

**MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO
DE LA EMPRESA EXTERRAN ENERGY SUCURSAL COLOMBIA**

GABRIEL LEONARDO ARDILA PEREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
MAESTRIA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

**MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO
DE LA EMPRESA EXTERRAN ENERGY SUCURSAL COLOMBIA**

GABRIEL LEONARDO ARDILA PEREZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
MAGISTER EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**Director: DAVID ALFREDO FUENTES DIAZ
Doctor en Tecnología Energética**

**MAESTRIA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2017

Dedicatoria

A Dios por estar siempre en mi vida, a mi hermosa primogénita Lucia, a mi amada esposa Andrea, a mi Madre, Hermanos y a mi Papá que nos dejó los principios claros de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre está en nuestras vidas protegiéndonos, guiándonos y brindándonos todo lo que nos es bueno.

Enormemente a mi madre por su ayuda con nuestra amada Lucia, supliendo mis deberes en sus primeros meses de vida.

A mi esposa por su amor, comprensión y fortalecimiento de mis motivos e ilusiones para continuar siempre adelante.

A mi jefe en Exterran Colombia Carlos Rodríguez Pico quien me facilitó asistir a mis estudios y siempre trató el tema como un asunto de prioridad.

A mi director de trabajo de grado por su dedicación para orientar el desarrollo de este proyecto.

Al sector del petróleo y gas que tanto me ha permitido y enseñado.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 18 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 19 |
| 2. OBJETIVOS | 19 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 20 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 20 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 20 |
| 4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA | 21 |
| 4.1 MARCO TEORICO | 22 |
| 4.1.1 Una definición de gestión del mantenimiento | 22 |
| 4.1.2 Pirámide de la excelencia de mantenimiento | 24 |
| 4.1.3 Metas del camino hacia la excelencia de la gestión de mantenimiento | 25 |
| 4.1.4 Pasos para la excelencia | 26 |
| 4.1.4.1 Paso 1 | 26 |
| 4.1.4.2 Paso 2 | 39 |
| 4.1.4.3 Paso 3 | 40 |
| 5. METODOLOGÍA | 44 |
| 6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA | 45 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.1 | ANALIZAR BIBLIOGRAFÍA DE MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO. | 45 |
| 6.2 | PROPONER UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS SUCURSAL COLOMBIANA. | 45 |
| 6.2.1 | Objeto del modelo de gestión de mantenimiento | 46 |
| 6.2.2 | Responsabilidades | 46 |
| 6.2.3 | Alcance del modelo de gestión de mantenimiento | 46 |
| 6.2.4 | Etapas y elementos del modelo de gestión | 48 |
| 6.3 | ELABORAR LA MATRIZ PARA EVALUAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA COMPAÑÍA EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS | 54 |
| 6.4 | EVALUAR CUALITATIVAMENTE EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE EXTERRAN SUCURSAL COLOMBIANA. | 56 |
| 6.5 | IDENTIFICAR LINEAMIENTOS QUE SE CREARÁN O QUÉ ACCIONES SE LLEVARÁN A CABO PARA MEJORAR LOS ASUNTOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO QUE TUVIERON UN PUNTAJE INFERIOR A TRES. | 62 |
| 6.6 | ELABORAR LOS LINEAMIENTOS DEFINIDOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE EXTERRAN SUCURSAL COLOMBIA PARA LA CREACIÓN DE PROCEDIMIENTOS, LINEAMIENTOS O NORMAS. | 65 |
| 6.6.1 | Análisis de fallas y gestión de soluciones | 67 |
| 6.6.2 | Lineamiento de administración de órdenes de trabajo | 81 |
| 6.6.3 | Lineamiento de administración de paradas de planta | 90 |
| 6.6.4 | Lineamiento de criticidad de equipos | 95 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 6.6.5 | Lineamiento de estructuración de la información de acuerdo con la norma ISO 14224. | 102 |
| 6.6.6 | Lineamiento de manejo de inventarios | 107 |
| 6.6.7 | Lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad | 110 |
| 6.6.8 | Lineamiento de competencias del personal | 114 |
| 6.6.9 | Lineamiento de manejo del software mantenimiento | 117 |
| 6.6.10 | Lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento | 128 |
| 6.7 | Estimación de un orden cronológico para la implementación de los lineamientos en el proceso de mantenimiento. | 130 |
| 7 | CONCLUSIONES | 137 |
| 8 | BIBLIOGRAFIA | 138 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla N° 1. Evaluación de la estrategia de mantenimiento | 27 |
| Tabla N° 2. Evaluación de organización/ recursos humanos | 28 |
| Tabla N° 3. Empoderamiento de empleados | 29 |
| Tabla N° 4. Tácticas de mantenimiento | 31 |
| Tabla N° 5. Análisis de confiabilidad | 32 |
| Tabla N° 6. Medidas de desempeño/evaluación comparativa | 33 |
| Tabla N° 7. Tecnología de la información | 34 |
| Tabla N° 8. Planeación y programación | 36 |
| Tabla N° 9. Administración de materiales | 37 |
| Tabla N° 10. Reingeniería del proceso de mantenimiento | 38 |
| Tabla N° 11. Modelo del sistema de gestión de mantenimiento de Exterran sucursal Colombiana | 47 |
| Tabla N° 12. Matriz de decisión para subcontratación | 51 |
| Tabla N°13. Áreas que evalúa el cuestionario | 54 |
| Tabla N° 14. Tabla para la hoja de cálculo del cuestionario | 56 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 15. Resultados de la evaluación del proceso de mantenimiento | 57 |
| Tabla N° 16. Asuntos que tienen puntaje por debajo de tres | 58 |
| Tabla N° 17. Acciones que se tomarán con cada asunto por mejorar. | 62 |
| Tabla N°. 18. Lineamientos a crear | 65 |
| Tabla N°19. Niveles de análisis | 70 |
| Tabla N° 20. Análisis de costo beneficio | 76 |
| Tabla N° 21. Relación de índices de criticidad entre el software AM y la matriz de valoración de riesgos. | 100 |
| Tabla N° 22. Modelo para priorización de lineamientos | 131 |
| Tabla N° 23. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 1 | 131 |
| Tabla N° 24. Evaluación para los lineamientos de la etapa 1 | 132 |
| Tabla N° 25. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 2 | 133 |
| Tabla N° 26. Evaluación para los lineamientos de la etapa 2 | 134 |
| Tabla N° 27. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 3 | 135 |
| Tabla N° 28. Evaluación para los lineamientos de la etapa 3 | 135 |
| Tabla N° 29. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 4 | 136 |

Tabla N° 30. Evaluación para los lineamientos de la etapa 4 136

Tabla N° 31. Orden cronológico de implementación 136

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1 Pirámide de la excelencia de mantenimiento | 24 |
| Figura 2 Matriz de priorización de oportunidades. | 40 |
| Figura 3 Proceso para alcanzar la excelencia en gestión de mantenimiento. | 41 |
| Figura 4 Modelo de gestión de mantenimiento piramidal para la sucursal Colombiana de Exterran | 47 |
| Figura 5 Gráfico del resultado de la evaluación | 55 |
| Figura 6 Gráfico de resultado de la evaluación de las áreas | 57 |
| Figura 7 Organigrama general del personal de mantenimiento de Exterran sucursal Colombiana | 66 |
| Figura 8 Pasos para el análisis causa raíz | 72 |
| Figura 9 Conformación básica del grupo | 73 |
| Figura 10 Modelo de causalidad | 74 |
| Figura 11 Ejemplo de árbol de fallas | 75 |
| Figura 12 Flujo para el tratamiento de fallas y gestión de soluciones | 78 |

| | |
|--|-----|
| Figura 13 Definición de prioridades | 84 |
| Figura 14 Flujo de la orden de trabajo | 86 |
| Figura 15 Flujo para el cálculo de criticidad de equipos | 99 |
| Figura 16 Taxonomía de la clasificación de los componentes de acuerdo a ISO 14224. | 106 |
| Figura 17 Diagrama de decisión para las tareas del RCM. | 113 |

RESUMEN

TITULO: MEJORAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA EXTERRAN ENERGY SUCURSAL COLOMBIA*

AUTOR: GABRIEL LEONARDO ARDILA PEREZ

PALABRAS CLAVE: ACTIVOS, GESTION, MANTENIMIENTO, MODELO

DESCRIPCIÓN:

Exterran es una compañía que tiene la sede principal en los Estados Unidos de Norteamérica, una parte importante de su portafolio es basado en activos físicos que dedica a la producción y/o tratamiento de petróleo y gas, generación de energía, tratamiento de aguas de producción de petróleo y a la compresión de gas. En Colombia la compañía actualmente tiene contratos por servicios como los mencionados. En el año 2016 la gerencia de operaciones que tiene a su cargo el proceso de mantenimiento hizo el planteamiento de implementar un sistema de gestión de activos para la sucursal Colombiana; la gestión de mantenimiento para los equipos en Colombia juega un papel importante en los resultados del negocio y es un proceso que debe ser asegurado, por lo que se sometió a una revisión enmarcada dentro de modelos de gestión de mantenimiento reconocidos como efectivos encontrándose oportunidades de mejora que conllevaron a crear un modelo a largo plazo de gestión de mantenimiento para la compañía en Colombia que permitirá el desarrollo del proceso hacia un nivel óptimo y avanzado utilizando para ello en los casos que aplique herramientas tecnológicas con las que actualmente se cuentan en el mercado, esto mencionado será la etapa final de desarrollo del modelo de gestión propuesto.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Director: David Alfredo Fuentes Díaz, Doctor en Tecnología Energética.

ABSTRACT

TITLE: IMPROVEMENT OF THE STRUCTURE OF THE COMPANY'S MAINTENANCE PROCESS
EXTERRAN ENERGY SUCURSAL COLOMBIA *

AUTHOR: GABRIEL LEONARDO ARDILA PEREZ

KEY WORDS: ASSETS, MANAGAMENT, MAINTENANCE, MODEL

DESCRIPTION:

Exterran is a company with headquarters in the United States of America, an important part of its portfolio is based on physical assets dedicated to the production and or treatment of oil and gas, power generation, production water treatment oil and gas compression. In Colombia the company currently has contracts for services such as those mentioned. In 2016 the manager operations that is in charge of the maintenance process made the idea of implementing an asset management system for the Colombian branch; The maintenance management in Colombia plays an important role in the results of the business and is a process that must be ensured, reason why it underwent a revision framed within maintenance management models recognized as effective finding opportunities for improvement which led to the creation of a long-term model of maintenance management for the company in Colombia that will allow the development of the process to an optimal and advanced level using for this in the cases that apply technological tools which are currently in the market, this will be the final stage of development of the proposed management model.

*Master thesis

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería mecánica. Director: David Alfredo Fuentes Díaz, Doctor en Tecnología Energética.

INTRODUCCION

Los negocios basados en activos físicos deben mantener a estos en las condiciones de desempeño demandadas al mejor precio posible y con un control de riesgos adecuado. Lo mencionado tiene relación directa con los tres factores que plantean las normas ISO 55000 y PAS 55 para una adecuada gestión de activos; estos factores son el costo, riesgo y desempeño. John Dixon Campbell es un autor reconocido por proponer y participar en la creación de modelos de excelencia para la gestión de mantenimiento representados en una pirámide que tiene cuatro niveles; estos modelos mencionados, tal como se reconoce en la literatura brindan los elementos para llevar a cabo una apropiada gestión de mantenimiento. El desarrollo del trabajo de grado en gran parte se soporta en dos libros donde John Dixon hace parte de los autores, uno llamado UPTIME: Strategies for Excellence in Maintenance Management y el otro Asset Management Excellence.

El proceso de mantenimiento de Exterran fue objeto de revisión a la luz de modelos de gestión para conocer sus fortalezas e identificar mejoras, esta revisión mencionada y los planteamientos de mejora hechos fueron llevados a cabo con el soporte bibliográfico referenciado en este trabajo de grado, así como con las competencias y experiencia del personal del área de mantenimiento de la compañía en Colombia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Exterran Energy Solutions sucursal Colombiana posee dos tipos de negocio que involucran la administración del proceso de mantenimiento, uno es el de renta de equipos propios y otro es el de contratista de operación y/o mantenimiento para activos de terceros; los equipos mencionados son de la industria del petróleo y gas en lo que tiene que ver con tratamiento de gas, compresión de gas, tratamiento de agua y generación de electricidad. El trabajo de grado enmarca el proceso de mantenimiento para los equipos propios que tiene la compañía en el país, que actualmente son unidades de compresión de gas reciprocantes compuestas por motores, compresores, enfriadores de gas y un sistema de control y monitoreo.

Para el año 2016 la gerencia de operaciones de Exterran sucursal Colombiana, planteó la necesidad de crear un sistema de gestión de activos para la compañía basado en PAS 55 e ISO 55000. Los requerimientos de PAS 55 e ISO 55001 en sus numerales 4.5 y 4.4 respectivamente son relacionados a las actividades que las compañías deben llevar a cabo para gestionar sus activos en su ciclo de vida, el proceso de mantenimiento hace parte de estas actividades, por lo que se decide revisarlo a la luz de modelos de gestión de mantenimiento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estructurar el proceso de gestión de mantenimiento de Exterran Energy Solutions sucursal Colombiana de acuerdo a un modelo de excelencia de mantenimiento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el proceso de mantenimiento actual usando como referencia modelos de gestión de mantenimiento.

Construir el modelo de excelencia de mantenimiento para la sucursal Colombiana de Exterran Energy Solutions.

Proponer una metodología para mejorar el proceso de mantenimiento de acuerdo al modelo de excelencia establecido.

3. JUSTIFICACIÓN

El concepto de gestión de activos de las normas ISO 55000 y PAS 55 sugiere que todas las acciones sobre los activos deben generar valor a través del balance entre los factores costo, riesgo y desempeño. El actual proceso de mantenimiento de Exterran sucursal Colombiana se evaluó de acuerdo al cuestionario que propone (Cambell, Jardine, & McGlynn, 2011) en el apéndice 22, este se llama cuestionario de evaluación de la estrategia de mantenimiento, MSA por las siglas en inglés. La evaluación del libro mencionado propone diez áreas a revisar cada una con ítems asociados de verificación; se encontraron veintiséis por mejorar. Se decidió para efectos del desarrollo del plan de mejora tomar los ítems a los que se les asignó un puntaje por debajo del 75% de cumplimiento; a cada ítem de estos se le asoció un factor de afectación, que dependiendo de cada caso fue el costo, riesgo, desempeño o el balance que quiere decir que tiene implicación en todos los factores. Esta oportunidad de mejorar veintiséis aspectos de acuerdo al cuestionario efectuado y a la relación que se encontró con los factores mencionados, es lo que se identifica como argumento para el desarrollo de este trabajo de grado; el detalle de los resultados y de los asuntos a mejorar se muestra claramente en el segundo objetivo específico.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1 MARCO TEORICO

4.1.1 Una definición de gestión del mantenimiento

De acuerdo con la definición del diccionario Webster, “gestión caracteriza el proceso de liderar y dirigir todo o parte de una organización, frecuentemente un negocio, a través del despliegue y manipulación de recursos (humanos, financieros, materiales, intelectuales o intangibles)” Uno puede también pensar funcionalmente en gestión como la acción de medir una cantidad sobre una base regular, y ajustar un plan inicial y las medidas adoptadas para alcanzar un objetivo pretendido. Esto se aplica incluso en situaciones donde la planificación no tiene lugar. La gestión situacional puede preceder a la gestión misional que se tenga en una compañía.

Gestión de mantenimiento caracterizará por lo tanto el proceso de conducir y dirigir la organización de mantenimiento. Mantenimiento se define como las combinaciones de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión durante el ciclo de vida de un elemento destinadas a retener, o restaurar un estado en el que se puede realizar la función requerida (función o una combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarios para prestar un servicio determinado).

Esta definición aclara el objetivo de mantenimiento y nos puede ayudar a entender que parte de una organización es, de alguna manera, dedicada al mantenimiento. Ahora podemos definir gestión de mantenimiento como sigue: "todas las actividades de la gerencia que determinan los objetivos de mantenimiento o prioridades (definidas como objetivos asignados y aceptados por el Departamento de gestión y mantenimiento), estrategias (definidas como un método de gestión para lograr objetivos de mantenimiento) y las responsabilidades y las acciones de ponerlos en práctica por medios tales como planificación de mantenimiento, control de

mantenimiento, supervisión y métodos mejora, incluyendo aspectos económicos en la organización". (CEN- European Committee for Standardization), 2001)

Esta definición de gestión de mantenimiento está estrechamente alineada a otras nociones encontradas en literatura moderna del mantenimiento. Otras definiciones consideran la gestión del mantenimiento como la gestión de todos los bienes de propiedad de una empresa, basada en maximizar el retorno de la inversión en el activo (Wireman T., 2005). Otro enfoque indica cómo un sistema de mantenimiento puede verse como un simple sistema de entrada y salida. Las entradas son la mano de obra, la gestión, las herramientas, los equipos, etc., y la salida es el equipo bien configurado y trabajando confiablemente para llegar a la operación prevista de la planta. Muestran que las actividades necesarias para que este sistema sea funcional son planificación de mantenimiento (filosofía, predecir la carga de trabajo mantenimiento, capacidad y programación), organización de mantenimiento (diseño de trabajo, normas, medición del trabajo y administración de proyectos) y control de mantenimiento (de obras, materiales, inventarios, costos y gestión orientada a la calidad)". (Crespo Márquez, 2007)

Dentro del proceso de gestión de mantenimiento uno de los principales aspectos es la definición de estrategias, responsables y las acciones con las etapas a seguir dentro de la organización, es importante generar esto, ya que es un marco de referencia que a manera conceptual define cómo se estructura y funciona la gestión de mantenimiento.

La pirámide de la excelencia introducida por John D. Campbell en el libro Uptime es la concepción de una estructura de mantenimiento eficiente, efectiva y con misión de mejora e innovación a partir de metodologías de gestión. En los siguientes apartes de este capítulo se describirá cómo este planteamiento se puede convertir en la herramienta para la gestión de la organización de mantenimiento.

La manera de mejorar los procesos de gestión de mantenimiento no sigue una regla general, esto depende críticamente de las características y capacidades de la organización y del contexto competitivo en que se encuentra, (Wireman T., 2005). Es decir, manufactura esbelta no debe ser necesariamente el objetivo de toda empresa. Para poder beneficiarse de las condiciones cambiantes, las empresas deben adoptar una estrategia de mejora que se adapte a las necesidades específicas de la organización en ese momento en su vida. Mejoras lentas y constantes son apropiadas en algunas situaciones; intentos de avances dramáticos a través de la reingeniería son apropiados en otros. Por otra parte, diferentes estrategias de mejora requieren diferentes recursos, estilos de gestión y estructuras de apoyo. Tal como lo identifica Wireman T. , 2005, la gestión de mantenimiento apropiada que él concibe en una pirámide similar a la de Campbell, aporta al aumento de los beneficios del negocio a través del aumento de la disponibilidad y de la eficiencia, y de la disminución de los gastos relacionados a la mano de obra, repuestos, contratos de mantenimiento y uso de energía.

4.1.2 Pirámide de la excelencia de mantenimiento

La pirámide de la excelencia de gestión mantenimiento de activos, basada en el material original del libro Uptime de John Campbell: Strategies for Excellence in Maintenance, proporciona un enfoque fundamental pero holístico para comprender dónde una organización está en su madurez de mantenimiento, y puede actuar como una línea base para lograr el progreso de esta.

A continuación, se muestra la mencionada pirámide extraída y traducida al español del libro Asset Management Excellence.

Figura N° 1. Pirámide de la excelencia de mantenimiento



Fuente: (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011)

4.1.3 Metas del camino hacia la excelencia de la gestión de mantenimiento

El libro Asset Management Excellence menciona que hay tres metas en el camino a la excelencia del mantenimiento:

- **Estratégica:** en primer lugar, se debe dibujar un mapa y fijar un rumbo y su destino. Se necesita una visión de qué será gestión de mantenimiento en un plazo futuro de por ejemplo tres años. ¿Cuál es la condición de la planta, la disponibilidad, la estructura de costos de mantenimiento, la cantidad de trabajo planeado comparada con el reactivo no planificada, el ambiente de trabajo? Se debe evaluar donde está hoy para llegar a donde va. De esta manera, se sabrá el tamaño de la brecha. Finalmente, se deben determinar los recursos humanos, financieros, físicos y requisitos, así como un marco de tiempo para hacer su visión real.
- **Táctica:** se requiere de un sistema de gestión de trabajo y de gestión de materiales para controlar el proceso de gestión de mantenimiento. Idealmente, se trata de un sistema de gestión computarizado de mantenimiento, un sistema de

gestión de activos empresarial o un módulo de mantenimiento en un sistema de planificación de recursos empresariales. Se debe contar con un proceso de planeación y programación de mantenimiento -para órdenes de trabajo, paradas de planta y de equipos, ejercicios de presupuestación anual y creación de un programa preventivo y predictivo-son los más importantes. Además, el rendimiento debe medirse en todos los niveles para modificar eficazmente el comportamiento de las personas; es requerido aplicar actividades de lubricación, inspección, monitoreo de condiciones y de prevención de fallas.

- Mejora continua: finalmente, uniendo el conocimiento colectivo y la experiencia de toda la fuerza de trabajo y adoptando mejores prácticas de adentro y afuera de la organización, se completará el trabajo para lograr una gestión sistemática de mantenimiento.

4.1.4 Pasos para la excelencia

En el capítulo 17 del libro Asset Management Excellence que trata acerca de cómo alcanzar la excelencia en mantenimiento, se plantea a través de un enfoque de tres pasos cómo poner en marcha un programa de mejora de la gestión del mantenimiento. Los pasos son los siguientes:

4.1.4.1 Paso 1

Descubrir: aprender donde está usted en un perfil de madurez de mantenimiento, establecer la visión y la estrategia basada en la investigación y la evaluación comparativa y conocer sus prioridades, el tamaño de la brecha y cuánto de ella desea cerrar por el momento.

Es importante autoevaluarse de acuerdo a lo que se quiere lograr, para identificar fortalezas y oportunidades; el libro Asset Management Excellence plantea un cuestionario para una mejora del proceso de gestión de mantenimiento, a continuación, se muestra el cuestionario traducido del apéndice 22. Este contiene diez áreas identificadas cada una con ítems a evaluar, para efectos de este trabajo de grado se reconoce que cada ítem se relaciona a los factores del balance adecuado de gestión que propone ISO 55000 en la nota 1 del numeral 3.3.1, se define que estos factores en el marco de la evaluación serán: costo, riesgo y desempeño.

