

DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA DE RCM PARA LA PLANTA
DE ASFALTO DE CONALVIAS EQUIPOS UBICADA EN LA REGIONAL DE
PLATO MAGDALENA.

ANGELA AGUIRRE RODRIGUEZ

DAVID ANTONIO BRAVO ZÚÑIGA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2015

DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE
MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA DE RCM PARA LA PLANTA
DE ASFALTO DE CONALVIAS EQUIPOS UBICADA EN LA REGIONAL DE
PLATO MAGDALENA.

ANGELA AGUIRRE RODRIGUEZ

DAVID ANTONIO BRAVO ZÚÑIGA

Monografía de grado presentada como requisito para optar por el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

WILLIAM ENRIQUE CARDENAS CUBIEDES

Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2015

to se dirige a quien ha guiado mi camino por el sendero correcto, a Dios, quien nos da la sabiduría para tomar cada decisión en la vida y me dio como padres dos seres admirables como ejemplo a seguir de quien he recibido todo el apoyo.

Ángela Aguirre Rodríguez

Gracias por iluminar mi camino y llevarme hasta donde estoy, te agradezco Dios a las personas que siempre me han apoyado y han estado para mí, mis Padres

David Antonio Bravo

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. CONALVIAS EQUIPOS	14
1.1 Quienes somos	14
1.2 Organigrama.....	15
1.3 Proyecto Ruta del Sol - Tramo III.....	16
1.3.1 Ubicación	17
1.4 Equipos en el Proyecto.....	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3. JUSTIFICACIÓN	20
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
5. PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140	23
5.1 Función u Operación.	23
5.2 Componentes de la Planta de Asfalto.....	24
5.3 Situación actual del Mantenimiento.....	38
5.3.1 Estructura actual del área de Mantenimiento.	38
5.3.2 Codificación de la Planta de Asfalto.....	39
5.3.3 Sistema de información del mantenimiento	40
6. MARCO TEORICO	41
6.1 ANALISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	41
6.2 MARCO CONCEPTUAL.....	44
6.2.1 Evolución del mantenimiento.....	44
6.2.2 Primera generación.....	45
6.2.3 Segunda generación.....	46
6.2.4 Tercera generación	46

6.3 Tipos de Mantenimientos.....	47
6.3.1 Mantenimiento Correctivo:	47
6.3.2 Mantenimiento Preventivo:	50
6.3.3 Mantenimiento Predictivo:.....	52
6.3.4 Mantenimiento Autónomo o Mantenimiento Productivo total TPM:.....	53
6.4 RCM	59
6.4.1 Que Logra El RCM	61
6.4.2 Funciones:	63
6.4.3 7 Preguntas Básicas Del RCM	64
6.4.4 Herramientas Para Implementar el RCM.....	66
6.4.5 RBI.....	68
6.4.6 Pasos Claves para la Implementación del RCM	72
7. DISEÑO Y PROPUESTA PARA IMPLEMENTACIÓN.....	73
8. CONCLUSIONES.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	97

Tabla de Figuras

<i>Figura 1 Organigrama Conalvias Equipos</i>	15
<i>Figura 4 Planta de Asfalto</i>	23
<i>Figura 5 Despiece Planta de Asfalto Parte 1</i>	24
<i>Figura 6 Despiece Planta de Asfalto Parte 1</i>	25
<i>Figura 7 Módulos de SAP</i>	40
<i>Figura 8 Curvas de probabilidad de fallo condicional</i>	42
<i>Figura 11 Fases I del TPM</i>	55
<i>Figura 12 Fases II del TPM</i>	57
<i>Figura 13 Fases III del TPM</i>	58
<i>Figura 15 Esquema de decisión RCM</i>	71
<i>Figura 16 Pasos Claves para la Implementación del RCM</i>	72

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA DE RCM PARA LA PLANTA DE ASFALTO DE CONALVIAS EQUIPOS UBICADA EN LA REGIONAL DE PLATO MAGDALENA

AUTOR: Ángela Aguirre Rodríguez, David Antonio Bravo Zúñiga

PALABRAS CLAVES: Confiabilidad, Disponibilidad, RCM, RBI, AMEF y planta de asfalto

CONTENIDO:

Una planta de asfalto es un equipo el cual tiene una gran importancia en los proyectos de infraestructura que se llevan a cabo en Colombia, razón por la cual las empresas que se encargan de realizar este tipo de trabajos deben tenerlas en un estado óptimo de operatividad, confiabilidad y disponibilidad.

