde, considera que hay un adecuado AMBIENTE DE TRABAJO?

Si	
No	

LE AGRADECERIA PROPORCIONARME ALGUNA INFORMACION GENERAL DE USTED

FIN DE LA ENTREVISTA

Encuestador _____

Fecha _____