Tabla N° 1. Evaluación de la estrategia de mantenimiento

| ITEM | 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO | PUNTAJE |
|------|---|---------|
| 1.1 | El Departamento de mantenimiento tiene una misión definida, mandato y un conjunto de objetivos que están bien documentados y entendidos por todo el personal interesado. | |
| 1.2 | La declaración de la misión y objetivos mantenimiento apoyan claramente los objetivos y metas de la empresa, y se entiende el papel del mantenimiento en el logro de objetivos de la empresa. | |
| 1.3 | Tenemos un plan a largo plazo o estrategia guía mantenimiento que soporta la mejora y está vinculada a la estrategia global corporativa. | |
| 1.4 | Contamos con un conjunto de políticas o directrices para el mantenimiento. Mantenimiento es visto como un proceso, no una función. | |
| 1.5 | Nuestro enfoque al mantenimiento es proactivo. Hacemos nuestro mejor esfuerzo para evitar averías; y cuando algo falla lo solucionamos inmediatamente. | |

| ITEM | 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO | PUNTAJE |
|--------------|--|----------------|
| 1.6 | El presupuesto anual de mantenimiento se prepara basado en un plan de mejora a largo plazo, en la estrategia de overhaul programada y en la historia del desempeño de los equipos. El presupuesto de mantenimiento está relacionado con el rendimiento esperado, y se proporcionan indicaciones sobre el resultado probable si el trabajo es aplazado. | |
| 1.7 | El presupuesto de mantenimiento tiene una asignación para desarrollar algún proyecto a cargo del departamento de mantenimiento. Si no, los trabajos de proyectos son presupuestados por separado y contablemente fuera de mantenimiento. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 1 (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 2. Evaluación de organización/ recursos humanos

| | 2. ORGANIZACIÓN/ RECURSOS HUMANOS | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 2.1 | El nivel del personal de mantenimiento es adecuado, muy capaz y experimentado. | |
| 2.2 | Funciones que cubren las necesidades de la planta están definidas totalmente, nuestros empleados entienden qué se espera de ellos y los organigramas están actualizados. | |
| 2.3 | La organización de mantenimiento es descentralizada y organizada por línea de producto o área. | |
| 2.4 | La primera línea de supervisores es responsable de al menos 12 a ó 15 trabajadores de mantenimiento. | |

| | 2. ORGANIZACIÓN/ RECURSOS HUMANOS | PUNTAJE |
|--------------|--|----------------|
| 2.5 | Hay personal de apoyo adecuado para permitir que los supervisores pasen más del 75% de su tiempo en apoyo de su gente. | |
| 2.6 | Tiempo extra representa menos del 5% del total de horas-hombre de mantenimiento anual. | |
| 2.7 | Las horas extras no se concentran en un grupo o área, pero se distribuyeron bien. | |
| 2.8 | Entrenamiento técnico periódico se proporciona a todos los empleados y es más de 5 días al año por empleado. Supervisores de mantenimiento también han recibido capacitación formal de supervisión. | |
| 2.9 | Se emplea un programa formal establecido para atender las necesidades del Departamento de mantenimiento de oficios calificados. Se establecen normas claras para completar los programas de aprendizaje. | |
| 2.10 | Parte de la paga se basa en conocimientos o resultados, demostración de habilidades y productividad. | |
| 2.11 | Contratistas se utilizan para aumentar el personal de planta durante paradas o para proyectos concretos o trabajos especializados. Su costo/beneficio se revisa periódicamente. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 2. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 3. Empoderamiento de empleados

| | 3. EMPODERAMIENTO DE EMPLEADOS | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 3.1 | No tenemos una organización de "Comando y Control" con procedimientos altamente disciplinados. | |
| 3.2 | Personas con varias habilidades (por ejemplo, electricistas haciendo el menor trabajo mecánico, mecánica haciendo trabajos eléctricos menores, etc.) son una característica clave de la organización. | |
| 3.3 | Los operadores entienden el funcionamiento de los equipos, realizan actividades menores de mantenimiento como limpieza, lubricación, pequeños ajustes, inspecciones y reparaciones menores (que generalmente no requieren el uso de herramientas). | |
| 3.4 | Supervisores regularmente hablan del rendimiento y costos con sus equipos de trabajo. | |
| 3.5 | Equipos de mejora continua están en sitio y activos. | |
| 3.6 | Gran parte del trabajo se realiza por equipos de trabajo autodirigidos de operadores, mantenedores e ingenieros. | |
| 3.7 | El mantenimiento es una parte del equipo involucrado en el diseño y puesta en marcha, modificaciones o adiciones de capital para la planta. | |
| 3.8 | Grupos de mantenimiento generalmente responden a desplazamientos después de horas. Operaciones pueden obtener apoyo necesario de mantenimiento rápidamente y con un mínimo de esfuerzo. | |
| 3.9 | Las llamadas al personal de mantenimiento son llevadas a cabo por un mantenedor en turno quien decide qué soporte es necesario sin referenciarse a un supervisor para que lo guíe. Operaciones no decide quién será llamado. | |

| | 3. EMPODERAMIENTO DE EMPLEADOS | PUNTAJE |
|--------------|---|----------------|
| 3.10 | Se han establecido alianzas con contratistas y proveedores claves. Riesgo compartido es una característica de estos acuerdos. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 3. (Continuación)

Fuente: (CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011)

Tabla N° 4. Tácticas de mantenimiento

| | 4. TACTICAS DE MANTENIMIENTO | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 4.1 | Menos del 5% de las horas-hombre de trabajo de mantenimiento total está dedicado a las emergencias (por ejemplo, paradas no programadas). | |
| 4.2 | Mantenimiento basado en condición es favorecido sobre mantenimiento basado en el ciclo o el tiempo. | |
| 4.3 | Uso de técnicas de mantenimiento basado en condición como análisis de vibraciones, muestreo de aceite, ensayos no destructivos (NDT) y monitoreo del desempeño, está generalizado. | |
| 4.4 | Mantenimiento preventivo o predictivo representa el 60% o más de las horas-hombre de mantenimiento total. | |
| 4.5 | Cumplimiento del programa de PM es alto: 95% o más de los trabajos de PM se completó según lo programado. | |
| 4.6 | Resultados de inspecciones de PM y datos de la historia de fallos se utilizan para constantemente afinar y mejorar la efectividad del programa PM. | |

| | 4. TACTICAS DE MANTENIMIENTO | PUNTAJE |
|--------------|---|----------------|
| 4.7 | Para equipos nuevos, las recomendaciones de mantenimiento del fabricante se revisan si son convenientes para nuestro entorno operativo específico y demandas. | |
| 4.8 | Utilizamos un programa formal basado en la confiabilidad para determinar las correctas rutinas de PM. Dicho programa todavía se utiliza para continuamente ajustar y mejorar nuestro rendimiento de PM. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 4 (Continuación)

Fuente: (CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011)

Tabla N° 5. Análisis de confiabilidad

| | 5. ANALISIS DE CONFIABILIDAD | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 5.1 | La historia de los equipos se mantiene para todas las piezas claves, mostrando la causa de falla y reparación concluida. | |
| 5.2 | Fallos de equipos se analizan para determinar la causa y prescribir las medidas preventivas. | |
| 5.3 | Nuestros esfuerzos de prevención de fallas en su mayoría son exitosos. Generalmente podemos eliminar los problemas sin crear nuevos. | |
| 5.4 | Tiempo medio entre fallas y disponibilidad mecánica o de procesos son registrados, calculados y pronosticados. | |
| 5.5 | Se han realizado estudios de riesgo para optimizar programas de mantenimiento. | |
| 5.6 | Todos los equipos se han clasificado basado en su importancia para la seguridad y las operaciones de la planta. | |

| | 5. ANALISIS DE CONFIABILIDAD | PUNTAJE |
|--------------|---|----------------|
| | La clasificación se utiliza para ayudar a determinar prioridades de orden de trabajo y dirigir recursos de ingeniería. Trabajamos primero en los problemas de los equipos más críticos. | |
| 5.7 | Las estadísticas de confiabilidad se mantienen a pesar de que nuestros empleados tienen una buena idea de los mejores y peores equipos. | |
| 5.8 | Mantenimiento centrado en confiabilidad u otros análisis formales se utilizan para determinar las rutinas de mantenimiento óptimo para llevar a cabo en nuestros equipos. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 5. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N°6. Medidas de desempeño/evaluación comparativa

| | 1. MEDIDAS DE DESEMPEÑO/EVALUACION COMPARATIVA | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 6.1 | Los costos de mano de obra y material son acumulados y registrados contra equipos y sistemas principales. | |
| 6.2 | Se mantienen registros de tiempo de inactividad incluyendo causas en sistemas y equipos clave. Estos registros son analizados periódicamente para generar acciones de mejora continua. | |

| | 1. MEDIDAS DE DESEMPEÑO/EVALUACION COMPARATIVA | PUNTAJE |
|--------------|---|----------------|
| 6.3 | El Departamento de mantenimiento tiene un conjunto de indicadores que se miden, y se realiza un seguimiento para monitorear los resultados en relación con el proceso de la estrategia y la mejora del mantenimiento rutinario. | |
| 6.4 | Todo el personal de mantenimiento ha sido capacitado en la importancia de las medidas que utilizamos. La mayoría de nosotros puede leer las medidas y las tendencias y puede determinar si estamos mejorando nuestro desempeño. | |
| 6.5 | Todas las disciplinas de mantenimiento pueden ver y entender la relación entre su trabajo y los resultados del Departamento General. Si una disciplina o área es débil, pueden ver y trabajar para corregirlo. | |
| 6.6 | Las medidas de desempeño son publicadas regularmente y se mantienen disponibles/visibles para todo el personal del departamento y disciplinas. | |
| 6.7 | Las normas internas y de la industria se utilizan para comparación. | |
| 6.8 | Desempeño de mantenimiento de las "mejores" organizaciones han sido comparadas y utilizadas para establecer objetivos para los indicadores de rendimiento. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 6. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 7. Tecnología de la información

| | 7. TECNOLOGIA DE LA INFORMACION | PUNTAJE |
|--------------|--|----------------|
| 7.1 | Existe un sistema de gestión de mantenimiento completamente funcional, que está vinculado a los sistemas de gestión financiera y de materiales de la planta. | |
| 7.2 | Nuestra información de gestión de mantenimiento y materiales es considerada un activo valioso y se usa regularmente. El sistema no es sólo un "agujero negro" para obtener información o una carga de uso que no produce ningún beneficio. | |
| 7.3 | Nuestro sistema de gestión de mantenimiento es fácil de usar. La mayor parte del Departamento de mantenimiento, especialmente supervisores y oficios, ha sido formado en ello, puede utilizarlo y lo utiliza. | |
| 7.4 | Nuestros planificadores/programadores usan el sistema de gestión de mantenimiento para planear el trabajo, y seleccionar y reservar materiales y repuestos. | |
| 7.5 | La información es fácilmente accesible y vinculada a los registros del equipo. La búsqueda de piezas para equipos específicos es fácil de hacer y la contabilidad de existencias es generalmente exacta. | |
| 7.6 | La programación de paradas de planta se realiza mediante un sistema de gestión de proyectos que determina rutas críticas y niveles necesarios de recursos. | |
| 7.7 | Técnicas del mantenimiento basado en condición son apoyadas por programas automatizados para análisis de datos y la predicción. | |
| 7.8 | Sistemas expertos se utilizan en áreas donde se requieren diagnósticos complejos. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 7. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 8. Planeación y programación

| | 8. PLANEACION Y PROGRAMACION | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 8.1 | Existe un registro de equipos de planta, que enumera todos los equipos en la planta que requieren algún tipo de mantenimiento o soporte de ingeniería durante su vida. | |
| 8.2 | Más del 90% de los trabajos de mantenimiento está cubierto por una orden de trabajo escrita estándar, orden de trabajo permanente, orden de trabajo de PM, o un PM lista o rutina. | |
| 8.3 | Más del 80% de los trabajos de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) son formalmente previstos por un planificador, supervisor u otra persona por lo menos 24 horas o más antes de ser destinados a las disciplinas. | |
| 8.4 | Las solicitudes de trabajo que no son de emergencia son evaluadas, estimadas y planeadas (con tareas, materiales y herramientas identificadas y previstas) por un planificador dedicado. | |
| 8.5 | Evaluaciones de los puestos de trabajo se utilizan para establecer tiempos estándar de tareas repetitivas y recursos de programación. | |
| 8.6 | Un sistema de priorización está en uso para todas las solicitudes u órdenes de trabajo. Las prioridades son establecidas con un criterio predefinido, el cual no es abusado para desviarse del sistema. | |

| | 8. PLANEACION Y PROGRAMACION | PUNTAJE |
|--------------|--|----------------|
| 8.7 | El trabajo para la semana está programado en acuerdo con producción y se basa en el equilibrio de las prioridades de trabajo establecidas por producción con la capacidad neta de cada operación, teniendo en cuenta trabajos emergencia y PM. | |
| 8.8 | Todas las paradas están programadas usando ruta crítica u otros métodos gráficos para mostrar trabajos, recursos, plazos y secuencias. | |
| 8.9 | Trabajo (listo para ser programado) es medido y previsto para cada disciplina y se administra en menos de 3 semanas. | |
| 8.10 | Planes a largo plazo (1 a 5 años) se utilizan para pronosticar los trabajos de mantenimiento y paradas importantes, y se utilizan para preparar el presupuesto de mantenimiento. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 8. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 9. Administración de materiales

| | 9. ADMINISTRACION DE MATERIALES | PUNTAJE |
|-----|--|----------------|
| 9.1 | Niveles de servicio se miden y son generalmente altos. Desabastecimiento representa menos del 3% de los pedidos en el almacén. | |
| 9.2 | Piezas y materiales están disponibles para su uso donde y cuando sea necesario. | |
| 9.3 | Almacenes de distribución (satélite) se utilizan en toda la planta para artículos comúnmente usados (por ejemplo, sujetadores, accesorios) | |

| | 9. ADMINISTRACION DE MATERIALES | PUNTAJE |
|--------------|--|----------------|
| 9.4 | Piezas y materiales se reponen automáticamente antes de que el inventario en mano se desabastezca y sin que sea iniciativa de los equipos de mantenimiento. | |
| 9.5 | Se utiliza un almacén central de herramientas especiales. | |
| 9.6 | El inventario se revisa periódicamente para eliminar elementos obsoletos o muy pocas veces usados. Mensualmente se realiza un análisis ABC. | |
| 9.7 | Compras / almacén es capaz de obtener y adquirir piezas urgentes de emergencia que no están almacenadas rápidamente y con tiempo suficiente para evitar el tiempo de inactividad de la planta. | |
| 9.8 | La rotación de inventario promedio es mayor a 1.5 veces. | |
| 9.9 | Cantidades y puntos de orden se basan en el plazo de obtención, stock de seguridad y cantidades de orden económico. | |
| 9.10 | El inventario se controla mediante un sistema computarizado que está totalmente integrado con el sistema de gestión y planificación de mantenimiento. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 9. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

Tabla N° 10. Reingeniería del proceso de mantenimiento

| | 10. REINGENIERIA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO | PUNTAJE |
|--------------|---|----------------|
| 10.1 | Se han identificado procesos de mantenimiento clave (por ejemplo, mantenimiento correctivo, planificación), y se ha trazado cómo seguirlos. Los mapas son reflejos exactos de los procesos que se siguen realmente. | |
| 10.2 | Procesos de mantenimiento clave son rediseñados para reducir o eliminar actividades sin valor agregado. | |
| 10.3 | El CMMS u otros sistemas de gestión se utilizan para automatizar procesos de trabajo. | |
| 10.4 | Rediseño y mapeo de procesos se han extendido a los procesos de soporte técnico y administración. | |
| 10.5 | Los costos de calidad y de tiempo para procesos de mantenimiento rutinario son medidos y monitoreados. Los costos de actividad se conocen. | |
| TOTAL | | |

Tabla N° 10. (Continuación)

Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

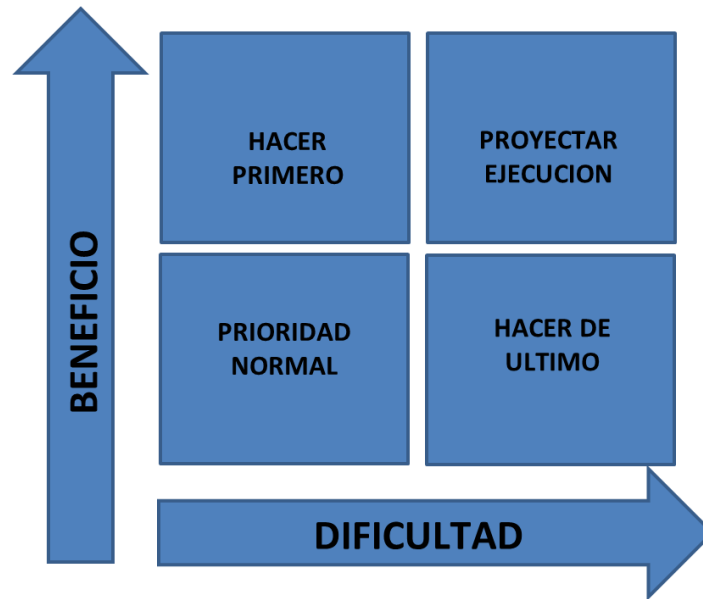
4.1.4.2 Paso 2

Desarrollar: habiendo identificado las oportunidades a través de la autoevaluación, se debe desarrollar el plan de implementación, teniendo en cuenta que los recursos limitados y la variabilidad de los beneficios no permitirán hacer todo a la vez.

La técnica mostrada en la figura 2 identifica claramente oportunidades evidentes "alto beneficio, poco esfuerzo" (también a menudo llamadas "las frutas bajas"). A menudo muchas de estas ideas identificadas se ejecutan para ahorro inmediato, y ayudarán a un proyecto o iniciativa importante a declarar ahorros tempranos. Las

demás actividades se pueden programar de acuerdo a la prioridad y disponibilidad de recursos.

Figura N° 2. Matriz de priorización de oportunidades.



Fuente: El autor

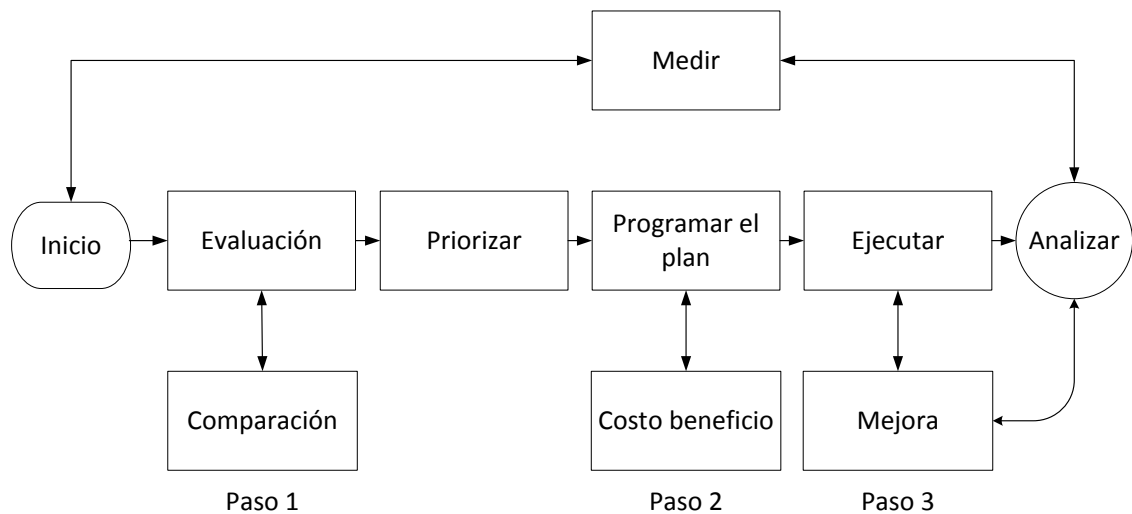
4.1.4.3 Paso 3

Implementar: documentar y delegar quién es responsable y quién rinde cuentas, fijar hitos, establecer medidas de desempeño y presentación de informes, seleccionar áreas piloto, y establecer especificaciones y políticas para la adquisición, instalación y capacitación.

La figura 3 se elaboró basada en el diagrama que el libro Asset Management Excellence plantea como el proceso para alcanzar la excelencia en la gestión del

mantenimiento, se describen los pasos y la manera como el proceso es continuo y cambiante.

Figura N° 3. Proceso para alcanzar la excelencia en gestión de mantenimiento.



Fuente: CAMPBELL, JARDINE, & MCGLYNN, 2011

La implementación es la ejecución, que debe ser llevada a cabo con el adecuado nivel de liderazgo y control, el libro *The Discipline of Getting Things Done* señala siete hábitos para formar un bloque de ejecución:

- Conocer las personas y el negocio

Se requiere que el líder interactúe vivamente con el entorno de la compañía, la conozca, realice observaciones de campo, proporcione retroalimentación a los encargados, reconozca las buenas prácticas, vea con sus propios ojos el avance o

la brecha de las metas. Todo esto le ayudará a revisar su plan, ajustarlo si es necesario y mantener una visión clara y mucho más precisa del negocio.

- Insistir en el realismo

Es la manera de saber quién es la compañía en realidad, se debe medir el desempeño, compararlo con las metas establecidas y con los competidores. No ser realistas debe ser evitado, porque aleja los esfuerzos de los puntos de mejora y se pueden gastar en asuntos innecesarios. Finalmente, si no se es realista, el negocio no se conducirá adecuadamente y las cosas que están mal pueden crecer al punto de tener consecuencias serias en los resultados.

- Establecer metas claras y prioridades

El plan debe ser práctico, pero no simplista, con metas claras y prioridades que se transmitan en la organización. El lenguaje de las metas debe ser cotidiano o debe lograrse esto; una de las características del liderazgo efectivo es la franqueza y la claridad de los mensajes.

- Seguir adelante

Hay que identificar lo requerido para cumplir el plan y aunque no sea usual o cotidiano hay que llevarlo a cabo, ya que los esfuerzos identificados como beneficiosos, redundarán en la mejora de los resultados.

- Recompensar a quienes cumplan

Es una manera efectiva de reconocer el trabajo destacado de quienes aportan a desarrollar los planes y estrategias; deben usarse recompensas diferentes a los beneficios comunes de la organización. Una de las tareas del liderazgo será hacer

que los planes sean beneficiosos para las compañías de manera que los reconocimientos adicionales sean aprobados como parte de los presupuestos.