En este proyecto se busca dar el primer paso para poder diseñar y proponer un plan de mantenimiento basado en la técnica de RCM (De sus siglas en Inglés que significan mantenimiento centrado en la confiabilidad) para una planta de asfalto de la empresa Conalvias Equipos, para realizar esta propuesta se utilizó la metodología planteada por John Moubray bajo sus 7 preguntas con las cuales se espera conocer las funciones de las maquinas, los fallos que se pueden presentar en sus componentes, como afectan las fallas en la operatividad de la máquina y cuanto nos cuesta que se presenten estas fallas, de esta manera se implementan tareas de mantenimiento en unos periodos establecidos con los cuales se aumente la confiabilidad de la máquina y así sea posible seguir construyendo vías en Colombia .

De igual manera se utilizará en este proyecto ayudas de otros tipos de técnicas para realizar mantenimientos como lo son el AMEF (Análisis de modo y efectos de fallas) para todo el tema de organización de las funciones y fallas de la máquina y selección de actividades para mitigarlas, de igual manera se utilizará el RBI (De sus siglas en ingles Inspección basada en riesgos) para poder determinar cuáles son los elementos críticos de la máquina y que puedan afectar a los humanos, ecosistema, la imagen y capital de la empresa.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
Director William Cárdenas Cubides

ABSTRACT

TITLE: DISEÑO Y PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA DE RCM PARA LA PLANTA DE ASFALTO DE CONALVIAS EQUIPOS UBICADA EN LA REGIONAL DE PLATO MAGDALENA

AUTHOR: Ángela Aguirre Rodríguez, David Antonio Bravo Zúñiga

KEY WORDS: Confiability, Availability, RCM, RBI, AMEF and Asphalt plant

CONTENT:

An asphalt plant is a machine which is very important in infrastructure projects carried out in Colombia, which is why the companies that are in charge of such work should have them in an optimum state of operation, reliability and availability. This project seeks to take the first step to design and propose a maintenance plan based on the technique of RCM for an asphalt plant of Conalvias Equipos Company, to make it real it was necessary to use the methodology proposed by John Moubray under used his 7 questions which are expected to know the functions of the machines, failures that may occur in their components, such as failures affecting the operation of the machine and how much it costs us to these failures, so submitted tasks are implemented maintenance on one set periods with which the machine reliability is increased and thus possible to keep building roads in Colombia.

Similarly used in this project supports other techniques to perform maintenance such as FMEA to the whole issue of organization and functions of the machine faults and selection of activities to mitigate them, just as the RBI will be used to determine what are the critical elements of the machine and which may affect humans, ecosystem, image and capital of the company.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.
Director William Cárdenas Cubides

INTRODUCCIÓN

En Colombia se ha visto la necesidad de ser más competitivos en todas las ramas de la sociedad y uno de los factores para dicha competitividad es la infraestructura vial del país, pero para poder ser competitivos debemos poder tener las herramientas necesarias, suficientes y con la calidad requerida para poder hacer frente a las competencias del mundo de hoy.

Conalvias Equipos es parte un grupo empresarial del sector de la construcción, el cual se encarga de apoyar y contribuir con el suministro, adquisición, comercialización y administración de los insumos necesarios para que el grupo empresarial Conalvias pueda cumplir con las meta propuestas como lo son la realización de obras de infraestructura tales como vías, puentes, represas y todo tipo de obras que el Grupo enfrente.

En vista de la gran responsabilidad que Conalvias tiene con Colombia al momento de construir una vía, es necesario tener los equipos necesarios y en el estado requerido para cumplir con las metas propuestas, es por medio de esta monografía se busca realizar un primer acercamiento a un plan de mantenimiento basado en la técnica RCM para un planta de asfalto.

1. CONALVIAS EQUIPOS

1.1 Quienes somos

Conalvías Equipos es una empresa del Grupo Empresarial Conalvias, cuya misión es contribuir y apoyar el desarrollo de los proyectos de infraestructura ejecutados por las diferentes compañías del grupo, mediante la adquisición, suministro, comercialización, administración e importación de todo tipo de insumos, incluyendo maquinaria pesada, vehículos de cualquier clase y equipos permitidos para ejercer una operación con fines corporativos, incluyendo los tecnológicos y mecánicos.