- Aumentar las capacidades de las personas

La manera más fácil es a través de la transferencia de conocimiento del líder y de personas destacadas en temas específicos; igualmente se deben potencializar los talentos con metas retadoras brindando capacitación y entrenamiento adecuado si es requerido. Cuando se hace esto se logran los resultados y con seguridad las capacidades de las personas y de las organizaciones tienen impactos positivos.

- Conocerse usted mismo

Es la clave del liderazgo, estribarse sobre lo bueno y mejorar lo que es requerido, esto se logra teniendo autoconciencia y rigiéndose por los principios correctos de la vida. A través del autoconocimiento debe haber autorregulación y humildad en el actuar. El liderazgo debe ser auténtico y coherente, ya que se es juzgado por lo que se promulga y por lo que se hace. De tal manera que al escoger un líder para un proceso se deben tener en cuenta las competencias que se están mencionando a fin de asegurar un recurso idóneo para liderar las estrategias a desarrollar.

5. METODOLOGÍA

- Analizar bibliografía de modelos de gestión de mantenimiento.
- Proponer un modelo de gestión de mantenimiento para Exterran Energy Solutions sucursal Colombiana.
- Elaborar una matriz para evaluar el proceso de mantenimiento de la compañía Exterran Energy Solutions de acuerdo al modelo propuesto.
- Evaluar cualitativamente el proceso de mantenimiento de Exterran Sucursal Colombiana.
- Identificar qué lineamientos deben ser creados para mejorar los aspectos que se identifiquen como oportunidades de la evaluación efectuada.
- Elaborar los lineamientos definidos a través de la metodología de Exterran Sucursal Colombia para la creación de procedimientos, lineamientos o normas.
- Estimación de un orden cronológico para la implementación de los lineamientos en el proceso de mantenimiento.

6. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

6.1 ANALIZAR BIBLIOGRAFÍA DE MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.

El análisis bibliográfico se ha hecho a partir del capítulo cuatro donde se ha enmarcado la teoría de este trabajo de grado. Se reconoce a John Dixon Campbell como un autor que ha propuesto un modelo bastante sencillo y práctico para estructurar una estrategia de mantenimiento, este es a través de una pirámide llamada de excelencia de mantenimiento; Terry Wireman también propone una pirámide similar para la gestión del mantenimiento. Los autores mencionados estructuran la estrategia de mantenimiento por etapas desde una base fundamental hasta un nivel superior de alto desempeño sinérgico. Esta propuesta como modelo de gestión ha tenido gran aceptación en la industria y en muchos casos se ha usado este modelo piramidal de niveles como referencia para desarrollar los procesos de mantenimiento. Como complemento a lo mencionado (Cambel, Jardine, & McGlynn, 2011) propone un cuestionario para evaluar la gestión de mantenimiento a partir del cual se puede obtener un punto de partida para un plan de mejora. Los elementos del cuestionario hacen parte de la pirámide y de sus etapas.

6.2 PROPONER UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS SUCURSAL COLOMBIANA.

A partir del análisis bibliográfico llevado a cabo, a continuación, se propone el modelo de gestión de mantenimiento:

6.2.1 Objeto del modelo de gestión de mantenimiento

Proporcionar un enfoque sistemático y estandarizado por etapas que permita asegurar la efectividad de la gestión de mantenimiento.

6.2.2 Responsabilidades

Gerente de Operaciones: se encargará de implementar este proceso gestionando los recursos apropiados para llevarlo a cabo; siempre tendrá la responsabilidad de enfocar los esfuerzos para obtener la mayor efectividad posible de la gestión de mantenimiento.

Personal de mantenimiento: toda persona vinculada al proceso de mantenimiento de los activos de la sucursal Colombiana de Exterran, está comprometida a implementar los lineamientos o políticas que estén desarrolladas o en vía de desarrollo, cumpliendo con los roles y responsabilidades que le sean asignadas.

6.2.3 Alcance del modelo de gestión de mantenimiento

Este proceso aplica para las unidades de negocio donde la sucursal Colombiana de Exterran lleva a cabo actividades de mantenimiento en activos que pertenecen a procesos productivos.

La figura 4 y la tabla 11 muestran el modelo de gestión planteado para Exterran; esta es una estrategia que contiene los cuatro niveles de la pirámide de Campbell, en cada nivel se incluyeron elementos de gestión a través de los cuales se desarrollarán las actividades del proceso de mantenimiento. Este modelo de

gestión se valida al verificar la concordancia que tiene con la pirámide y el cuestionario de la bibliografía citada.

Tabla N° 11. Modelo del sistema de gestión de mantenimiento de Exterran sucursal Colombiana

| Liderazgo Etapa I | Control Etapa II | Mejora continua Etapa III | Saltos cuánticos Etapa IV |
|------------------------------|--|--|--------------------------------------|
| Administración del trabajo | Inventarios | Sinergia O&M | Optimización del mantenimiento |
| Planeación y programación | Procedimientos de mantenimiento | RCM | |
| Actividades outsourcing | Planes de mantenimiento | Análisis de fallas | |
| Criticidad de equipos | Sistema de administración de mantenimiento | Gestión de soluciones | |
| Recurso humano | Históricos de mantenimiento | | |
| | Indicadores de desempeño | | |
| | Paradas de planta | | |

Fuente: El autor

Figura 4. Modelo de gestión de mantenimiento piramidal para la sucursal Colombiana de Exterran



Fuente: El autor

6.2.4 Etapas y elementos del modelo de gestión

Etapa I, Liderazgo: este nivel plantea que se deben tener elementos de estrategia y gestión. La estrategia es un sistema de gestión de cuatro niveles o etapas donde se inicia desde la base o etapa I que se considera que es lo elemental para desarrollar la gestión del mantenimiento, a través del desarrollo de los siguientes niveles se avanzará en el camino a la excelencia donde se tendrá un proceso de mantenimiento controlado y de mejora continua. Elementos que contiene el nivel I:

Plan de mantenimiento: en esta primera etapa es requerido definir un plan de mantenimiento apropiado para los equipos, que puede ser de acuerdo a las recomendaciones del fabricante incluyendo actividades adicionales de acuerdo a la experiencia o mejoras conocidas, así como a regulaciones vigentes aplicables.

Administración del trabajo: se requiere definir el flujo que deben seguir los trabajos de mantenimiento, desde su necesidad hasta la revisión final; esto para generar responsabilidades en la organización y que la gestión sea oportuna y efectiva.

Planeación y programación: se requiere definir cómo se efectuará el proceso de planeación y programación, sus requerimientos, las etapas que abarca y cómo se deben llevar a cabo.

Criticidad de equipos: es requerido definir una jerarquía de los equipos de acuerdo a las consecuencias desfavorables que estos pueden ocasionar hacia las personas, el medio ambiente, los activos y los ingresos del negocio; esto debe hacerse a través de la identificación de las consecuencias a partir del análisis de las pérdidas de las funciones de los equipos. Con esto definido se identificarán tareas críticas y repuestos críticos que ayudarán a administrar adecuadamente los recursos de mantenimiento.

Recurso humano: desarrollar el recurso humano y reconocer su importancia desde el primer nivel es esencial para lograr las metas del negocio, porque es a través de lo que las personas realizamos que se materializan los resultados. La organización debe mostrar que cuenta con un proceso que asegure las habilidades requeridas para las personas, el desarrollo de multihabilidades, la formulación y consecución de objetivos que aporten a las áreas importantes para la compañía así como al crecimiento personal. Todo esto es porque la respuesta a que si se puede hacer más con menos, es sí; si las personas que hacen parte del proceso son más habilidosas, inteligentes y preparadas. La organización debe demostrar que cuenta con un sistema de compensación hacia el trabajo destacado de manera que incentive a hacer un mejor trabajo y realizar aportes que ayuden a la obtención efectiva de los resultados del negocio. Se debe demostrar que existe un sistema de compensaciones hacia los desempeños que se destaquen por su aporte para la mejora de los resultados de la compañía.

Etapas II, control: en este nivel se requiere ejercer el control de la gestión de mantenimiento a través de medición de indicadores, las actividades de mantenimiento deben ser escritas en los formatos de elaboración de procedimientos de la compañía con el fin de asegurar el desarrollo exitoso de estas, las actividades

de mantenimiento de impacto considerable a la disponibilidad de la planta deben enmarcarse dentro de un proceso de gestión efectivo; una herramienta informática para la gestión de mantenimiento deberá implementarse, a través de esta se harán análisis de históricos de mantenimiento que permitirán tomar decisiones y optimizar. Un plan de mantenimiento deberá estar implementado con su correspondiente mecanismo de manejo del inventario requerido. Elementos que contiene el nivel II:

Gestión de materiales: se requiere gestionar los materiales utilizados para el mantenimiento de los equipos, entendiendo que existen materiales reparables o llamados también activos de rotación. Deben establecerse indicadores para medir la gestión de materiales donde se incluyan niveles de servicio y rotación de inventarios. Es requerido establecer los parámetros de reposición de los inventarios, así como los repuestos críticos de los equipos críticos y el plan de adquisición para el programa de mantenimiento. La organización debe establecer las condiciones de almacenamiento apropiadas a fin de preservar los materiales

Procedimientos de mantenimiento: toda actividad de mantenimiento ejecutada debe tener un procedimiento escrito, este debe reflejar las características físicas de la instalación donde se encuentran los equipos a intervenir. Adicional, la organización deberá tener una metodología para la redacción de las instrucciones de las actividades, así como también para las medidas de aseguramiento y control.

Actividades outsourcing: es requerido que la organización identifique qué actividades efectuará con recurso propio y cuáles subcontratará, para esto (Cambell & Reyes Picknell, 2006) se recomienda verificar si el mantenimiento es una ventaja competitiva y si es un proceso estratégico o no de la compañía, a continuación se muestra la matriz que propone. Estas consideraciones para decidir la subcontratación, deben ser analizadas a la luz de los costos para que se apalanque en estos la decisión que se tomará.

Tabla N° 12. Matriz de decisión para subcontratación

| | Estratégico | No estratégico |
|-------------------------------|---|------------------------|
| Ventaja competitiva | Realice el mantenimiento | Considere subcontratar |
| No es una ventaja competitiva | Trabaje para convertirlo en una ventaja | Considere subcontratar |

Fuente: El autor

Muy seguramente puede el plan de mantenimiento estar en ejecución previo a realizar este análisis, por lo que se requiere de acuerdo a lo aquí dispuesto, se valide la decisión que se ha tomado de acuerdo a si el mantenimiento se efectúa por cuenta propia o subcontratando.

Software de gestión de mantenimiento: es requerido que la compañía posea un software de gestión de mantenimiento, esto facilitará el registro histórico confiable de datos, la oportuna programación del plan de mantenimiento, el seguimiento a las actividades requeridas y ejecutadas en los equipos, así como también la información del manejo del inventario, también guardará información de partes vigentes para uso por actividades y el listado de instrucciones para llevar a cabo las intervenciones de mantenimiento. De allí se tomarán los datos para pronósticos y toma de decisiones, de acuerdo al grado de vinculación de este software con el de manejo de finanzas se podrá extraer de este, información de costos.

Gestión de actividades de impacto considerable: la organización debe definir qué actividades de mantenimiento ocasionan impacto considerable, para estas se debe desarrollar una metodología de planeación, programación, alistamiento, ejecución, documentación y revisión de tal manera que los tiempos de parada sean los mejores posibles, así como para que el uso de los recursos sea altamente efectivo. Esto se puede apoyar en herramientas de administración de proyectos conocidas como

diagramas de gantt, curvas de seguimiento de planes de trabajo, identificación de rutas críticas, etc.

Indicadores de desempeño: es clave que se mida el desempeño del proceso de mantenimiento, la compañía deberá como mínimo definir indicadores para los costos de mantenimiento por unidad producida, disponibilidad mecánica, porcentaje de trabajo planeado y programado, cumplimiento de la programación, porcentaje del mantenimiento proactivo y del tiempo efectivo de ejecución del personal, relación de incidentes de seguridad y medio ambientales respecto al tiempo, niveles de servicio de los inventarios. También deberá medir el desarrollo de las personas, pilar fundamental para el negocio, esto lo puede hacer definiendo las multihabilidades que se le deben generar al personal, número de horas anuales de entrenamiento, relación de personas por supervisor, y los demás indicadores que se consideren pertinentes.

Históricos de mantenimiento: la organización debe establecer un mecanismo para registrar los históricos de mantenimiento, este requerimiento puede ser validado con el software de gestión de mantenimiento, siempre y cuando permita diferenciar intervenciones preventivas de correctivas, así como la duración de las mismas, y se pueda identificar qué componente se interviene para el caso de los mantenimientos correctivos. Una norma de referencia para esto es la ISO 14224.

Etapa III, Mejora continua: este nivel supone que la implementación de los dos primeros es satisfactoria, a tal punto que a través de revisiones se encuentren acciones de mejora. Los elementos a desarrollar que componen esta etapa son los siguientes:

Análisis de fallas y gestión de soluciones: es importante analizar toda falla que ocurra en los equipos y gestionar una apropiada solución a nivel sistemático, para esto debe establecerse una metodología que describa cómo se desarrollarán los

análisis de acuerdo a su nivel de impacto, así como también cómo se sustentarán las soluciones que se propongan.

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad: esta metodología para desarrollar los planes de mantenimiento se basa en la identificación de las funciones de los equipos y las consecuencias por la pérdida de estas en el contexto operacional que se encuentren. Contando con lo mencionado, se generan las actividades sistemáticas de mantenimiento y decisiones que debieron validarse con un cálculo de costo-efectividad con relación a las consecuencias que se pretenden evitar. Consecuencias se refiere a la afectación que se puede ocasionar a las personas, al medio ambiente y a las finanzas. La compañía deberá establecer el plan de mantenimiento sustentando que se ha basado en lo mencionado.

Sinergia O&M: la compañía deberá implementar las acciones necesarias que conlleven a involucrar al personal que opera los activos, en actividades de mantenimiento básico tales como lubricación, ajustes de soportes y limpieza. También este personal deberá efectuar mediciones de parámetros tales como temperatura y vibración a fin de verificar el estado de funcionamiento de los componentes. Podrá tomar las muestras de líquidos de los equipos tales como refrigerante y aceite para enviar a analizar, así como efectuar termografías en los equipos. Personal de mantenimiento deberá ser programado para llevar a cabo rondas de inspección en los equipos, verificando para ello los reportes de los datos recolectados por el personal de operaciones.

Etapa IV, saltos cuánticos: (Cambell, Jardine, & McGlynn, 2011). Es posible alcanzar el nivel de saltos cuánticos para la organización a través del trabajo hecho en los niveles inferiores. Se debe demostrar que a través de la implementación de mejoras o metodologías se está logrando superar los resultados que se han tenido, es muy importante tener en cuenta que el costo de la gestión de mantenimiento debe estar en un valor que aporte a la competitividad del negocio. Una opción es

rediseñar el proceso de mantenimiento para hacerlo más efectivo, se debe tener en cuenta que esto no siempre implica automatización, tal como lo plantea (Cambell & Reyes Picknell, 2006) se debe ser más revolucionario que evolucionario. El enfoque adecuado para rediseñar mantenimiento es abordarlo como un proceso y no una función, esto para definir su interrelación con las otras áreas de la compañía a nivel sistemático.

Este nivel es donde la invención a partir de la experiencia y conocimientos adquiridos, debe primar para lograr los “saltos cuánticos”.

6.3 ELABORAR LA MATRIZ PARA EVALUAR EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA COMPAÑÍA EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS

El cuestionario del apéndice 22 de (Cambell, Jardine, & McGlynn, 2011) es apropiado para evaluar los procesos de mantenimiento, este establece diez áreas a revisar, cada una se compone de asuntos “relevantes” a los cuales se les asigna una calificación de 1 a 4 de acuerdo a la conformidad del enunciado con el proceso que se está evaluando. Estas áreas son las mismas que propone evaluar (Campell & Reyes Picknell, 2006). A continuación, se muestra al frente de cada área las personas que la representan en la evaluación de Exterran sucursal Colombiana:

Tabla N° 13. Áreas que evalúa el cuestionario

| ÁREA | PERSONA A EVALUAR |
|-----------------------------------|---|
| 1. ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |
| 2. ORGANIZACIÓN/ RECURSOS HUMANOS | SUPERVISOR-GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |
| 3. EMPODERAMIENTO DE EMPLEADOS | SUPERVISOR -GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |
| 4. TACTICAS DE MANTENIMIENTO | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |

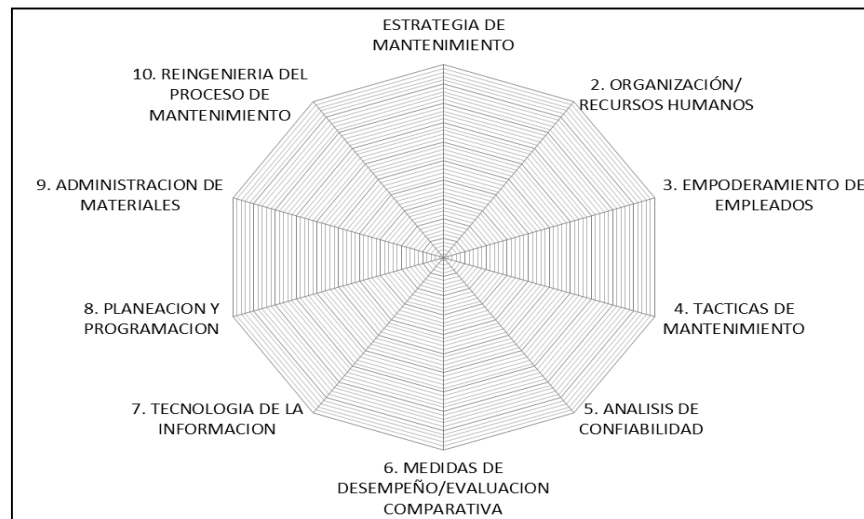
| ÁREA | PERSONA A EVALUAR |
|--|--|
| 5. ANALISIS DE CONFIABILIDAD | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |
| 6. MEDIDAS DE DESEMPEÑO/EVALUACION COMPARATIVA | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |
| 7. TECNOLOGIA DE LA INFORMACION | GERENTE DE OPERACIÓN-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO-SUPERVISOR |
| 8. PLANEACION Y PROGRAMACION | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO |
| 9. ADMINISTRACION DE MATERIALES | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PROFESIONAL SCM |
| 10. REINGENIERIA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO | GERENTE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO-PLANEADOR DE MANTENIMIENTO-SUPERVISOR |

Tabla N° 13. (Continuación)

Fuente: El autor

La siguiente figura muestra el radial que se usa para representar el puntaje de cada área.

Figura N° 5. Gráfico del resultado de la evaluación



Fuente: El autor

Fuente: El autor

Los puntajes de acuerdo al cuestionario propuesto van de 1 a 4 para cada asunto que se evalúa (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011). Para efectos del desarrollo del trabajo de grado, se promedia la suma de los resultados de los asuntos que pertenecen a una misma área y se pasa a escala de 1 a 10, y esa será la calificación por área. El cuestionario que se ha mencionado se traducirá al español y se pasará a una hoja de cálculo del programa Microsoft Excel para efectos de cálculos, filtros y gráficos, este quedará con el siguiente aspecto.

Tabla N° 14. Tabla para la hoja de cálculo del cuestionario

| ITEM | (# DEL AREA) AREA A EVALUAR | COMENTARIO | PUNTAJE |
|--------------|-----------------------------|------------|---------|
| | | | |
| | | | |
| TOTAL | | | |

Fuente: El autor

De acuerdo al análisis de la bibliografía referenciada que contiene modelos de gestión de mantenimiento, se encontró que las evaluaciones propuestas por Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011 y Campell & Reyes Picknell, 2006 son apropiadas, ya que identifican áreas claves para medir el desempeño de mantenimiento en una organización, siendo el cuestionario del apéndice 22 de (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011) un buen punto de partida para llevar a cabo la evaluación.

6.4 EVALUAR CUALITATIVAMENTE EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE EXTERRAN SUCURSAL COLOMBIANA.

Con el cuestionario creado se efectuará una evaluación cualitativa al proceso de mantenimiento de la sucursal Colombiana de Exterran; cada una de las diez áreas

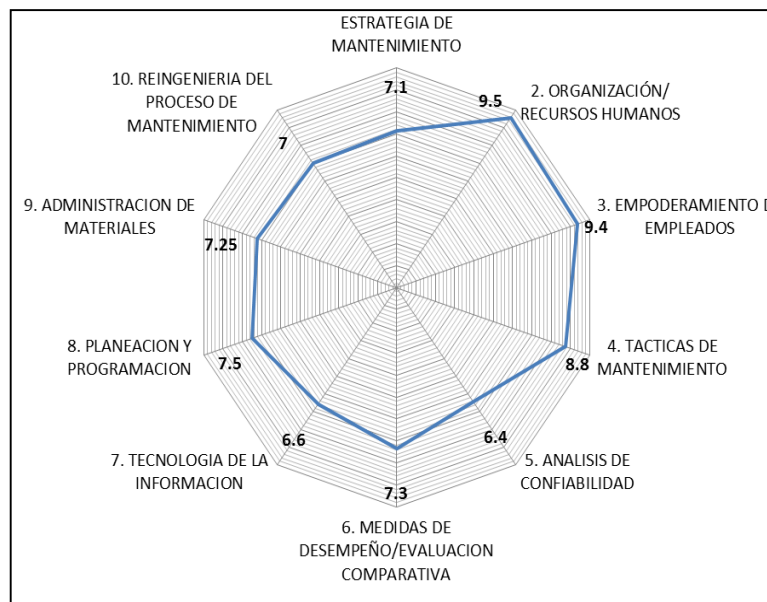
se compone de una cantidad de asuntos. Como se mencionó en el punto anterior, todo se pasará a escala de uno a diez. A continuación, se presenta el resultado por área evaluada y el promedio de todas.

Tabla 15. Resultados de la evaluación del proceso de mantenimiento

| # ÁREA | ÁREA | PUNTAJE |
|----------|---|---------|
| 1 | ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO | 7.1 |
| 2 | ORGANIZACIÓN/RECURSOS HUMANOS | 9.5 |
| 3 | EMPODERAMIENTO DE EMPLEADOS | 9.4 |
| 4 | TACTICAS DE MANTENIMIENTO | 8.8 |
| 5 | ANALISIS DE CONFIABILIDAD | 6.4 |
| 6 | MEDIDAS DE DESEMPEÑO/EVALUACION COMPARATIVA | 7.3 |
| 7 | TECNOLOGIA DE LA INFORMACION | 6.6 |
| 8 | PLANEACION Y PROGRAMACION | 7.5 |
| 9 | ADMINISTRACION DE MATERIALES | 7.25 |
| 10 | REINGENIERIA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO | 7 |
| PROMEDIO | | 7.7 |

Fuente: El autor

Figura 6. Gráfico de resultado de la evaluación de las áreas



Fuente: El autor

El promedio de todas las áreas es un resultado bueno como medida de desempeño; algunas áreas tienen resultados destacados, otros resultados buenos, y dos están por debajo del 70% del puntaje máximo. A continuación se muestran los asuntos que tienen puntaje por debajo de tres.

Tabla N° 16. Asuntos que tienen puntaje por debajo de tres

| ITEM | ASUNTO | COMENTARIO | PUNTAJE | IMPACTO |
|-------------|--|--|----------------|----------------|
| 1.3 | Tenemos un plan a largo plazo o estrategia guía mantenimiento que soporta la mejora y está vinculada a la estrategia global corporativa. | Existen planes de mantenimiento a largo plazo; es oportuno desarrollar una estrategia a largo plazo que soporte la mejora y la optimización del proceso. | 2 | BALANCE |
| 1.4 | Contamos con un conjunto de políticas o directrices para el mantenimiento. Mantenimiento es visto como un proceso, no una función. | En el momento se poseen manuales de mantenimiento para los proyectos donde se cuenta con lineamientos para el proceso de mantenimiento. Es importante definir el conjunto de políticas que enmarcan al proceso de mantenimiento. | 2 | BALANCE |
| 1.5 | Nuestro enfoque al mantenimiento es proactivo. Hacemos nuestro mejor esfuerzo para evitar averías; y cuando algo falla lo solucionamos inmediatamente. | Para esto se mide y se hace seguimiento al indicador de tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparar, igualmente se usan técnicas de diagnóstico de los equipos para efectuar actividades basadas en condición. Es importante definir un lineamiento para analizar fallas de manera estandarizada que genere soluciones sistemáticas. | 2 | COSTO |

| ITEM | ASUNTO | COMENTARIO | PUNTAJE | IMPACTO |
|-------------|---|--|----------------|----------------|
| 3.3 | Los operadores entienden el funcionamiento de los equipos, realizan actividades menores de mantenimiento como limpieza, lubricación, pequeños ajustes, inspecciones y reparaciones menores (que generalmente no requieren el uso de herramientas). | Los operadores efectúan actividades básicas en los equipos, se identifica que algunos requieren formación para desarrollar ciertas habilidades específicas. | 2.5 | DESEMPEÑO |
| 4.2 | Mantenimiento basado en condición es favorecido sobre mantenimiento basado en el ciclo o el tiempo. | Se cuenta con un programa de diagnóstico de los equipos; se trabajará para optimizar el mantenimiento y determinar si hay tareas que en lugar de hacerse cíclicas, se hagan por condición. | 2 | COSTO |
| 5.1 | La historia de los equipos se mantiene para todas las piezas claves, mostrando la causa de falla y reparación concluida. | Se tiene en los registros la causa de falla y la actividad ejecutada, sin embargo se reconoce la importancia de estandarizarlo conforme a la norma ISO 14224. | 2 | DESEMPEÑO |
| 5.2 | Fallos de equipos se analizan para determinar la causa y prescribir las medidas preventivas. | Se analizan las fallas para tomar acciones, se plantea la importancia de estructurar un método de análisis de fallas y gestión de soluciones. | 2 | RIESGO |
| 5.5 | Se han realizado estudios de riesgo para optimizar programas de mantenimiento. | No formalmente para las optimizaciones efectuadas. | 2 | BALANCE |
| 5.6 | Todos los equipos se han clasificado basado en su importancia para la seguridad y las operaciones de la planta. La clasificación se utiliza para ayudar a determinar prioridades de orden de trabajo y dirigir recursos de ingeniería. Trabajamos primero en los problemas de los equipos más críticos. | Se tiene una clasificación de equipos que puede ser mejorada a través de un método estandarizado. | 2 | RIESGO |
| 5.8 | Mantenimiento centrado en confiabilidad u otros análisis formales se utilizan para determinar las rutinas de mantenimiento óptimo para llevar a cabo en nuestros equipos. | No se tiene formalizado el método con el que se optimiza el mantenimiento. | 2 | BALANCE |

| ITEM | ASUNTO | COMENTARIO | PUNTAJE | IMPACTO |
|------|--|--|---------|-----------|
| 6.2 | Se mantienen registros de tiempo de inactividad incluyendo causas en sistemas y equipos clave. Estos registros son analizados periódicamente para generar acciones de mejora continua. | Se tiene el registro de tiempos de inactividad, se identifica mejorar éste referenciándolo a la norma ISO 14224. | 2.5 | DESEMPEÑO |
| 7.1 | Existe un sistema de gestión de mantenimiento completamente funcional, que está vinculado a los sistemas de gestión financiera y de materiales de la planta. | Existe un software de gestión de la información de mantenimiento; a través de otro sistema se cargan los costos. | 2.5 | DESEMPEÑO |
| 7.3 | Nuestro sistema de gestión de mantenimiento es fácil de usar. La mayor parte del Departamento de mantenimiento, especialmente supervisores y oficios, ha sido formado en ello, puede utilizarlo y lo utiliza. | El sistema lo maneja hábilmente quien efectúa la programación y planeación de mantenimiento; para el resto de las personas de mantenimiento hace falta socializar su uso y manejo | 2 | DESEMPEÑO |
| 7.4 | Nuestros planificadores/programadores usan el sistema de gestión de mantenimiento para planear el trabajo, y seleccionar y reservar materiales y repuestos. | Se planea el trabajo en el sistema de gestión de mantenimiento; los repuestos no es posible reservarlos desde allí. | 2.5 | DESEMPEÑO |
| 7.6 | La programación de paradas de planta se realiza mediante un sistema de gestión de proyectos que determina rutas críticas y niveles necesarios de recursos. | La gestión de paradas de plantas se planea y se programa, es importante definir un modelo estándar para desempeñar esta labor. | 2.5 | RIESGO |
| 7.7 | Técnicas del mantenimiento basado en condición son apoyadas por programas automatizados para análisis de datos y la predicción. | La técnica de vibraciones se efectúa con un analizador. Programas automatizados no soportan el análisis de los datos y la predicción. | 2.5 | RIESGO |
| 7.8 | Sistemas expertos se utilizan en áreas donde se requieren diagnósticos complejos. | No se utilizan sistemas expertos para efectuar diagnósticos. | 2 | RIESGO |
| 8.3 | Más del 80% de los trabajos de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) son formalmente previstos por un planificador, supervisor u otra persona por lo menos 24 horas o más antes de ser destinados a las disciplinas. | Se efectúa un proceso de planeación y alistamiento previo de la ejecución de las actividades, se identifica como importante generar un diagrama de flujo de los trabajos de mantenimiento. | 2 | DESEMPEÑO |

| ITEM | ASUNTO | COMENTARIO | PUNTAJE | IMPACTO |
|------|---|---|---------|-----------|
| 8.6 | Un sistema de priorización está en uso para todas las solicitudes u ordenes de trabajo. Las prioridades son establecidas con un criterio predefinido, el cual no es abusado para desviarse del sistema. | El tema de la priorización debe ser mejorado para establecer un criterio estándar. | 2 | DESEMPEÑO |
| 8.8 | Todas las paradas están programadas usando ruta crítica u otros métodos gráficos para mostrar trabajos, recursos, plazos y secuencias. | Cuando se efectúan paradas programadas, se generan reportes de avance de trabajos; se mejorará la planeación estableciendo un lineamiento de administración de paradas de planta. | 2 | DESEMPEÑO |
| 9.1 | Niveles de servicio se miden y son generalmente altos. Desabastecimiento representa menos del 3% de los pedidos en el almacén. | El nivel de servicio no se mide, sería buena práctica iniciar a hacerlo, sin embargo comúnmente lo requerido está en el inventario. | 2.5 | DESEMPEÑO |
| 9.4 | Piezas y materiales se reponen automáticamente antes de que el inventario en mano se desabastezca y sin que sea iniciativa de los equipos de mantenimiento. | El inventario no se repone en automático, es una buena práctica implementar algún mecanismo para que esto suceda. El inventario se repone de acuerdo a la revisión de existencias que se efectúa en la bodega por parte de mantenimiento. | 2 | RIESGO |
| 9.9 | Cantidades y puntos de orden se basan en el plazo de obtención, stock de seguridad y cantidades de orden económico. | Este punto debe ser mejorado en el proceso de mantenimiento. | 2 | RIESGO |
| 9.10 | El inventario se controla mediante un sistema computarizado que está totalmente integrado con el sistema de gestión y planificación de mantenimiento. | El inventario es controlado por un software, este no está enlazado al sistema de información de mantenimiento. | 2 | DESEMPEÑO |
| 10.1 | Se han identificado procesos de mantenimiento clave (por ejemplo, mantenimiento correctivo, planificación), y se ha trazado cómo seguirlos. Los mapas son reflejos exactos de los procesos que se siguen realmente. | Los procesos se han identificado pero se requieren los mapas de cómo seguirlos. | 2 | DESEMPEÑO |

| ITEM | ASUNTO | COMENTARIO | PUNTAJE | IMPACTO |
|------|---|--|---------|-----------|
| 10.2 | Procesos de mantenimiento clave son rediseñados para reducir o eliminar actividades sin valor agregado. | Se requiere generar un modelo de optimización de las actividades de mantenimiento para lograr este objetivo. | 2 | DESEMPEÑO |

Tabla N° 16. (Continuación)

Fuente el autor

El primer número de cada ítem corresponde al área a la que pertenece, también se estableció la afectación de cada asunto hacia los factores de la adecuada gestión que propone la Norma Técnica ISO 55000. La tabla anterior revela la oportunidad que se tiene de mejorar estos aspectos para que la gestión de mantenimiento arroje mejores resultados y sea más efectiva

6.5 IDENTIFICAR LINEAMIENTOS QUE SE CREARÁN O QUÉ ACCIONES SE LLEVARÁN A CABO PARA MEJORAR LOS ASUNTOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO QUE TUVIERON UN PUNTAJE INFERIOR A TRES.

Un modelo gestión de mantenimiento fue planteado en el numeral 6.2 usando como referencia la pirámide de excelencia de mantenimiento y el cuestionario de evaluación de procesos de mantenimiento, (Campbell, Jardine, & McGlynn, 2011).

El numeral 6.4 muestra el resultado de la evaluación efectuada, se encontraron ítems o asuntos por mejorar; se tiene como hipótesis para este caso que, creando lineamientos o políticas para manejar sistemáticamente estos asuntos, se asegurarán los resultados pretendidos.

A continuación, se muestran los veintiséis asuntos por mejorar, cada uno tiene al frente la acción que se llevará a cabo o el lineamiento que se creará.

Tabla N° 17. Acciones que se tomarán con cada asunto por mejorar.

| ITEM | ASUNTO | ACCION |
|------|---|---|
| 1.3 | Tenemos un plan a largo plazo o estrategia guía mantenimiento que soporta la mejora y está vinculada a la estrategia global corporativa. | La estrategia guía se propuso en el numeral 6.2. Este será el plan a largo plazo a desarrollar. |
| 1.4 | Contamos con un conjunto de políticas o directrices para el mantenimiento. Mantenimiento es visto como un proceso, no una función. | La estrategia guía se propuso en el numeral 6.2. Este será el plan a largo plazo a desarrollar junto con los lineamientos que contiene. |
| 1.5 | Nuestro enfoque al mantenimiento es proactivo. Hacemos nuestro mejor esfuerzo para evitar averías; y cuando algo falla lo solucionamos inmediatamente. | Creación del lineamiento de análisis de fallas y gestión de soluciones. |
| 3.3 | Los operadores entienden el funcionamiento de los equipos, realizan actividades menores de mantenimiento como limpieza, lubricación, pequeños ajustes, inspecciones y reparaciones menores (que generalmente no requieren el uso de herramientas). | Creación del lineamiento de competencias del personal. |
| 4.2 | Mantenimiento basado en condición es favorecido sobre mantenimiento basado en el ciclo o el tiempo. | Creación del lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad. |
| 5.1 | La historia de los equipos se mantiene para todas las piezas claves, mostrando la causa de falla y reparación concluida. | Creación del lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224. |
| 5.2 | Fallos de equipos se analizan para determinar la causa y prescribir las medidas preventivas. | Creación del lineamiento de análisis de fallas y gestión de soluciones. |
| 5.5 | Se han realizado estudios de riesgo para optimizar programas de mantenimiento. | Creación del lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad. |
| 5.6 | Todos los equipos se han clasificado basado en su importancia para la seguridad y las operaciones de la planta. La clasificación se utiliza para ayudar a determinar prioridades de orden de trabajo y dirigir recursos de ingeniería. Trabajamos primero en los problemas de los equipos más críticos. | Creación del lineamiento de criticidad de equipos. |
| 5.8 | Mantenimiento centrado en confiabilidad u otros análisis formales se utilizan para determinar las rutinas de mantenimiento óptimo para llevar a cabo en nuestros equipos. | Creación del lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad. |

| ITEM | ASUNTO | ACCION |
|------|--|--|
| 6.2 | Se mantienen registros de tiempo de inactividad incluyendo causas en sistemas y equipos clave. Estos registros son analizados periódicamente para generar acciones de mejora continua. | Creación del lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224. |
| 7.1 | Existe un sistema de gestión de mantenimiento completamente funcional, que está vinculado a los sistemas de gestión financiera y de materiales de la planta. | Creación del lineamiento del manejo del software mantenimiento. |
| 7.3 | Nuestro sistema de gestión de mantenimiento es fácil de usar. La mayor parte del Departamento de mantenimiento, especialmente supervisores y oficios, ha sido formado en ello, puede utilizarlo y lo utiliza. | Creación del lineamiento del manejo del software mantenimiento. |
| 7.4 | Nuestros planificadores/programadores usan el sistema de gestión de mantenimiento para planear el trabajo, y seleccionar y reservar materiales y repuestos. | Creación del lineamiento de administración de órdenes de trabajo |
| 7.6 | La programación de paradas de planta se realiza mediante un sistema de gestión de proyectos que determina rutas críticas y niveles necesarios de recursos. | Creación del lineamiento de administración de paradas de planta |
| 7.7 | Técnicas del mantenimiento basado en condición son apoyadas por programas automatizados para análisis de datos y la predicción. | Creación del lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento |
| 7.8 | Sistemas expertos se utilizan en áreas donde se requieren diagnósticos complejos. | Creación del lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento |
| 8.3 | Más del 80% de los trabajos de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) son formalmente previstos por un planificador, supervisor u otra persona por lo menos 24 horas o más antes de ser destinados a las disciplinas. | Creación del lineamiento de administración de órdenes de trabajo |
| 8.6 | Un sistema de priorización está en uso para todas las solicitudes u órdenes de trabajo. Las prioridades son establecidas con un criterio predefinido, el cual no es abusado para desviarse del sistema. | Creación del lineamiento de administración de órdenes de trabajo |
| 8.8 | Todas las paradas están programadas usando ruta crítica u otros métodos gráficos para mostrar trabajos, recursos, plazos y secuencias. | Creación del lineamiento de administración de paradas de planta |
| 9.1 | Niveles de servicio se miden y son generalmente altos. Desabastecimiento representa menos del 3% de los pedidos en el almacén. | Creación del lineamiento de manejo de inventarios |

| ITEM | ASUNTO | ACCION |
|------|---|---|
| 9.4 | Piezas y materiales se reponen automáticamente antes de que el inventario en mano se desabastezca y sin que sea iniciativa de los equipos de mantenimiento. | Creación del lineamiento de manejo de inventarios |
| 9.9 | Cantidades y puntos de orden se basan en el plazo de obtención, stock de seguridad y cantidades de orden económico. | Creación del lineamiento de manejo de inventarios |
| 9.10 | El inventario se controla mediante un sistema computarizado que está totalmente integrado con el sistema de gestión y planificación de mantenimiento. | Creación del lineamiento de manejo de inventarios |
| 10.1 | Se han identificado procesos de mantenimiento clave (por ejemplo, mantenimiento correctivo, planificación), y se ha trazado cómo seguirlos. Los mapas son reflejos exactos de los procesos que se siguen realmente. | Creación del lineamiento de administración de órdenes de trabajo |
| 10.2 | Procesos de mantenimiento clave son rediseñados para reducir o eliminar actividades sin valor agregado. | Creación del lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad |

Tabla N° 17. (Continuación)

Fuente: El autor

6.6 ELABORAR LOS LINEAMIENTOS DEFINIDOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE EXTERRAN SUCURSAL COLOMBIA PARA LA CREACIÓN DE PROCEDIMIENTOS, LINEAMIENTOS O NORMAS.

En la siguiente tabla se muestran los lineamientos identificados para crear.

Tabla N°. 18. Lineamientos a crear

| Número | Lineamiento |
|--------|--|
| 1 | Análisis de fallas y gestión de soluciones |
| 2 | Lineamiento de administración de órdenes de trabajo |
| 3 | Lineamiento de administración de paradas de planta |
| 4 | Lineamiento de criticidad de equipos |
| 5 | Lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224 |

| Número | Lineamiento |
|---------------|--|
| 6 | Lineamiento de manejo de inventarios |
| 7 | Lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad |
| 8 | Lineamiento de competencias del personal |
| 9 | Lineamiento de manejo del software mantenimiento |
| 10 | Lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento |

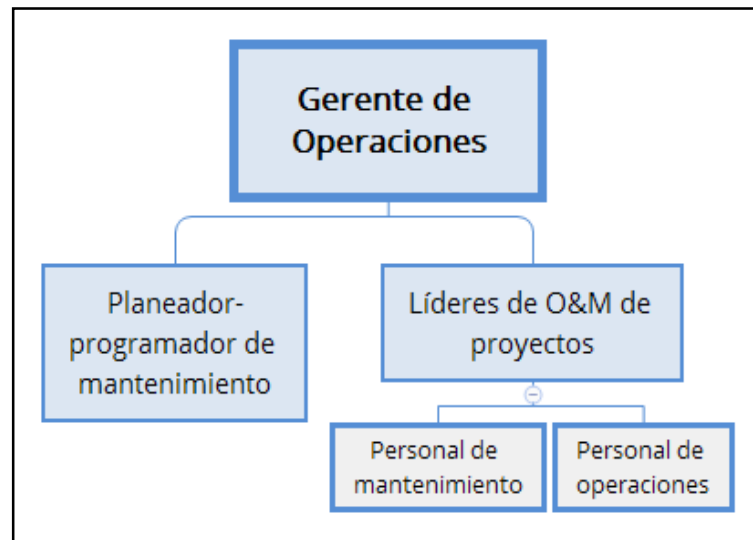
Tabla N°. 18. (Continuación)

Fuente: El autor.

La metodología de Exterran requiere que los lineamientos, políticas o normas tengan el siguiente contenido:

- Objeto
- Alcance
- Declaración de propiedad
- Referencias
- Definiciones
- Responsabilidades
- Acciones y métodos
- Consideraciones HSE
- Resultados
- Documentos aplicables
- Anexos

Figura N° 7. Organigrama general del personal de mantenimiento de Exterran sucursal Colombiana



Fuente: El autor

Para la creación de los lineamientos se tendrá en cuenta como personal para definir responsabilidades, a los que se muestran en la figura 7.

6.6.1 Análisis de fallas y gestión de soluciones

- Objeto: el objeto de este procedimiento es describir el lineamiento para el análisis de fallas que se presenten en equipos pertenecientes a unidades de negocio de la compañía o de clientes externos, así como también mostrar cómo se procederá para el planteamiento de las soluciones de los problemas que se aborden.

- Alcance: este procedimiento será usado para definir el tipo de análisis y el planteamiento de soluciones para las fallas relacionadas con la operación y mantenimiento de los equipos que pertenezcan a unidades de negocios de la compañía o de clientes externos. En el caso de clientes externos se debe determinar si es aceptado usar el presente lineamiento.
- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.
- Referencias

Norma ISO 9001:2008, Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos.

LATINO, Robert J., LATINO, Kenneth C.; "Root Cause Analysis", ISBN 0-8493-1318-X, United State of America, 2002

- Definiciones

Análisis Causa Raíz: método estructurado para encontrar las causas y plantear soluciones a un problema determinado que se considera como de mediano o alto impacto.

Mal actor: se denomina mal actor a los equipos críticos que requieran atención de al menos una falla en un trimestre o a los equipos no críticos que presenten tres o más fallas en un trimestre.

Equipos críticos: son los equipos que de acuerdo a la evaluación de criticidad efectuada tengan el valor más alto de ésta.

Cinco porqués: técnica utilizada para el análisis de fallas de bajo impacto y el planteamiento de soluciones.

Causa básica: son las causas asociadas a una acción o a un componente que falla.

Causa inmediata: se asocia a una condición que propicia el desencadenamiento de una serie de sucesos que conllevan a una falla.

Causa raíz: para la metodología tratada en este procedimiento, es una falla de control o administrativa.

Falla: pérdida total o parcial de una función.

Evento: sustantivo para denominar las fallas.

- Responsabilidades

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones gestionar los recursos para la mejora continua del proceso de operación y mantenimiento, y para la implementación de acciones que surjan a partir de los análisis de fallas efectuados. También gestionará los recursos externos que se identifiquen con el fin de llevar a cabo análisis de fallas. Realizará seguimiento a los indicadores de desempeño del proceso de análisis causa raíz y los avalará de acuerdo a la frecuencia establecida.

Planeador-programador de mantenimiento: trimestralmente generará un reporte de las fallas del periodo identificando los malos actores y las acciones que se tomaron, donde se muestre si existen situaciones en las que se deban generar análisis más

profundos para encontrar soluciones adecuadas. Realizará medición y análisis mensual de los indicadores del proceso de análisis causa raíz

Supervisor y/o líder de proyecto: es responsabilidad del Supervisor y/o líder de proyecto registrar veraz y oportunamente en los formatos o documentos establecidos las fallas que se presenten a fin de que se facilite el tratamiento adecuado de estas. Implementar las acciones que se le asignen dentro de los diferentes análisis de fallas que se adelanten. Documentar y recopilar información que se requiera para adelantar investigaciones y análisis de fallas, así mismo participar en los análisis e investigaciones de los equipos pertenecientes a la unidad de negocio que lidera.

- Acciones y métodos

Registros de las consecuencias de las fallas: todo requerimiento para atender una falla debe ser registrado en el software de mantenimiento en el módulo de Solicitudes de Servicio, Órdenes de Trabajo y Paros y Averías, así mismo se debe registrar el impacto real o potencial de esta para efectos de los análisis a desarrollar, este registro podrá llevarse en un archivo externo.