1.3 Proyecto Ruta del Sol - Tramo III

El proyecto se compone de dos corredores viales: San Roque (Cesar) - la Ye de Ciénaga (Magdalena) y el Carmen de Bolívar (Bolívar) - Bosconia (Cesar) - Valledupar (Cesar).

Estos corredores hacen parte de la Ruta 45 y de la Ruta 80 de la Red Nacional de Vías de Colombia, tienen una extensión aproximada de 465 km, los cuales facilitarán la conexión, mediante el modo carretero, del centro del país con las Costas Atlántica y Caribe.

El proyecto se está diseñando para permitir una velocidad de 100 km/h, en la totalidad del Corredor San Roque - Ye de Ciénaga y en parte del Corredor Valledupar - El Carmen de Bolívar. Lo anterior, redundará en una reducción sustancial de los tiempos de recorrido.

1.3.1 Ubicación

El proyecto Ruta del Sol tramo III tiene la planta de asfalto ubicada en el kilómetro 39 vía Plato magdalena a Bosconia - El Bajo (Ver figura 2).

Figura 2 Localización Planta de Asfalto



Fuente: Los Autores

1.4 Equipos en el Proyecto

En el proyecto se encuentran equipos desde la explotación de material hasta la extensión de asfalto tales como:

Figura 3 Tabla sobre tipo de Equipos en el Proyecto

EQUIPOS DE CARGA	EQUIPOS DE EXPLOTACIÓN
Camión mezclador	Perforador
Camión	Retro excavadora
Carro tanque agua	Tractor sobre orugas
Volqueta	Cargador frontal
Remolque volteo	Trituradora
Tracto camión	
EQUIPOS DE PAVIMENTACIÓN	EQUIPOS COMPLEMENTARIOS
Recicladora	Compresor
Motoniveladora	Luminaria
Vibro-compactador	Planta eléctrica
Fresadora	Minicargador
Retrocargador	Motosoldador
Compactador	Camión grúa
Pavimentadora	Camioneta
Planta asfalto	Estación de servicio EDS
Planta concreto	

Fuente: Los Autores

Cada uno de estos equipos cumple con una función importante dentro del proceso de pavimentación; en este proyecto nos centraremos en la Planta de asfalto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar y proponer la implementación de un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para la planta de asfalto de CONALVIAS con el fin de mejorar la disponibilidad operacional del equipo.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar los sistemas y sub-sistemas de la Planta de Asfalto de la empresa CONALVIAS EQUIPOS S.A. los cuales han de ser nuestro objeto de estudio.

Determinar los modos y efectos de falla de los sistemas y subsistemas de la planta de asfalto.

Evaluar la criticidad de cada uno de los sistemas y subsistemas para determinar cuáles serían aquellos que más generan mayor impacto operacional.

Establecer un plan de mantenimiento según la metodología de RCM para mejorar la confiabilidad y disponibilidad operacional del equipo.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta propuesta busca desarrollar un plan para la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta de asfalto, equipo que inicia una cadena productiva; razón por el cual se determina ser el más crítico.

El ideal de toda empresa es trabajar su maquinaria teniendo la más alta disponibilidad a un menor costo, podemos decir que es imposible que una maquina no falle pero si podemos trabajar para disminuir las paradas inesperadas o en su defecto estar prevenidos en el momento que esta falle; para ello se determinó centrar en la metodología RCM; mantenimiento basado en la confiabilidad.

Un mantenimiento correctivo no esperado de la planta de asfalto genera sobre costo; trayendo como consecuencia un impacto económico bastante alto en la compañía por pérdida de materiales, retrasó en obras, entre otros.

Por lo anterior se pretende establecer técnicas que nos ayuden a determinar las diferentes fallas e identificar su criticidad, para ello se plantea diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología del RCM; que nos ayuden anticiparnos a las fallas, conservando la confiabilidad del equipo y su disponibilidad operacional, reduciendo un gran porcentaje de sus varadas inesperadas o en su defecto estar prevenidos cuando el equipo presente una falla.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Conalvias Equipos es una empresa dedicada a contribuir y apoyar el desarrollo de los proyectos de infraestructura en la construcción vertical y/o horizontal mediante el suministro de máquinas y equipos necesarios para los diferentes proyectos; para dar cumplimiento a las fechas establecidas es necesario contar con un índice de disponibilidad alto en los equipos y confiabilidad operacional de los mismos.