Tipos de análisis de acuerdo al impacto: como se mencionó, parte de la documentación para el cierre de las órdenes de trabajo de las actividades para atender fallas, incluirá la evaluación del impacto generado o potencial de acuerdo con la matriz de valoración de riesgos vigente, tomando la probabilidad como PROBABLE y se tendrá en cuenta la siguiente tabla para determinar el nivel de análisis que se desarrollará. Los valores fueron tomados de HSE-STD-US-GBL-019 _pag 6_Operational Risk Management Standard_rev2_120911TRAD ESP.

Tabla N° 19. Niveles de análisis

| Calificación | Tipo de análisis |
|---------------------|-------------------------------|
| 15-25 | Análisis causa raíz II |
| 5-12 | Análisis causa raíz I |
| 1-4 | Cinco porqués |

Fuente: El autor.

En caso que la matriz vigente sea diferente a la nombrada, una redefinición de los niveles de análisis debe llevarse a cabo.

- Métodos para analizar las fallas de acuerdo al impacto: se establecen dos métodos para el análisis de las fallas y planteamiento de soluciones; todo el personal de operación y mantenimiento debe ser entrenado en las metodologías de análisis establecidas con el fin de obtener oportunamente los reportes, y que el proceso se dirija efectivamente hacia la reducción de fallas y malos actores.

Metodología de los cinco porqués:

Esta metodología se usa para el análisis de fallas de bajo impacto de acuerdo con la matriz de valoración de riesgos. Los cinco porqués son cinco niveles de detalle que no siempre son obligatorios; cuando no es posible avanzar más, la respuesta más probable ha sido encontrada. En cada nivel de pregunta puede haber varios porqués asociados. Este formato debe ser diligenciado como máximo en los tres días siguientes a la detección del evento dejando claro qué posibles causas quedan pendientes por corroborar y qué se requiere para ello. Existe un formato establecido para el registro de este análisis que puede ser diligenciado de manera individual o en un grupo de no más de cinco personas. Las acciones emitidas a partir del análisis

efectuado deben ser gestionadas para la debida aprobación, y de ser aceptadas hay que llevarlas a cabo oportunamente en las fechas que se establezcan.

Metodología de análisis causa raíz:

Esta metodología será usada para las fallas de mediano y alto impacto, se distingue el nivel I y el nivel II que es una indicación que dicta que los análisis de las fallas de nivel II deben ser divulgados dentro de la operación de Colombia y fuera de ella hasta la instancia que se considere pertinente, también se considera que los análisis de falla de nivel I no requieren ser divulgados fuera de la operación de Colombia, lo enunciado no es una condición constante. El informe del análisis causa raíz debe ser enviado a la gerencia de operaciones en un plazo no superior a quince días después de la ocurrencia del evento.

A continuación, se describe la metodología de análisis causa raíz que podrá ser empleada en la compañía:

La siguiente imagen muestra los pasos generales a seguir en el análisis causa raíz; posterior a responder al incidente y habiendo conservado las evidencias, se requiere registrar la falla en el formato establecido para ello y previo a la reunión con el grupo del RCA, el técnico y el líder de la unidad negocio donde se presentó la falla, deben definir el árbol lógico hasta donde las evidencias con que se cuenten lo permitan.

Figura N° 8. Pasos para el análisis causa raíz

Cinco pasos del análisis de causa raíz de las fallas (RCFA)



Fuente: SILVA, Pedro E. en Presentación de análisis causa raíz, ACIEM 2015

La siguiente imagen muestra la conformación básica de un grupo de análisis de causa raíz, el facilitador será la persona encargada de dirigir al grupo en la investigación y el planteamiento de las soluciones, ésta persona deberá estar entrenada en la metodología y tener experiencia en este tipo de investigaciones. Adicional es preferible que el grupo de trabajo haya sido capacitado en el método de análisis. De acuerdo a las consideraciones del líder de la locación donde ocurrió la falla y posterior a la elaboración del árbol preliminar, el facilitador pondrá a consideración del Gerente de Operaciones un grupo de trabajo para desarrollar el análisis.

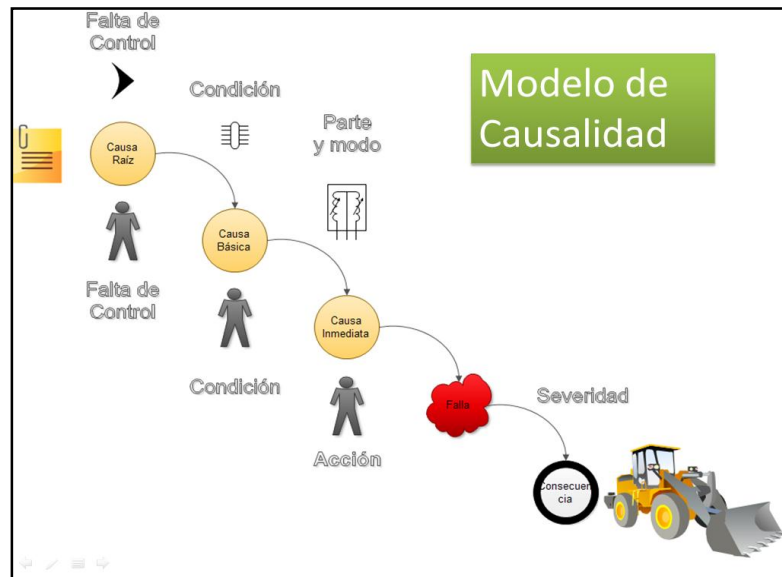
Figura N° 9. Conformación básica del grupo



Fuente: Presentación de técnicas de análisis causa raíz, Ingeman 2013

La figura 10 muestra el modelo de causalidad usado para esta metodología de análisis causa raíz, y corresponde a que todo evento ocurre por una causa inmediata que generalmente es una acción o elemento que falla, causado por una causa básica que es una condición lo cual a su vez es causado por una falta de control, que es la causa raíz.

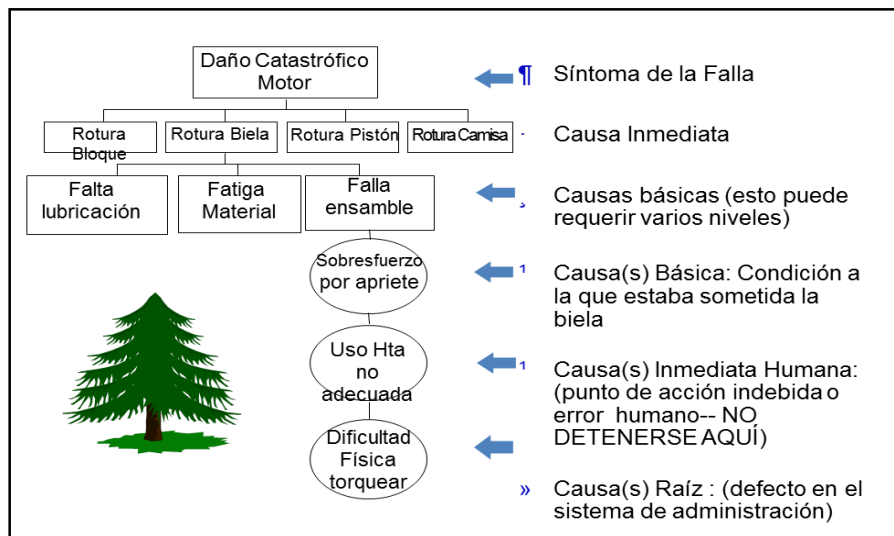
Figura N° 10. Modelo de causalidad



Fuente: SILVA, Pedro E. en Presentación de análisis causa raíz, ACIEM

A continuación, se presenta un ejemplo de un árbol de falla, donde se muestra que todas las causas pueden tener varios niveles.

Figura N° 11. Ejemplo de árbol de fallas



Fuente: SILVA, Pedro E. en Presentación de análisis causa raíz, ACIEM

- Determinación de las soluciones:

Posterior a la determinación de la posible causa o causas raíces, es procedente plantear y determinar las soluciones que se implementarán, así mismo monitorear la efectividad de las que se llevan a cabo y el cumplimiento de las acciones acordadas.

La siguiente tabla es una guía de los datos a ser registrados para la evaluación de las soluciones planteadas.

Tabla N° 20. Análisis de costo beneficio

| ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PROYECTO: | | | | |
|---|------------|---------------------|------------|--------------------|
| <u>I. Situación Actual</u> | Min | Más Probable | Max | Comentarios |
| Impacto Total Situacion Sin el Cambio | | | | USD/AÑO |
| Riesgo | | | | |
| <u>II. Situación Futura (luego del Cambio)</u> | Min | | Max | Comentarios |
| Impacto Total Situacion Con el Cambio | 0 | | | USD/AÑO |
| Riesgo | | | | |
| <u>III. Beneficio y Costo del Cambio</u> | | | | |
| | Min | | Max | |
| Costo del Cambio | | | | USD |
| Beneficios del Cambio | | | | |
| | Min | | Max | |
| Total S. Sin Cambio | 0 | 0 | 0 | USD/AÑO |
| Total S. Con Cambio | 0 | 0 | 0 | USD/AÑO |
| Beneficio | 0 | 0 | 0 | USD/AÑO |

Fuente: Tabla de Excel Análisis causa raíz V1.2.2 R2M

- Indicadores de gestión:

Para el monitoreo y mejora del proceso de análisis causa raíz, es requerido realizar medición de indicadores. La divulgación se hará en los informes de resultados, así como las acciones que se identifique que apliquen. A continuación, los indicadores que se calcularán:

- % Ejecución ACR = $\% \frac{AVANCE\ ACR\ GENERADOS}{No\ ACR\ GENERADOS}$

Meta = 80%

Frecuencia de medición = Mensual

- % Cumplimiento de acciones = $\% \frac{ACCIONES\ EJECUTADAS}{ACCIONES\ VENCIDAS}$

Meta = 90%

Frecuencia de medición = Mensual

- Ahorro acciones implementadas =

$$\% \left[1 - \frac{IMPACTO\ ACTUAL}{IMPACTO\ ANTERIOR} \right]$$

Impacto actual = Valor económico del impacto después que las acciones de la investigación se consideran implementadas

Impacto anterior= Valor económico del impacto de la falla antes de la ejecución de las acciones de la investigación

Meta = 80%

Frecuencia = Se determinará en la investigación de acuerdo con la frecuencia de la falla

- Divulgación de resultados:

Una vez concluida la investigación e implementadas las acciones, la efectividad de estas debe ser monitoreada con el indicador establecido para medir el ahorro; de obtenerse resultados satisfactorios, se debe proceder a divulgar la investigación hasta la instancia que se determine adecuada y con un contenido breve y específico que permita el rápido y fácil entendimiento. Así mismo es válido divulgar la investigación sin que se hayan efectuado las acciones identificadas para solucionar la causa raíz.

- Identificación de malos actores:

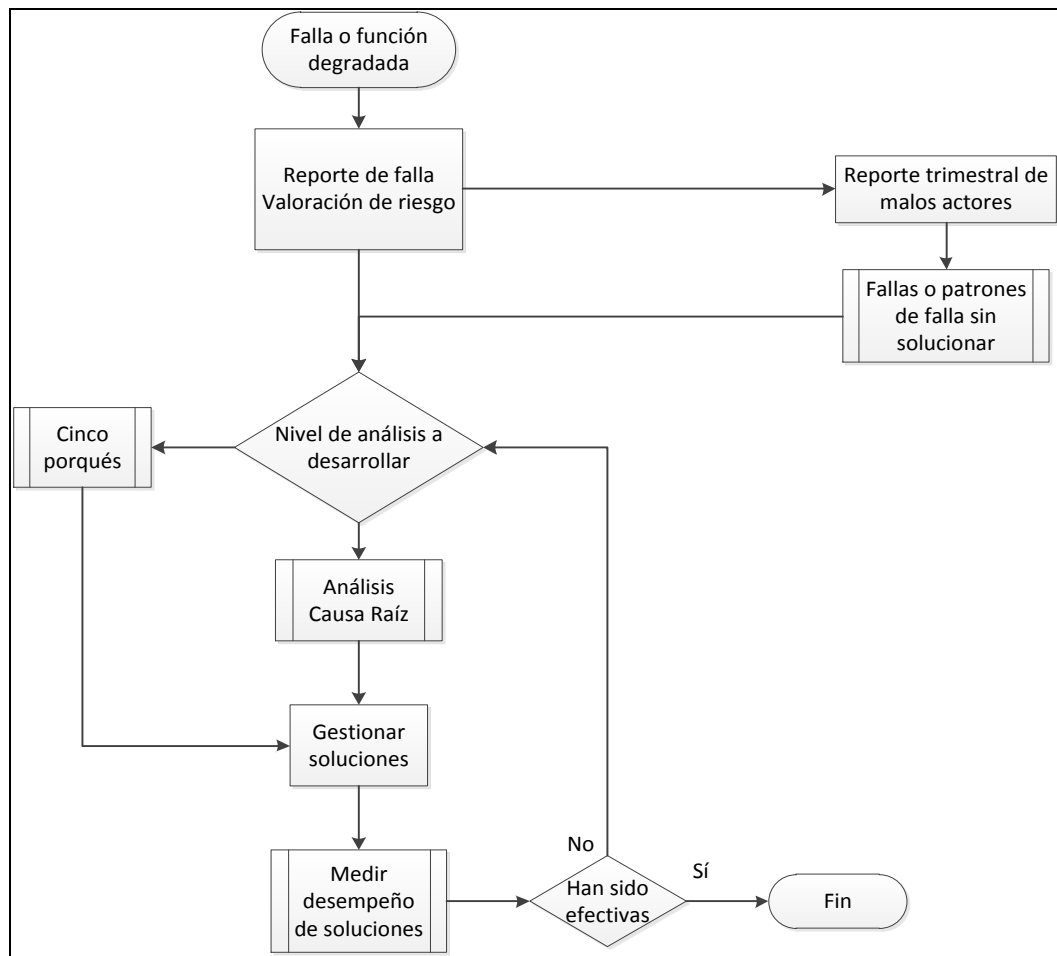
Trimestralmente el Planeador – Programador de mantenimiento, o de contar con un ingeniero de confiabilidad, generará un reporte donde identifique los malos actores de acuerdo con los siguientes criterios:

- Equipos en los que ocurran tres o más fallas.
- Equipos críticos a los que se les haya tenido que atender al menos una falla.

En este reporte se debe mostrar si las acciones tomadas a partir de los análisis llevados a cabo para cada caso han sido efectivas, de lo contrario se deberá replantear el análisis efectuado, considerando que, si existen patrones de fallas comunes en equipos de la misma clase, estos deben ser asociados y el tipo de análisis puede diferir al que se desarrolló inicialmente.

- Flujo para el tratamiento de fallas y gestión de soluciones:

Figura N° 12. Flujo para el tratamiento de fallas y gestión de soluciones



Fuente: El autor

- Requerimientos:

Capacitación a todo el personal de operación y mantenimiento en las técnicas de análisis de fallas y planteamiento de soluciones.

La existencia en la compañía de una persona formada y con el rol de facilitadora de análisis causa raíz.

- Recurso humano:

Gerente de Operaciones

Planeador – Programador de mantenimiento

Facilitador de análisis causa raíz
Personal de operaciones y ejecutante

- Equipo

No aplica

- Consideraciones HSE:

Siempre valore las consecuencias y los riesgos a la salud, a la seguridad y al medio ambiente en los análisis que se desarrollen.

- Resultados esperados:

Se espera con el desarrollo e implementación de este procedimiento se contribuya con el cumplimiento de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio entre fallas, tiempo medio entre reparaciones y disminución del mantenimiento correctivo al valor establecido como tolerable por la compañía.

- Documentos aplicables:

Formato de cinco porqués

Formato de informes

Formato para el reporte de fallas

Formato de orden de trabajo

EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS. (2011). Operational risk management standard. (2). p. 6

- Anexos:

No aplica

6.6.2 Lineamiento de administración de órdenes de trabajo

- Objeto: el objeto de este procedimiento es describir el lineamiento para el flujo de los trabajos que se ejecutan a partir de solicitudes de atención para los equipos y sistemas, así como también para las actividades rutinarias de mantenimiento establecidas.
- Alcance: el flujo de trabajo expuesto en este procedimiento enmarca lo concerniente a las actividades de mantenimiento, de mejora a los equipos y las que apliquen de la operación.
- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.
- Referencias:

AMENDOLA, Luis, en Organización y Gestión del Mantenimiento: Mantenimiento como negocio "Balance Scorecard", Valencia, España: Ediciones y marketing, S.L., 2007.

Norma ISO 9001:2008, Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos

- Definiciones:

Solicitud de servicio: son los requerimientos que se detectan en un equipo y que se estima requieren atención con alguna prioridad, estos se registran en el software de mantenimiento y el módulo tiene este nombre en el software AM.

Prioridad: es un número que indica la importancia para la atención de un evento.

Orden de trabajo: es la identificación conceptual y numérica que se le da a una actividad que se ejecuta con recursos de la operación o del mantenimiento y que tiene como fin corregir, mejorar, prevenir, medir o diagnosticar una necesidad detectada en los equipos o sistemas. Estas se registran en el sistema de administración de mantenimiento.

Unidad de negocio: es una locación o conjunto de locaciones donde la compañía desarrolla operación y/o mantenimiento de sistemas o equipos.

Equipos críticos: son los equipos de la unidad de negocio que más valor de criticidad tienen de acuerdo a la evaluación efectuada.

Paros / Averías: es el registro simple pero detallado, de los hechos y de las actividades que se ejecutan como consecuencia de un Paro o una Avería en la prestación del servicio de un Equipo. Este módulo tiene este nombre en el software de mantenimiento AM

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: validar y aprobar el programa de mantenimiento mensual y semanal, y aprobar cambios que surjan del proceso de mejora continua a partir de análisis efectuados.

Planeador-programador de mantenimiento: elaborar el programa mensual de mantenimiento y ajustarlo semanalmente. Liderar las reuniones para acordar los

programas de mantenimiento a ejecutar con los líderes y/o supervisores de proyecto, gerente de O&M y el representante/s del cliente cuando aplique. Llevar a cabo la planeación de las actividades con prioridades 3 y 4, así mismo si se requiere para las de prioridad 2.

Cuando en los proyectos no se cuente con las facilidades tecnológicas, creará y cerrará las órdenes de trabajo y solicitudes de servicio en el software de mantenimiento.

Supervisor y/o líder de proyecto: planeación y alistamiento de actividades con prioridad 1 y 2, revisar y validar las solicitudes de servicio o avisos de mantenimiento según aplique; contando con las facilidades tecnológicas creará y cerrará las ordenes de trabajo en el software de mantenimiento. Revisar la documentación relacionada a la ejecución de las órdenes de trabajo, emitir nuevas solicitudes de servicio e informes técnicos de las fallas si aplican estos casos.

- Acciones y métodos:

Toda actividad de intervención en los equipos debe estar documentada en una orden de trabajo del sistema de administración de la información, esto permite trazabilidad, orden y control de los procesos de mantenimiento. Así mismo se debe diligenciar la solicitud de servicio en el sistema de administración de mantenimiento o en el formato de aviso de mantenimiento de acuerdo a la disponibilidad de los recursos tecnológicos. A continuación, los pasos desde la planeación de solicitudes de servicio hasta el cierre de las mismas:

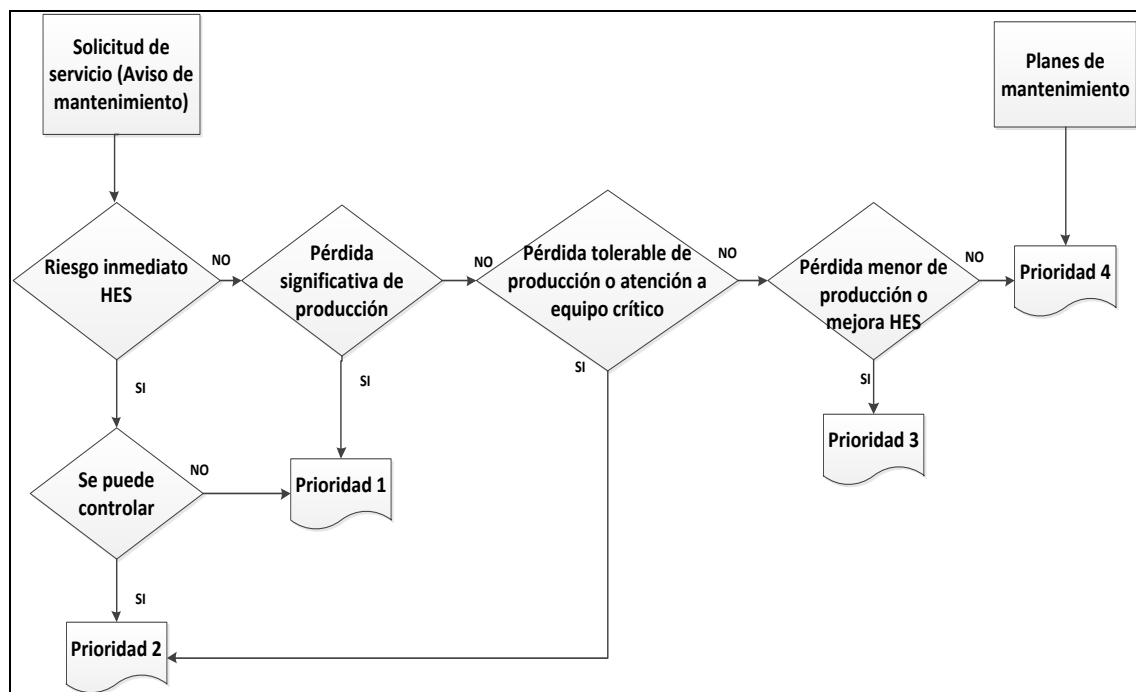
Solicitud de servicio: es necesario que el personal de operación y mantenimiento de una planta, sistema o equipos conozcan el plan rutinario de mantenimiento que se tiene establecido y así mismo el cronograma de intervención previsto, esto para que

se tenga en cuenta como un elemento de juicio a la hora de crear o formalizar una necesidad detectada.

Una vez identificada la necesidad debe elaborarse una solicitud de servicio o un aviso de mantenimiento en el formato establecido para ello. Esto de acuerdo a la disponibilidad del software AM en las unidades de negocio.

Definición de la prioridad de las solicitudes de servicio: en este punto se revisará el adecuado diligenciamiento de la solicitud elaborada, y se definirá la prioridad de la ejecución de la actividad por parte del supervisor del área. La figura 13 muestra los criterios establecidos.

Figura N° 13. Definición de prioridades



Fuente: el autor

Prioridad 1: eventos considerados como emergencias que representan riesgos inmediatos, no controlables y no tolerables para la salud, medio ambiente y

seguridad; incluye situaciones que acarrearán pérdidas de producción significativas o pérdida de la capacidad total de operación, o que puedan generar penalizaciones de alto impacto para la compañía. Las situaciones mencionadas requieren atención inmediata, se podrá realizar el trabajo sin antes tramitar la requisición en el sistema. Ésta prioridad precede e interrumpe todas las demás prioridades de órdenes de trabajo, si es requerido se generará llamado al personal requerido para atender la novedad.

Prioridad 2: eventos considerados como urgencias que tienen un riesgo controlable y tolerable para la salud, medio ambiente y seguridad, una pérdida de producción y potencial de penalización moderado y aceptado; también es la prioridad con que se atienden los equipos de mayor criticidad si el impacto se ubica en este nivel. Requieren una atención como máximo en un plazo de dos (2) días. Será ejecutada normalmente rompiendo la programación de trabajos.

Prioridad 3: eventos considerados con prioridad normal, que no representan riesgos inmediatos para la salud, medio ambiente y seguridad, con pérdidas de producción o potencial de penalidades inferiores a los considerados como moderados. Se puede considerar su ejecución en un rango de una a tres semanas, teniendo en cuenta que el impacto estimado en el lapso determinado para ejecución, no debe superar el valor estipulado para pérdidas aceptables.

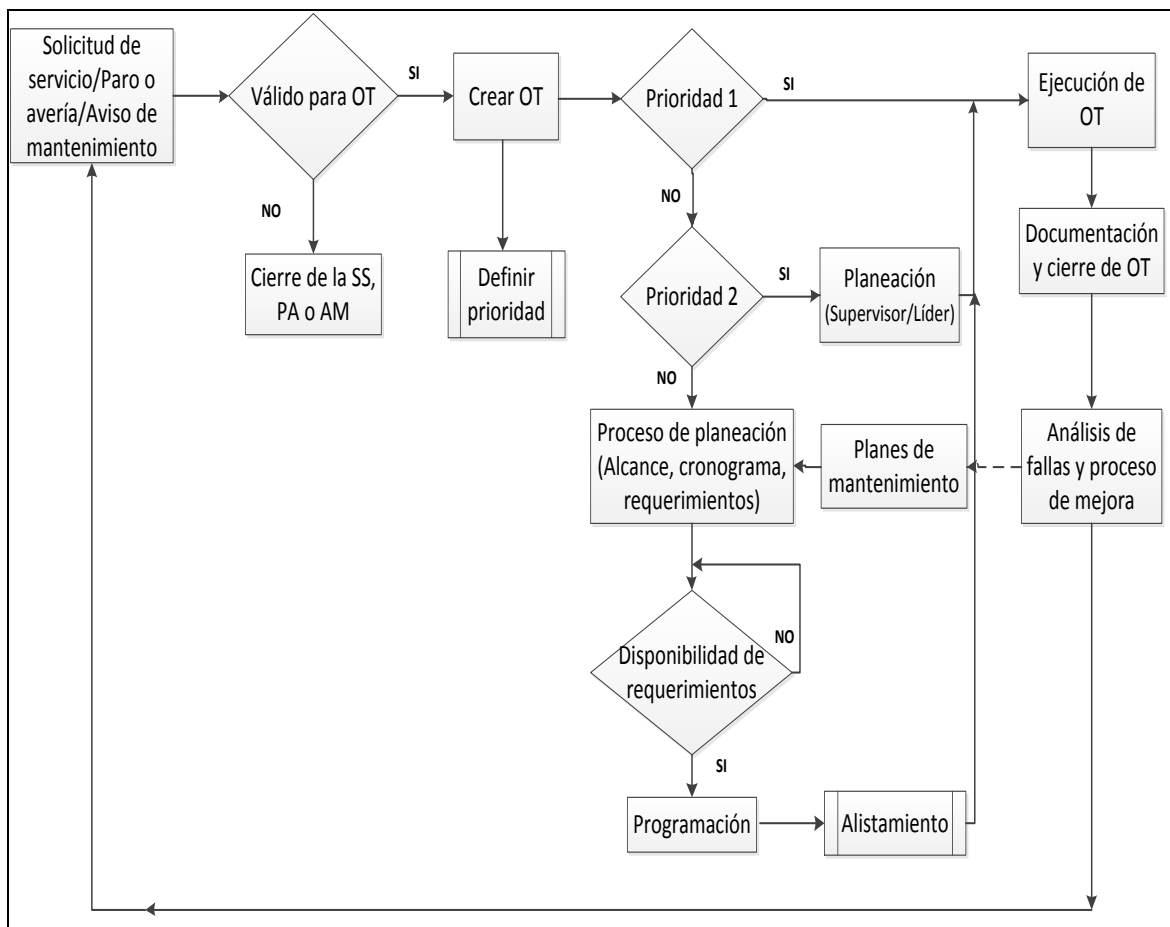
Prioridad 4: en estos se incluyen los mantenimientos rutinarios y actividades que pueden programarse hasta la siguiente intervención de mantenimiento programado debido a su bajo impacto.

Las actividades que corresponden a planes rutinarios deben estar estructuradas en el sistema de gestión de mantenimiento de manera tal que los requerimientos estén gestionados con la debida anticipación. Es necesario que para cada unidad de

negocio se definan los valores de pérdida de producción o penalización mayor, moderada y aceptada o menor.

El siguiente diagrama muestra el flujo de la orden de trabajo que se sigue a partir de las solicitudes de servicio, aviso de mantenimiento o registro de paro o avería.

Figura N° 14. Flujo de la orden de trabajo



Fuente: El autor.

Los procesos de planeación y programación mostrados en el diagrama estarán a cargo de quien desempeñe las funciones de planeador-programador de mantenimiento, quien se encargará de gestionar lo requerido para la ejecución de

las actividades que planee. Si al cierre de la orden de trabajo se establece que es requerida la modificación de algún plan de mantenimiento o procedimiento, este cambio debe ser aprobado por el Gerente de Operaciones. En el proceso se incluye la etapa de alistamiento requerido para llevar a cabo las actividades.

- Proceso programación:

El planeador-programador de mantenimiento o quien efectúe estas funciones, estará encargado de elaborar un programa mensual que incluya los diferentes trabajos de mantenimiento a ser realizados, así mismo este programa se ajustará semana a semana de acuerdo a las necesidades que surjan. Para la programación de una actividad se debe tener en cuenta que lo requerido esté asegurado para cuando se tenga prevista la ejecución y así mismo que la intervención haya sido aceptada por las partes involucradas, que incluyen a la gerencia de operaciones, líder y/o supervisor del proyecto e incluso si aplica al representante/s del cliente. Los programas se emitirán teniendo en cuenta el balance de recurso, disponibilidad de los mismos y la prioridad de los trabajos.

- Ejecución del trabajo:

Para la ejecución de las actividades, los anteriores procesos deberán haberse completado, los responsables de la ejecución deben conocer oportunamente los programas de mantenimiento con el fin de llevar a cabo el debido alistamiento y garantizar el inicio, desarrollo y fin oportuno de la actividad.

- Documentación del trabajo:

Todo trabajo efectuado debe documentarse en el formato de orden de trabajo establecido y en los demás formatos que apliquen para el registro de la información

de la actividad, es importante llevar a cabo la documentación en la siguiente jornada una vez finalice la actividad que se esté ejecutando.

- Cierre de la Orden de trabajo y retroalimentación de los trabajos efectuados:

El supervisor de mantenimiento del área debe revisar la información documentada, así mismo generará nuevas solicitudes de servicio si es el caso, enviará la información pertinente para que se desarrollen análisis de fallas e investigaciones que pudieran aplicar, así mismo revisará los análisis de falla de las actividades correctivas. El proceso del cierre en el software lo hará el supervisor pero de no contarse con las herramientas tecnológicas disponibles será llevado a cabo por quien haga las funciones de planeador-programador de mantenimiento, previo al envío de la documentación pertinente como lo es el formato de la orden de trabajo diligenciado y demás documentos aplicables.

- Tipos de mantenimiento:

Preventivo: son las intervenciones efectuadas con una periodicidad determinada, también se incluyen las actividades efectuadas producto de un diagnóstico y que se ejecutan considerando que no son fallas o defectos prematuros.

Correctivo: son las actividades llevadas a cabo para restaurar la función que se ha perdido o degradado de un componente, incluye los reemplazos de componente cuando es en un momento de la vida útil donde debería haber continuado funcionando.

Predictivo: son todas aquellas actividades concernientes al monitoreo de variables en los equipos, seguimiento, trazabilidad y análisis de estas que permiten conocer el estado, diagnóstico y pronóstico de los componentes para la toma de acciones oportunas.

Otros: actividades efectuadas con recursos de la operación y mantenimiento, que, aunque se relacionen con los equipos no tienen injerencia con su mantenibilidad y operación actual, ejemplo: Acompañamiento a visitas, mediciones ambientales, actividades de mejoras y proyectos.

- Requerimientos

Conexión a internet y equipo de cómputo que permita acceder al software de mantenimiento.

Para cada unidad de negocio se requiere definir los valores de pérdida de producción mayor, moderada y aceptada o menor.

Software de gestión de mantenimiento AM 2.2.23

- Recurso humano

Gerente de operaciones.

Persona encargada de la planeación y programación de mantenimiento.

Supervisor o líder de proyecto.

Personal de operaciones y ejecutante.

- Equipo:

Equipo de cómputo con las capacidades adecuadas para el software de mantenimiento.

- Consideraciones HSE:

No aplican

- Resultados esperados:

Se espera con el desarrollo de este procedimiento asegurar el proceso de planeación y programación a fin de contribuir a los resultados esperados de las diferentes unidades de negocio.

- Documentos aplicables:

Formato de OT y aviso de mantenimiento vigentes.

Formatos de registros de datos para las diferentes actividades que se ejecuten cuando aplique.

- Anexos

No aplican.

6.6.3 Lineamiento de administración de paradas de planta

La organización debe definir qué actividades ocasionan cortes de producción con impacto considerable, para estas se debe desarrollar una metodología de planeación, programación, alistamiento, ejecución, documentación y revisión de tal manera que los tiempos de parada sean los mejores posibles, así como para que el uso de los recursos sea altamente efectivo. Esto se puede apoyar en herramientas de administración de proyectos conocidas como diagramas de gantt, curvas de seguimiento de planes de trabajo, identificación de rutas críticas, etc.

- Objeto: describir una metodología para gestionar las actividades de mantenimiento que comprometan por un lapso considerado importante la disponibilidad de:

Algún equipo que su índice de criticidad sea el del nivel más alto o el del nivel inmediatamente anterior al más alto de los hallados para la unidad productiva a la que pertenezca.

Equipos que afecten la capacidad de producción y de los que sean respaldo de estos.

- Alcance: aplica para todas las actividades de mantenimiento que cumplan con la condición escrita en el objeto del presente lineamiento.

- Declaración de propiedad: el Gerente de Operación y Mantenimiento mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

KISTER, T. C., & HAWKINS, B. , en Maintenance planning and scheduling handbook. Massachusetts: Elsevier. 2006.

RAMESH, G. , en Maintenance and reliability best practices. New York: Industrial Press Inc. 2009.

- Definiciones:

Criticidad: corresponde a un valor asignado a un equipo que está asociado a la importancia relativa de este para el cumplimiento de las metas y regulaciones vigentes de la compañía.

Disponibilidad: es el tiempo calendario en el que un equipo se encuentra en condiciones para desempeñar la función que se le demanda.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones asegurar que de manera sistemática se implemente este lineamiento a fin de controlar todos los aspectos concernientes a las intervenciones de mantenimiento tengan la implicación descrita en el objeto.

Planeador-programador de mantenimiento: es su responsabilidad cumplir con todo lo requerido y acá estipulado a fin de efectuar intervenciones exitosas en los mejores tiempos posibles.

Supervisor y/o líder de proyecto: participar activamente en el alistamiento de las actividades a ejecutar a fin de asegurar los requerimientos, conocer y enterarse de los planes de trabajo con la debida anticipación para realizar los aportes que identifique. Supervisar efectivamente los trabajos que le sean asignados y promover el reporte de lecciones aprendidas.

Personal de operación y mantenimiento: participar de las actividades alistamiento; aportar los planteamientos que consideren relevantes para la adecuada planeación y ejecución de las actividades, conocer y enterarse de los planes de trabajo con la debida anticipación para realizar los aportes que identifique.

- Acciones y métodos:

Cronogramas de intervenciones de mantenimiento: es necesario tener un cronograma de intervenciones de mantenimiento anual para todas las unidades productivas, así como otros dos cronogramas de las actividades que se enmarquen en los dos enunciados del objeto de este lineamiento.

Planeación, programación, alistamiento y ejecución de las actividades de mantenimiento de impacto considerable que debe asegurar:

- Todos los repuestos deben estar en bodega con una anticipación de al menos tres semanas separados para la actividad que se va a ejecutar.
- Los consumibles requeridos deben estar una semana antes disponibles.
- Los planes de trabajo deben estar por lo menos tres semanas antes definidos.
- Se debe asegurar que los procedimientos y requerimientos para efectuar el aislamiento y bloqueo de energías deben estar previstos y disponibles para efectuar la actividad.
- La herramienta y equipo requerido debe estar asegurado con una semana de anticipación, en el caso que algo se alquile se debe asegurar que estará en sitio para poder efectuar las actividades a tiempo.
- A la duración estimada se le debe agregar un 10% para alguna contingencia que se pueda presentar.
- Se debe efectuar un diagrama de actividades identificando la ruta crítica.
- La documentación estándar de seguridad debe estar completa una semana antes de desarrollar la actividad.
- Todos los requerimientos del proceso de seguridad, salud, calidad y medio ambiente deben estar asegurados con la apropiada anticipación al inicio de actividades.

- Dos semanas antes el plan debe estar programado con los recursos adecuados para que este sea un trabajo efectivo en el área técnica y financiera. Esta anticipación es la apropiada para compartirle el plan a los líderes de la ejecución.
- Una semana antes el programa debe ser divulgado al área de operaciones o al cliente para verificarlo y ajustarlo en caso requerido.

Ejecución de actividades de mantenimiento de impacto considerable:

- Se debe realizar una adecuada distribución de los supervisores a fin de que estos puedan brindar el adecuado soporte a sus grupos de trabajo.
- Se debe fomentar un sistema de lecciones aprendidas para aquellos hechos que resultaron no previstos y con impacto considerable en el desarrollo de las actividades.
- Siempre se debe conocer con detalle el plan de trabajo y asegurar el alistamiento de todos los requerimientos estipulados y los demás que se identifiquen.

- Requerimientos:

Lineamiento de administración de órdenes de trabajo implementado.

Lineamiento de criticidad de equipos implementado.

Recurso humano para el área de planeación

- Consideraciones HSE:

Cumplir con todo el proceso de administración segura de trabajos vigente.

Cumplir con la normativa y regulación medioambiental aplicable.

- Resultados:

Planes de trabajo efectivos para realizar intervenciones de mantenimiento de impacto considerable.

Ejecución de actividades de impacto considerable basadas en una política de organización efectiva.

Aporte al cumplimiento de las metas del negocio.

- Documentos aplicables:

Formato de OT y aviso de mantenimiento vigentes.

Formatos de registros de datos para las diferentes actividades que se ejecuten cuando aplique.

- Anexos

No aplican.

6.6.4 Lineamiento de criticidad de equipos

- Objeto: el objeto de este procedimiento es describir el lineamiento para el análisis de criticidad y jerarquización de activos que hagan parte de los sistemas de las líneas de operación y mantenimiento de la compañía.

La criticidad de un equipo de acuerdo a este método es el riesgo que este tiene para afectar la confiabilidad de los sistemas productivos y para generar efectos adversos en los mismos. El valor de criticidad de los equipos es clave para priorizar la

administración de los recursos del mantenimiento, así como para establecer los niveles óptimos de inventarios.

- Alcance: este procedimiento será usado para definir la criticidad y jerarquía de los activos de las diferentes unidades de negocio de la compañía que pertenezcan a los procesos de operación. Los valores de criticidad estipulados en las matrices de este documento corresponden a los del software AM versión 2.2.23
- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.
- Referencias:

Norma ISO 9001:2008, Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos.

PARRA M, Carlos & CRESPO M, Adolfo, en “Técnicas de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicadas al proceso de gestión de activos, Nota técnica cinco: Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos”, Ingeman. Septiembre de 2012.

EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS. (2011). Operational risk management standard. (2).

Instructivo de software de mantenimiento AM 2.2.23: CAPITULO 03. Equipos.

Norma: Norsok Z-008, Risk based maintenance and consequence classification, Edition 3, June 2011.

- Definiciones:

Activo: es un bien de la organización que contribuye con el objetivo de la obtención de los resultados estipulados por la compañía.

Jerarquía/Criticidad: corresponde a un índice que indica la importancia relativa de un activo para el cumplimiento de las metas y regulaciones vigentes de la compañía.

Función: es la razón por la cual un activo es puesto en servicio, describe el estándar esperado del equipo.

Modo de falla: cualquier evento que causa una falla funcional.

Efecto de falla: describe qué pasa cuando ocurre la falla.

Consecuencia de falla: describe el grado de importancia que tiene para un contexto la ocurrencia de una falla.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones direccionar y garantizar que los activos de las unidades de negocio se jerarquicen y su criticidad sea definida, esto con el fin de dirigir los recursos humanos, tecnológicos y económicos de manera efectiva para lograr las metas propuestas.

Planeador-programador de mantenimiento: es su responsabilidad, una vez se hayan definido las jerarquías y criticidades de los activos, registrar ésta información en el software de mantenimiento.

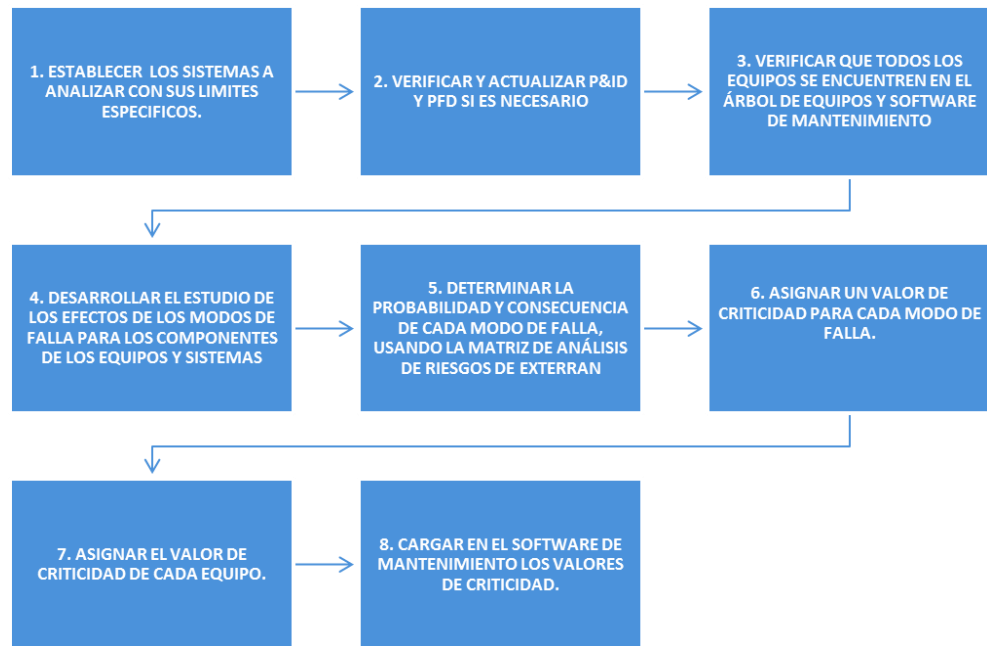
Supervisor y/o líder de proyecto: participar en el establecimiento de las jerarquías y criticidades de los activos de las unidades de negocio que lidera; socializar y propiciar en la práctica el uso de la criticidad de los equipos para priorizar la asignación de recursos y la toma de decisiones.

Personal de operación y mantenimiento: conocer y aplicar en el desarrollo de sus funciones, el concepto de criticidad de equipos, y registrar los valores de criticidad en los formatos que lo requieran.

- Acciones y Métodos:
- La probabilidad de ocurrencia del modo de falla debe ser estimada asumiendo que no se efectúa ninguna actividad de mantenimiento en el contexto operacional que se encuentra el equipo.
- La consecuencia de los modos de falla se estima teniendo en cuenta la capacidad de respaldo con que se cuente.
- Para este método se adaptan los valores arrojados de la matriz HSE-STD-US-GBL-019 _pag 6_Operational Risk Management Standard_rev2_120911TRAD ESP a las clases de equipos del software de mantenimiento AM 2.2.23. Por cada modo de falla deben evaluarse las consecuencias y las probabilidades para calcular el riesgo, el que resulta más alto es el valor final de criticidad para el activo en cuestión.
- Finalmente, estos valores deben ser cargados en el software de mantenimiento.

La siguiente figura muestra en un flujo, los pasos para obtener el índice de criticidad de los activos de las diferentes unidades de negocio.

Figura N° 15. Flujo para el cálculo de criticidad de equipos



Fuente: El autor.

- **Requerimientos:**

Se requiere establecer las fronteras donde comienzan y terminan los sistemas de los equipos que se van a evaluar.

Es requerido que los planos de los sistemas a evaluar se encuentren actualizados.

Inventario de equipos de acuerdo a la norma ISO 14224.

El equipo humano debe contar con una persona experta en la metodología para determinar la criticidad de los equipos, adicional un representante de operaciones, otro de mantenimiento, un especialista en la materia si es requerido y con la persona responsable de la administración del software de mantenimiento para asegurar que los valores de criticidad sean registrados.

A los equipos objeto del estudio se le definirán sus funciones, modos de falla y efectos de falla, también se determinará la probabilidad de ocurrencia de cada modo de falla y la consecuencia de acuerdo a la matriz de riesgos vigente de la compañía.

En este trabajo de grado no es posible publicar la matriz de valoración de riesgos de Exterran ya que hacen parte las herramientas claves para tomar decisiones en la compañía. A continuación, se presenta la relación que se ha establecido entre los valores de criticidad del software de gestión de mantenimiento AM 2.2.23 y los rangos de los valores de riesgos de la matriz de la valoración de riesgos vigente.

Tabla N° 21. Relación de índices de criticidad entre el software AM y la matriz de valoración de riesgos.

| Criticidad software AM 2.2.23 | Valor de riesgo de la matriz vigente. |
|--------------------------------------|--|
| Clase III | 15-25 : Rojo – Intolerable |
| Clase II b | 5-12 : AMARILLO - Indeseable |
| Clase II a | 2-4 : VERDE – Aceptable |
| Clase I | 0-1 : AZUL - Insignificante |

Fuente: el autor

Enseguida, se listan consideraciones adicionales relacionadas al proceso de criticidad de equipos:

- Los activos de mayor criticidad deben recibir la mayor atención posible, en términos de asignación de recursos y presupuesto.

- Los equipos de mayor criticidad tienen la prioridad de atención para los trabajos correctivos.
- Toda vez que algún miembro de la organización lo considere, puede solicitar una reevaluación de la criticidad de un activo y someter este planteamiento a aprobación y consideración de la gerencia de operaciones.
- El estudio de efectos de los modos de fallas es un insumo para elaborar el plan de mantenimiento de los activos de la organización y para evaluar la criticidad de estos.
- La criticidad de los equipos es también uno de los insumos claves para determinar los repuestos críticos, ya que estos deben corresponder a equipos críticos.
- El listado de activos corresponderá al del árbol de equipos creado para cada unidad de negocio y que debe reflejar el inventario real. Previo al inicio de la administración de una unidad de negocio se debe implementar este procedimiento o tan pronto como sea posible, en un plazo no mayor a seis meses.
- Toda evaluación de criticidad de los activos debe ser aprobada por el Gerente de Operación y Mantenimiento de la compañía.
- Cada vez que se cambie la configuración de los sistemas, se debe evaluar y determinar si a los correspondientes activos se les debe aplicar una reevaluación de criticidad.
- Toda vez que se incluya un activo a las líneas operativas de las diferentes unidades de negocio, se le deberá llevar a cabo su evaluación de criticidad.
- Una vez se hayan determinado las criticidades de los activos con este método, cada tres años se debe volver a llevar a cabo la evaluación usando este mismo procedimiento.

- Consideraciones HSE:

Tal como lo describe el proceso, siempre se deben evaluar las posibles consecuencias a la salud, seguridad y medio ambiente que se pueden presentar por pérdidas de funciones de los equipos.

- Resultados:

Se espera que con el desarrollo e implementación de este procedimiento se prioricen las acciones y decisiones del proceso de gestión de activos, teniendo en cuenta la criticidad de los mismos.

Optimización de los recursos destinados para la operación y mantenimiento de los activos.

El cumplimiento de las metas de las diferentes unidades de negocio a través de la toma de decisiones acertadas, teniendo en cuenta que este procedimiento es una herramienta para ello.

- Documentos aplicables:

EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS. (2011). Operational risk management standard. (2).

- Anexos

No aplican.

6.6.5 Lineamiento de estructuración de la información de acuerdo con la norma ISO 14224.

- Objeto: el objeto de este lineamiento es brindar la guía para recolectar la información relativa al mantenimiento a fin de poder obtener indicadores y generar pronósticos.

- Alcance: este lineamiento aplica para todos los equipos que hagan parte de las unidades productivas y que sean objeto de actividades de mantenimiento.
- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

ISO 14224:2016. International Organization for Standardization. Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (ISO 14224:2016). Bruselas, Bélgica. 2016.

- Definiciones:

Causa de falla: conjunto de circunstancias que condujeron a que se presentará una falla.

Falla: pérdida total o parcial de una función.

Modo de falla: es la manera en la cual la falla ocurre.

Impacto de la falla: efecto de una falla en un equipo o al sistema al que pertenece.

Ítem mantenible: es la parte más elemental de un equipo que es objeto de mantenimiento.

Método de detección: método o actividad por la cual una falla es descubierta.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones direccionar y garantizar que la información relacionada al mantenimiento se organice y se estructure de acuerdo a lo dispuesto en este lineamiento.

Personal de supervisión, planeación, programación, ejecución y de operaciones: es su responsabilidad aplicar en el desarrollo de sus funciones la normativa vigente de la estandarización de la información, así como las responsabilidades que le sean asignadas.

- Acciones y Métodos:

La compañía deberá asegurar que se generen los registros de mantenimiento de tal manera que se facilite la gestión, así como la obtención de estadísticas que permitirán optimizar el proceso. A continuación, los registros mínimos con que la organización deberá contar:

- Solicitudes de atención para el área de mantenimiento:

Estas deberán contener la descripción clara de la necesidad de intervención y la prioridad con que el servicio se está solicitando de acuerdo a lo establecido.

Cuando las solicitudes sean por actividades correctivas, la organización deberá asegurar que los siguientes datos sean registrados:

Número de la falla.

Tag. del equipo.

Fecha de la falla.

Modo de falla.

Impacto de la falla.

Causa de la falla.

Subunidad que falló.

Ítem mantenible que falló.

Método de detección.

Condición de operación cuando se presentó la falla.

Clasificación de la falla para el evento específico.

- Información de la ejecución de los trabajos:

Para los trabajos correctivos se debe contar con el registro de la información estipulada en el punto anterior, y para todos los trabajos que aplique se debe contar con lo siguiente:

Nombre de la actividad a ejecutar.

Tipo de mantenimiento a efectuar.

Número o identificación de la actividad a ejecutar.

Nombre del equipo a intervenir.

Disciplina que efectúa la labor.

Para los casos que aplique, las horas de operación del equipo al momento de efectuar la intervención.

Registro de variables medibles en formatos de aceptación de resultados.

Descripción de la realización del trabajo e información relevante de la finalización de este.

Listado de repuestos, consumibles, equipos utilizados.

Fecha y duración de la intervención.

Participantes con sus cargos.

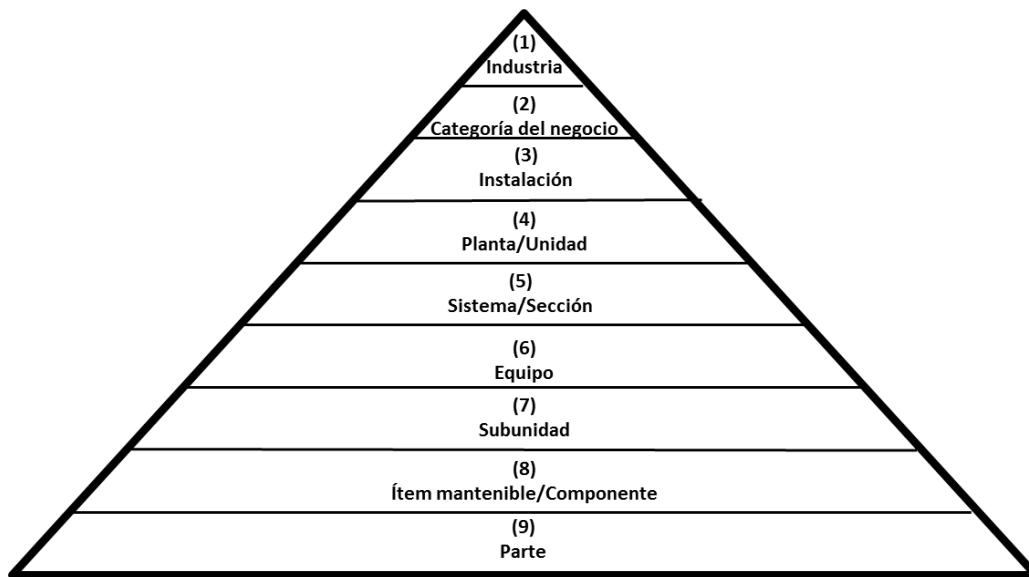
Tiempos de logística y desplazamiento.

Registro fotográfico.

- Inventario de equipos donde muestre su relación de pertenencia con los sistemas que aplique.

La siguiente figura muestra la taxonomía para la clasificación de equipos y partes de acuerdo a la Norma Técnica: ISO 14224:2016, esta es la recomendada para organizar la información de los equipos de las unidades productivas.

Figura N° 16. Taxonomía de la clasificación de los componentes de acuerdo a NT: ISO 14224.



Fuente: International Organization for Standardization , 2016

- Tiempos operativos y de inactividad de los equipos.

Se debe contar con un registro de los tiempos operativos y de inactividad por sistemas de los equipos de las plantas. La información allí registrada debe ser para las actividades correctivas, como mínimo las que se mencionaron en el punto de “solicitudes de atención para el área de mantenimiento”.

- Requerimientos:

Capacitación del personal de mantenimiento en la norma ISO 14224.

Lineamiento de administración de órdenes de trabajo implementado.

Inventario de equipos.

- Consideraciones HSE:

No aplican

- Resultados:

Registros de la información concerniente a mantenimiento organizada y estructurada de acuerdo a la Norma Técnica: ISO 14224.

- Documentos aplicables:

Formato de OT y aviso de mantenimiento vigentes.

Formatos de registros de datos para las diferentes actividades que se ejecuten cuando aplique.

- Anexos:

No aplican.

6.6.6 Lineamiento de manejo de inventarios

- Objeto: el objeto del presente lineamiento es brindar la guía para desarrollar un efectivo sistema de gestión de reposición de inventarios a fin de que estos satisfagan la demanda de los equipos, y que al mismo tiempo los costos asociados permanezcan en los mejores niveles posibles.

- Alcance: aplica para la gestión de reposición de inventarios de todos los equipos que hagan parte de las unidades productivas de negocio y que sean objeto de mantenimiento.

- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

CAMPBELL, J., & REYES PICKNELL, J. en *UPTIME: Strategies for Excellence in Maintenance Management*. New York: Productivity Press. 2006.

- Definiciones:

Unidad productiva: es una instalación de un sistema de equipos que produce un bien o un servicio catalogado como misional para el negocio.

Parte crítica: es un ítem mantenible sin el cual un equipo no puede cumplir la función que se le ha establecido.

Ítem mantenible: es la parte más elemental de un equipo que es objeto de mantenimiento.

Nivel de servicio: es la relación entre la cantidad de partes con parámetros de reposición demandadas en un periodo de tiempo y las efectivamente entregadas.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: efectuar las gestiones pertinentes a fin de implementar un proceso de administración y gestión del inventario de las partes que deben reponerse automáticamente.

Personal de operación y mantenimiento: realizar los trámites formales de acuerdo a los procesos que se establezcan para solicitar partes para uso y compra.

- Acciones y Métodos:

De acuerdo al listado de partes a partir del inventario de equipos, se deben generar los parámetros de reposición de los ítems mantenibles. Los parámetros mencionados son la cantidad a comprar y la cantidad en existencias cuando se debe iniciar el proceso compra. Para esto tenga en cuenta el tiempo que toma la gestión de adquisición, así como la tasa de utilización de las partes a reponer.

Para decidir si a un ítem mantenible se le asignan parámetros de reposición o no, se debe evaluar la frecuencia de falla que ha tenido o la que probablemente tendría, así como el costo asociado a su adquisición y almacenamiento y las consecuencias que se tendrían de no contar con este repuesto, comparando lo mencionado se tiene un dato para decidir si el ítem tratado será objeto o no de reposición automática. Se debe tener en cuenta que las probabilidades de falla son afectadas por las condiciones del contexto de operación de los equipos, la edad e historia de estos.

Se debe tener un listado de partes críticas de los equipos con mayor índice de criticidad que tengan parámetros de reposición; estos ítems serán los denominados críticos para el inventario, si en algún momento son demandados y su existencia se agota, una revisión deberá llevarse a cabo a fin de tomar acciones que apliquen para garantizar que estas partes siempre estén disponibles.

Debe medirse el nivel de servicio de las partes que se tienen designadas con parámetros de reposición.

- Requerimientos:

Inventario de equipos con la taxonomía hasta el noveno nivel de la Norma Técnica: ISO 14224.

Lineamiento de criticidad de equipos implementado.

- Consideraciones HSE:

No aplican

- Resultados:

Un proceso de manejo de reposición de inventario efectivo y capaz de satisfacer la demanda que se le requiere.

- Documentos aplicables:

No aplican.

6.6.7 Lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad

- Objeto: el objeto del presente lineamiento es establecer un método para que el plan de mantenimiento de los equipos críticos sea efectivo al mejor costo posible, realizando el análisis en contexto operacional aplicable.

- Alcance: este lineamiento aplica para los equipos de las unidades de negocio que tienen el mayor índice de criticidad y aquellos que ya en la operación se determine que están ocasionando impactos desfavorables al negocio.

- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

Society of Automotive Engineers, Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance RCM. JA1011. Estados Unidos. 1999.

MOUBRAY, John; Reliability centred Maintenance, 2 Ed., New York, Estados Unidos : Industrial Press Inc., 1997.

- Definiciones:

Confiabilidad: es la probabilidad de que un equipo opere cumpliendo una función determinada en un contexto específico en un periodo de tiempo establecido.

Tarea a condición: es una tarea que se efectúa cuando se cumple un criterio establecido como condicional; en el momento que se efectúa la tarea, el equipo no debe estar en falla.

Reacondicionamiento cíclico: son las actividades a un intervalo de tiempo establecido que tienen como fin restaurar el estado de un componente.

Sustitución cíclica: es el reemplazo de un componente a un intervalo de tiempo establecido.

Búsqueda de fallas: son las tareas que se efectúan sobre componentes o equipos que tienen fallas asociadas que no son evidentes, normalmente estas tareas son de pruebas de funcionamiento.

Correr a falla: es la decisión que se toma de no efectuar ninguna acción de mantenimiento sobre un componente o equipo.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: efectuar las gestiones pertinentes a fin de implementar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos críticos y para aquellos que se determine están ocasionando consecuencias adversas al negocio.

Personal de operación y mantenimiento: participar del desarrollo e implementación de la metodología de los planes de mantenimiento basado en confiabilidad.

- Acciones y Métodos:

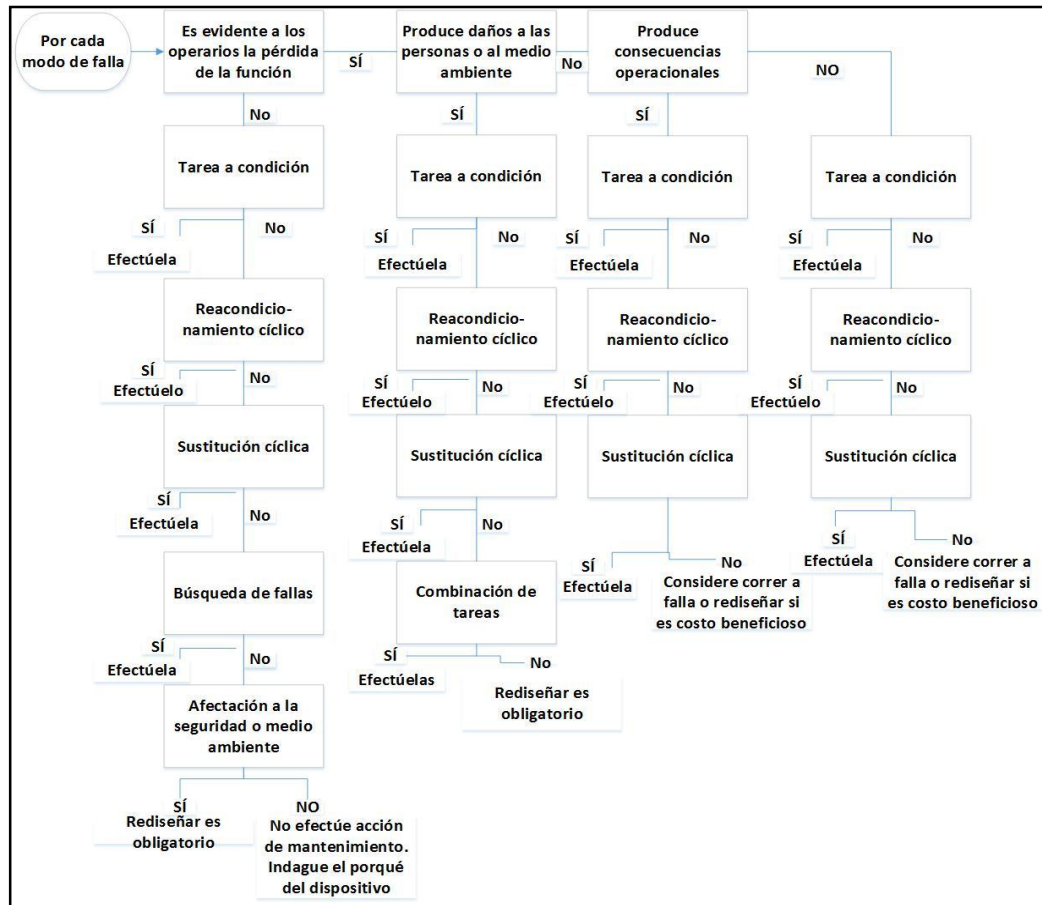
Se plantea que el método a seguir será el de los siete pasos, (Society of Automotive Engineers , 1999) que veremos enseguida :

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

- ¿Cuáles son sus fallas funcionales?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

A continuación se muestra un diagrama de decisión para encontrar la tareas apropiadas para prevenir los riesgos asociados a la ocurrencia de cada modo de falla.

Figura N° 17. Diagrama de decisión para las tareas del RCM.



Referencias :CAMPBELL & REYES PICKNELL, 2006 et MOUBRAY, 1997

Todas las tareas han de ser viables y costo efectivas para la disminución de los riesgos a niveles tolerables.

- Requerimientos:

Implementación del lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a Norma Técnica: ISO 14224.

Implementación del lineamiento de criticidad de equipos.

Una persona experta en la metodología RCM.

Capacitación al personal en la metodología RCM.

- Consideraciones HSE:

Involucrar al personal de HSE en la evaluación de las consecuencias.

- Resultados:

Un plan de mantenimiento con las actividades apropiadas para asegurar la confiabilidad de los equipos en los mejores niveles costo beneficiosos.

- Documentos aplicables:

No aplican.

- Anexos:

No aplican.

6.6.8 Lineamiento de competencias del personal

- Objeto: el objeto de este lineamiento es asegurar que el personal de mantenimiento posea las adecuadas competencias para efectuar las actividades de mantenimiento, y que en el desarrollo de estas todos los riesgos asociados a la seguridad y medio ambiente estén debidamente controlados.

- Alcance: este lineamiento aplica para todo el personal de mantenimiento de la sucursal Colombiana de la compañía.

- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

CAMPBELL, J., & REYES PICKNELL, J. en *UPTIME: Strategies for Excellence in Maintenance Management*. New York: Productivity Press. 2006.

- Definiciones:

Competencia: hace referencia a la capacidad efectiva de llevar a cabo una actividad específica.

Habilidad: hace referencia a la destreza para desarrollar una actividad

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones gestionar las acciones y recursos pertinentes a fin de implementar este lineamiento.

Líderes de proyecto: participar en el desarrollo e implementación de este lineamiento.

- Acciones y Métodos:

De acuerdo a las características de los equipos objeto de mantenimiento, se debe crear un listado por disciplina mecánica, eléctrica, instrumentación y control de las competencias requeridas para las intervenciones de estos.

De acuerdo a las funciones de los cargos, se debe identificar qué competencias son requeridas en las áreas de seguridad, medio ambiente, administrativa, financiera y de calidad.

Para cada cargo de las unidades de negocio, se debe identificar en una escala numérica el nivel de habilidad requerida en cada competencia que se ha identificado como lo describen los dos puntos anteriores.

Lo aquí descrito ha de usarse desde el proceso de selección y asignación de personal a las unidades de negocio, para llevar a cabo procesos de entrenamiento y acompañamiento de actividades a fin de asegurar las competencias adecuadas del personal.

- Requerimientos:

Un plan de mantenimiento establecido para los equipos de las unidades de negocio.

Contar con personal interno o externo capaz de entrenar y transmitir los conocimientos que tuvieran que reforzarse.

- Consideraciones HSE:

Por cada actividad de mantenimiento se deben establecer las competencias requeridas para el cumplimiento de la normativa vigente en HSE.

- Resultados:

Un proceso sistemático de aseguramiento de competencias para garantizar una adecuada ejecución de las actividades de mantenimiento.

- Documentos aplicables:

No aplican

- Anexos:

No aplican

6.6.9 Lineamiento de manejo del software mantenimiento

Este lineamiento se elaborará teniendo en cuenta que la sucursal Colombiana de Exterran tiene un software de administración de mantenimiento llamado AM versión 2.2.23

- Objeto: el objeto de este procedimiento es describir lo que se requiere para el uso y la implementación del software de administración de mantenimiento AM 2.2.23

- Alcance: este procedimiento describirá lo relacionado a la implementación y el uso del software AM versión 2.2.23 como herramienta para la administración de mantenimiento.
- Declaración de propiedad: el Gerente de Operación y Mantenimiento mantiene la propiedad de este documento y es responsable de asegurar que este documento sea el necesario y refleje la práctica real.
- Referencias:

Norma Técnica: ISO 9001:2008, Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos

Manuales del software de mantenimiento AM versión 2.2.23:

- Capítulo 00. Para empezar
- Capítulo 01. Trabajando con -am
- Capítulo 02. Infraestructura
- Capítulo 03. Equipos
- Capítulo 04. Repuestos
- Capítulo 05. Pedidos
- Capítulo 06. Kardex de almacén
- Capítulo 07. Combustibles
- Capítulo 08. Programas de mantenimiento
- Capítulo 09. Solicitudes de servicio
- Capítulo 10. Paros y averías
- Capítulo 11. Órdenes de trabajo
- Capítulo 12. Historia de mantenimiento

- Definiciones:

Equipo raíz: son los equipos que no tienen una dependencia de otros y que son la base de despiece de sus componentes

Estándar de planeación: es un promedio de trabajo realizado por el equipo en una unidad de tiempo en función de su contador asociado, en este campo se registra la cantidad de unidades que avanza en un lapso el contador seleccionado, y por el cual se realiza la proyección de los planes de mantenimiento del equipo.

Contador: es una unidad de medida para registrar el avance de la operación de un equipo.

Terceros: hace referencia a personas de la compañía “responsable interno” o externas “responsable externo o contratista” y a proveedores o fabricantes.

Ubicación física: es una codificación que hace referencia al lugar donde se encuentra un sistema / unidad de trabajo / equipo / componente, proyecto y cliente.

Árbol de equipos: es el listado jerárquico de sistemas, equipos y componentes que corresponden a una unidad de negocio.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: se encargará de gestionar los recursos necesarios para la implementación y el uso del software de mantenimiento AM, así mismo vigilará el desarrollo de los planes que se establezcan para la implementación del software, también hará seguimiento para asegurar el uso debido y efectivo de este sistema de gestión computarizado.

Planeador- Programador: velará por que el software sea usado debidamente, así mismo que la información contenida en este sea precisa y congruente con la realidad.

Supervisor/ Líder de proyecto: de contar con las facilidades tecnológicas en su locación creará solicitudes de servicio, registrará paros y averías, creará y cerrará órdenes de trabajo.

Personal de operación y mantenimiento: de contar con las facilidades tecnológicas, creará solicitudes de servicio y registrará paros y averías.

- Acciones y Métodos:

El Software AM contiene módulos para la administración del mantenimiento los cuales se describen a continuación, también se muestran los requerimientos relevantes:

Infraestructura [IE]: función que administra el grupo de datos básicos, parametrizables, de mantenimiento de la empresa : Terceros, Ubicaciones Físicas, Almacenes, Unidades de Medida, Monedas, Contadores, Características, Centros de Costo, Centros Responsables, Oficios, Responsables, Centros de Costo Autorizadores, Otros Conceptos de Costo, Causas Pendientes, Tipos de Actividad, Causas de Cierre, Acciones Técnicas, Causas de Falla, Efectos de Falla, Contratos, Conceptos de Kardex, Operaciones, Referencias, Clasificadores, Estados. Un grupo de estas tablas, se encuentra preconfigurado, y puede ajustarse según las necesidades y requerimientos de la empresa. Las restantes describen en detalle la cultura técnica organizacional de mantenimiento. La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 02 Infraestructura del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

A continuación, se listan lineamientos relevantes de algunos de los parámetros que conforman el módulo de infraestructura:

- La numeración para los proyectos es de acuerdo al orden cronológico de inicio de cada uno, esta se usa para el código del almacén y como primer dígito en el código de las tablas de otros conceptos de kardex. Existe un archivo que contiene los nombres de los proyectos y su número correspondiente, este archivo lo maneja la persona que cumple las funciones de planeador-programador de mantenimiento.
- Nomenclatura de ubicaciones físicas: XYZ-ABC-DEF

XYZ: Código de la ciudad de influencia

ABC: Código del proyecto

DEF: Código del cliente

Los códigos son de libre escogencia y de acuerdo a lo que se maneje en la compañía.

- Nomenclatura de almacenes: Código-Nombre Almacén

Código: número asignado para el almacén de hasta tres dígitos; si el almacén corresponde a un proyecto, el número corresponde al asignado a éste.

Nombre de almacén: nombre que se le da al almacén acompañado por el código del proyecto, si el almacén no corresponde a un proyecto llevará el código de la ciudad de influencia de la ubicación física.

- Nomenclatura del centro de costo:

Código: corresponde al código del proyecto

Descripción: corresponde al nombre del proyecto

- Nomenclatura del centro responsable: WXYZ-ABC

WXYZ: iniciales del departamento responsable del gasto, ejemplo Mantenimiento “MTTO”

ABC: código del proyecto

- Tipos de actividades: se creó un tipo de actividad llamada HSEQ-INSPECCION para las actividades concernientes a ésta área.

- Nomenclatura de otros conceptos de Kardex: X##

X: Código del proyecto.

##: 11 si es ingreso por compra de repuestos

12 si es ingreso por transferencia entre bodegas

21 si es salida por consumo

22 si es salida por transferencia a otra bodega

Equipos o Activos [EQ]: función central del sistema para la definición de los activos en general u objetos de mantenimiento: equipos, maquinaria, automotores, servicios recreativos e instalaciones locativas institucionales, empresariales.

Para la nomenclatura de los equipos se debe tener en cuenta:

- Equipo: para ésta codificación se requiere elaborar un listado de equipos con sus componentes y equipos raíces, de tal manera que permita definir la nomenclatura requerida, tiene disponible 18 caracteres, en este se registran los códigos y letras que identifican al equipo o sistema de acuerdo al árbol de equipos elaborado, teniendo en cuenta que para equipos que no son raíces los tres primeros dígitos obedecen al asignado al equipo al cual depende.

- Descripción: es el nombre del equipo.
- Referencia: para los equipos que aplica como es el caso de los paquetes de compresión en este campo, se registra el Job Number.
- Alias: nombre genérico con el cual se identifica comúnmente al equipo.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 03 Objetos de Mantenimiento: Activos / Equipos del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Repuestos [RP]: es la función que está encargada del registro y control de materiales y repuestos de almacén. Se registran por cada ítem su ficha técnica y parámetros de inventario. También se describen las distintas referencias de ese material o repuesto, de acuerdo con sus diferentes proveedores.

Se debe tener en cuenta lo siguiente para la creación de los repuestos:

- Repuesto: allí se consigna el parte número del repuesto con el que proveedor identifica la pieza que suministra.
- Código de barras interno: es el número asignado al repuesto por el software financiero de la compañía.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo, se encuentra en el manual llamado Capítulo 04. Repuestos del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Pedidos [PD]: es la función que permite a distintas áreas de la empresa solicitar materiales y repuestos a un almacén definido en el sistema o al área de compras. El movimiento de Pedidos se puede enlazar de forma automática con el movimiento de kardex para el almacén respectivo.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 05. Pedidos del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Kardex de Repuestos [KX]: A través del Kardex se realiza el registro de todo movimiento de entrada o salida, de materiales o repuestos de cada almacén. Para su operación, en el módulo “Infraestructura”, en la tabla “Conceptos de Kardex” se definen y configuran previamente los conceptos o tipos de transacciones de movimiento, que serán hábiles en el sistema, para cada Almacén de la compañía.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 06. kárdex de almacén del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Combustibles [CB]: este módulo presenta la facilidad de registrar todo movimiento y consumo de combustibles para automotores o equipos productivos o de servicio de la organización. Es posible registrar movimiento de combustible desde tanques de almacenamiento propios o desde estaciones de servicio externas, tomando en cuenta el tipo de combustible, las unidades y cantidades de consumo y los costos unitarios de los mismos. En caso de tanques de almacenamiento internos, es posible también hacer seguimiento a los niveles de los mismos.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 7. Combustibles del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

.

Programas de Mantenimiento [PM]: es la función que realiza la programación de actividades de mantenimiento rutinarias, cíclicas, sistemáticas o repetitivas en general. Un programa de mantenimiento se define con el objeto de generar órdenes de trabajo en forma automática y anticipada. Se toman en cuenta trabajos programados de tipo preventivo, predictivo, lubricación, calibración e inspección u otros.

Para los equipos a los cuales se efectúa mantenimiento por horometro éste se registra en el campo llamado contador, así mismo la proyección de operación se registra en el campo llamado estándar de planeación. Teniendo en cuenta la frecuencia de las rutinas de mantenimiento, se debe prever el cronograma para configurarlas en el sistema, y asegurar la oportuna y coherente generación de órdenes en el software.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 08. Programas de Mantenimiento del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

.

Solicitudes de Servicio [SS]: es el módulo mediante el cual todo empleado autorizado de la compañía, puede solicitar una atención o servicio por parte del área de Mantenimiento y si es el caso Operación. Una Solicitud de Servicio puede ser atendida como tal o puede dar origen a una orden de trabajo. El solicitante puede hacer seguimiento permanente del estado de su solicitud. Este módulo tiene una funcionalidad adicional, que consiste en el registro de acciones técnicas sencillas

de mantenimiento: corto tiempo de ejecución, bajo costo, y ejecutados por un solo responsable.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 09. Solicitudes de Servicio del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Paros/ Averías [PA]: a través de esta función, se hace el registro minucioso de toda actividad de paro de un equipo u objeto de mantenimiento, programado o no programado, que genere tiempos improductivos. Además de los tiempos de paro, se relacionan también la Causa y Efecto de la Falla y las Acciones Técnicas respectivas. Un paro puede dar origen a una Orden de Trabajo.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 10. Paros / Averías del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Órdenes de Trabajo [OT]: es la función que centraliza la administración de las órdenes de trabajo del sistema. Cubre, desde la generación automática o la creación manual de las órdenes de Trabajo, el seguimiento y consulta integral durante la ejecución de ellas, hasta su cierre y envío posterior a historia de mantenimiento. Se estudia este módulo como el centro de Gestión de Mantenimiento.

En el campo referencia se registra el consecutivo del aviso de mantenimiento que dio origen a la orden de trabajo

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 11. Órdenes de Trabajo del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

Historia de Mantenimiento [HI]: está conformada por el conjunto de las OT's que se han ejecutado, liquidado, cerrado y trasladado hasta la Historia de Mantenimiento. Esta historia compendia y refleja la actividad de mantenimiento ejecutada en la empresa. Es a partir del compendio histórico de mantenimiento que se genera el balance periódico de gestión, se generan los índices de seguimiento y de gestión.

La descripción total y detallada para la implementación de este módulo se encuentra en el manual llamado Capítulo 12. Historia de Mantenimiento del software de mantenimiento AM versión 2.2.23.

- Requerimientos:

Software AM

Equipos de cómputo adecuados para el desarrollo del software AM.

Manuales del software AM mencionados en ítem 4.0.

Capacitación al personal en el manejo del software.

- Consideraciones HSE:

No aplican.

- Resultados:

Se espera que con este lineamiento se desarrollen las guías requeridas para asegurar la implementación efectiva del software de administración de mantenimiento AM.

- Documentos aplicables:

Formato de aviso de mantenimiento

Formato de orden de trabajo

- Anexos:

No aplican

6.6.10 Lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento

- Objeto: describir una metodología que puede ser usada como una técnica avanzada diagnóstico de equipos a fin de tener mejores resultados en la gestión de mantenimiento. Esta metodología es la de redes neuronales artificiales; vale la pena aclarar que existen otros métodos que se pueden utilizar demostrando siempre las ventajas que ofrecen.

- Alcance: aplica para los modos de falla de alto impacto de los equipos con más alto índice de criticidad o para los diagnósticos que se argumente la necesidad de implementar sistemas avanzados de diagnóstico.

- Declaración de propiedad: el Gerente de Operaciones mantiene la propiedad de este lineamiento y es responsable de asegurar que sea el necesario y refleje la práctica real.

- Referencias:

FEDELE, L., en Methodologies and Techiques for Anvanced Maintenance. Londrés: Springer. 2011.

- Definiciones:

Red neuronal: es un modelo matemático computacional con procesamiento similar al de los cerebros biológicos, el cual se entrena para arrojar resultados a partir de las variables de entrada. Esos resultados normalmente son altamente confiables y permiten tomar acciones efectivas y en los casos que aplique anticipadas.

- Responsabilidades:

Gerente de Operaciones: es responsabilidad del Gerente de Operaciones implementar el diagnóstico de los equipos basado en sistemas computacionales inteligentes y avanzados para los casos en que esto sea costo beneficioso.

- Acciones y Métodos:

A continuación, se describe cómo puede ser llevado a cabo el diseño de una red neuronal:

- Definición de la entrada y la salida.
- Recolección de datos y asignación de valores objetivos.
- Definición de la arquitectura de la red neuronal.
- Entrenamiento de la red neuronal.
- Análisis de los resultados del entrenamiento.
- Experimentación y actualización de la red neuronal.

.

- Requerimientos

Un programa o sistema computacional adecuado para el modelamiento de redes neuronales.

Un grupo de trabajo experto en redes neuronales.

- Consideraciones HSE:

No aplican

- Resultados:

Una herramienta avanzada de diagnóstico de equipos que apoyará la efectividad de las acciones de mantenimiento.

- Documentos aplicables:

No aplican

- Anexos:

No aplican.

6.7 Estimación de un orden cronológico para la implementación de los lineamientos en el proceso de mantenimiento.

Para esto se utilizará el modelo de la matriz de priorización de la figura 2. A cada requerimiento de los lineamientos y a cada lineamiento se le estableció un grado de dificultad y de beneficio respectivamente. Esto se hizo de acuerdo a un análisis efectuado de capacidad organizacional y resultados positivos a partir de cada lineamiento y requerimiento.

El orden general de implementación es de acuerdo a la etapa a la que pertenecen los lineamientos y dentro de cada etapa que agrupa a los lineamientos creados se realizará la evaluación de priorización para definir la cronología. La tabla 22 muestra la matriz de priorización con las escalas usadas

Tabla N° 22. Modelo para priorización de lineamientos

| | | | | | | |
|-------------------|--------------|----------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Beneficio | Alto | 3 | | | | |
| | Medio | 2 | | | | |
| | Bajo | 1 | | | | |
| | Nulo | 0 | | | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | | Nulo | Bajo | Medio | Alto |
| Dificultad | | | | | | |

Fuente: el autor

• Orden cronológico para los lineamientos creados de la etapa 1

Tabla N° 23. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 1

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Número |
|---|--|-------------------|------------------|---------------|
| Lineamiento de administración de órdenes de trabajo | Conexión a internet y equipo de cómputo que permita acceder al software de mantenimiento. | 0 | 2 | 2 |
| | Software de gestión de mantenimiento AM 2.2.23 | 0 | | |
| | Para cada unidad de negocio se requiere definir los valores de pérdida de producción mayor, moderada y aceptada o menor. | 1 | | |
| | Árbol de equipos de las unidades de negocio. | 2 | 3 | 3 |

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Número |
|--|---|------------|-----------|--------|
| Lineamiento de criticidad de equipos | P&IDS de las facilidades a las que se les evaluará la criticidad de sus activos. | 1 | | |
| | Software de mantenimiento AM 2.2.23 implementado. | 0 | | |
| | Estudio de los efectos de los modos de falla de cada activo que se le vaya a realizar la evaluación de criticidad. | 2 | | |
| | Capacitación al personal de operación y mantenimiento en las metodologías de evaluación de criticidad. | 2 | | |
| Lineamiento de competencias del personal | Un plan de mantenimiento establecido para los equipos de las unidades de negocio. | 0 | 3 | 1 |
| | Contar con personal interno o externo capaz de entrenar y transmitir los conocimientos que tuvieron que reforzarse. | 0 | | |

Tabla N° 24. Evaluación para los lineamientos de la etapa 1

| | | | | | |
|-------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------------|------|
| Alto | 3 | Competencias del personal | | Criticidad de equipos | |
| Medio | 2 | | Administración de órdenes | | |
| Bajo | 1 | | | | |
| Nulo | 0 | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | Nulo | Bajo | Medio | Alto |

Fuente: el autor

- Orden cronológico para los lineamientos creados de la etapa 2.

Tabla N° 25. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 2

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Decisión |
|--|---|-------------------|------------------|-----------------|
| Lineamiento de administración de paradas de planta | Lineamiento de administración de órdenes de trabajo implementado. | 2 | 3 | 6 |
| | Lineamiento de criticidad de equipos implementado. | 2 | | |
| | Recurso humano para el área de planeación. | 0 | | |
| Lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224 | Capacitación del personal de mantenimiento en la norma ISO 14224. | 2 | 2 | 7 |
| | Lineamiento de administración de órdenes de trabajo implementado. | 2 | | |
| | Inventario de equipos. | 2 | | |
| Lineamiento de manejo de inventarios | Inventario de equipos con la taxonomía hasta el noveno nivel de la norma ISO 14224. | 2 | 3 | 5 |
| | Lineamiento de criticidad de equipos implementado. | 2 | | |
| Lineamiento de manejo del | Equipos de cómputo adecuados para el | 0 | 2 | 4 |

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Decisión |
|------------------------|---|------------|-----------|----------|
| software mantenimiento | desarrollo del software AM. | | | |
| | Manuales del software AM mencionados en ítem 4.0. | 0 | | |
| | Capacitación al personal en el manejo del software. | 1 | | |
| | Lineamiento de criticidad de equipos implementado. | 2 | | |
| | Recurso humano para el área de planeación. | 0 | | |

Tabla N° 25. (Continuación)
Fuente: el autor

Tabla N° 26. Evaluación para los lineamientos de la etapa 2

| | | | | | |
|-------|---|------|---------------------------|--|------|
| Alto | 3 | | | <ul style="list-style-type: none"> Administración de paradas Inventarios | |
| Medio | 2 | | Software de mantenimiento | ISO 14224 | |
| Bajo | 1 | | | | |
| Nulo | 0 | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | Nulo | Bajo | Medio | Alto |

Fuente: el autor

- Orden cronológico para los lineamientos creados de la etapa 3.

Tabla N° 27. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 3

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Decisión |
|--|---|------------|-----------|----------|
| Análisis de fallas y gestión de soluciones | Capacitación a todo el personal de operación y mantenimiento en las técnicas de análisis de fallas y planteamiento de soluciones. | 1 | 3 | 8 |
| | La existencia en la compañía de una persona formada y con el rol de facilitadora de análisis causa raíz. | 1 | | |
| Lineamiento de mantenimiento o centrado en confiabilidad | Implementación del lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224. | 2 | 3 | 9 |
| | Implementación del lineamiento de criticidad de equipos. | 2 | | |
| | Una persona experta en la metodología RCM. | 0 | | |
| | Capacitación al personal en la metodología RCM. | 1 | | |

Tabla N° 27 (Continuación)

Fuente: el autor

Tabla N° 28. Evaluación para los lineamientos de la etapa 3

| | | | | | |
|-------|---|---|-----------------|---|---|
| Alto | 3 | | Análisis fallas | Mantenimiento Centrado en confiabilidad | |
| Medio | 2 | | | | |
| Bajo | 1 | | | | |
| Nulo | 0 | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |

| | | | | | |
|--|--|------|------|-------|------|
| | | Nulo | Bajo | Medio | Alto |
|--|--|------|------|-------|------|

Fuente: el autor

- **Orden cronológico para los lineamientos creados de la etapa 4.**

Tabla N° 29. Orden cronológico para los lineamientos de la etapa 4

| Lineamiento | Requerimientos | Dificultad | Beneficio | Decisión |
|--|--|------------|-----------|----------|
| Lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento | Un programa o sistema computacional adecuado para el modelamiento de redes neuronales. | 2 | Alto | 10 |
| | Un grupo de trabajo experto en redes neuronales. | | | |

Fuente: el autor

Tabla N° 30. Evaluación para los lineamientos de la etapa 4

| | | | | | |
|-------|---|------|------|-------|--------------------|
| Alto | 3 | | | | Técnicas avanzadas |
| Medio | 2 | | | | |
| Bajo | 1 | | | | |
| Nulo | 0 | | | | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| | | Nulo | Bajo | Medio | Alto |

Fuente: el autor

Tabla N° 31. Orden cronológico de implementación

| Lineamiento | Orden cronológico |
|--|-------------------|
| Lineamiento de competencias del personal | 1 |

| Lineamiento | Orden cronológico |
|--|--------------------------|
| Lineamiento de administración de órdenes de trabajo | 2 |
| Lineamiento de criticidad de equipos | 3 |
| Lineamiento de manejo del software mantenimiento | 4 |
| Lineamiento de manejo de inventarios | 5 |
| Lineamiento de administración de paradas de planta | 6 |
| Lineamiento de estructuración de la información de acuerdo a ISO 14224 | 7 |
| Análisis de fallas y gestión de soluciones | 8 |
| Lineamiento de mantenimiento centrado en confiabilidad | 9 |
| Lineamiento de técnicas avanzadas de mantenimiento | 10 |

Fuente: el autor

7 CONCLUSIONES

Es importante que las personas encargadas de liderar el proceso de mantenimiento como lo es el Gerente de operaciones, los líderes o supervisores de proyecto y el personal a cargo de la planeación y confiabilidad conozcan muy bien el modelo de gestión de propuesto para aportar a la efectividad del desarrollo de este, así mismo para encontrar oportunidades de mejorar e incluso proponer en algún momento la implementación de elementos de etapas posteriores a la que pueda estarse desarrollando, esto puede argumentarse a través del análisis de priorización que se utilizó en este trabajo de grado.

Del resultado de la evaluación hecha al proceso de mantenimiento fue posible encontrar puntos de mejora a través de la selección de los ítems que tuvieron un resultado por debajo de un valor que se estableció como aceptable, ya que en

primera instancia el resultado general y de cada área fueron buenos y en algunos casos sobresalientes.

El marco de referencia del modelo de excelencia de mantenimiento que se estableció fue basado en los libros UPTIME y Asset Management Excellence; la demás bibliografía de este trabajo de grado trata los mismos temas, pero además de Wireman, 2005, ninguna propone un modelo de gestión similar, claro está que de allí se tomó parte de la información necesaria para definir los elementos de cada etapa del modelo de gestión, así como también para los lineamientos creados.

Para cada lineamiento creado se debe efectuar un desarrollo con la generación de elementos que hagan parte del sistema de gestión de la compañía y que soporten los requisitos establecidos. Para esto se debe tener en cuenta que como camino a seguir un orden cronológico fue establecido

8 BIBLIOGRAFIA

AMENDOLA, Luis. Organización y Gestión del Mantenimiento: Mantenimiento como negocio "*Balance Scorecard*". Valencia, España: Ediciones y marketing, 2007.

BOSSIDI, Lawrence y CHARAN, Ram. *The discipline of getting things done*. 1 ed, New York: Crown bussines, 2002.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. PAS 55: *Asset Management*. 1 edición. Reino unido. BSI, 2008.

CAMPBELL, John y REYES PICKNELL, James. *UPTIME: Strategies for Excellence in Maintenance Management*. New York: Productivity Press, 2006.

CAMPBELL, Jhon; JARDINE, Andrew y MCGLYNN, Jhoel. *Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life Cycle Desicions*. Boca Raton: CRC, 2011.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *Maintenance Terminology EN 13306:2001*. European Standard, 2001.

CRESPO MARQUEZ, Adolfo. *The Maintenance Management Framework*. Londres: Springer, 2007.

EXTERRAN ENERGY SOLUTIONS. *Operational risk management standard*, 2011.

FEDELE, Lorenzo. *Methodologies and Techiques for Anvanced Maintenance*. Londrés: Springer, 2011.

HASTING, Nicholas. *Physical asset management*. Londres, Gran Bretaña: Springer, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of realiability and maintenance data for equipment*. Bruselas, Bélgica, 2016. ISO 14224.

----- . *Asset Management - Overview, principles and terminology*. 1 edición. Suiza, 2014. ISO 55000.

KISTER, Timothy y HAWKINS, Kister Bruce. *Maintenance planning and scheduling handbook*. Massachusetts: Elsevier, 2006.

LATINO, Robert J. y LATINO, Kenneth C. *Root Cause Analysis*, ISBN 0-8493-1318-X, United State of America, 2002.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA NORMALIZACIÓN. *Sistemas de Gestión de la Calidad: requisitos*, 2008. Norma ISO 9001:2008.

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. *Técnicas de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicadas al proceso de gestión de activos*, Nota técnica cinco: Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. Ingeman, 2012.

RAMESH, Gulati. *Maintenance and reliability best practices*. New York: Industrial Press Inc. 2009.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. *Evaluation Criteria for Reliability-Centered*, 1999.

WIREMAN, Terry. *Developing performance indicators for managing maintenance*. New York: Industrial Press. 2005.