La Planta de Asfalto es el equipo encargado del proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente por medio del aporte de agregados, los cuales han de sufrir una serie de procesos de combinación, calentamiento, secado y mezcla con asfalto para generar el producto terminado, el cual ha de ser usado en la construcción de las vías e infraestructura en Plato Magdalena, territorio colombiano.

Una parada de la Planta de Asfalto tiene un impacto operacional bastante crítico, puesto que esta máquina es la base de gran cantidad de procesos de construcción en la obra de Plato Magdalena, las posibles fallas que se generan en este equipo son debidas a los rodamientos, desgaste de rotor, elementos internos de los motores eléctricos, fugas en la bomba de aceite térmico, daño de bandas transportadoras, entre otras.

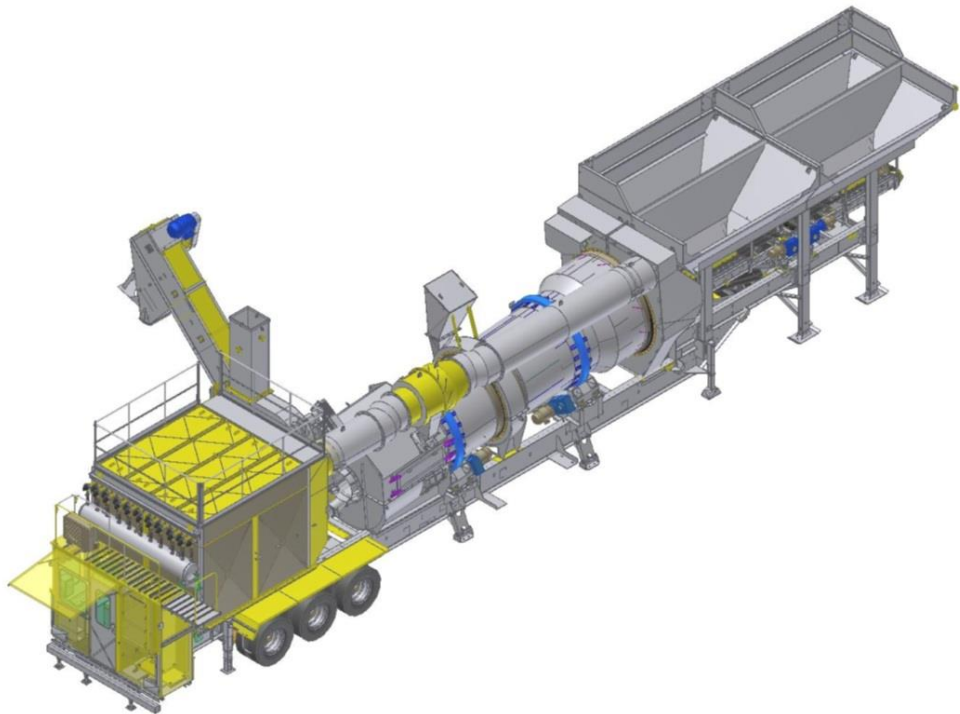
Además de estas fallas se ha podido observar inconsistencias y falencias en la programación y planeación de rutinas de mantenimientos como en el manejo de inventarios.

El área de producción está llevando al equipo en la mayoría de los casos, hasta el punto que falle; evitando la ejecución del cronograma de actividades establecido que nos ayuda a prever paradas por mantenimientos no planeados.

Una vez que el equipo presenta una falla no se está ubicando la causa raíz de esta, realizando reparaciones parciales para poder mantener la disponibilidad del equipo sin tener en cuenta que esto nos puede ocasionar a futuro daños mayores.

5. PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140

Figura 4 Planta de Asfalto



Fuente: Catalogo del Equipo

5.1 Función u Operación.

“La Planta de asfalto Magnum 140 fue desarrollada con las más modernas herramientas de computación y modelo matemático de flujos, para ofrecer diferencias más reales y significativas en la preparación de mezclas bituminosas y elevar la capacidad de producción hasta 140t/h. Su Operación está totalmente automatizada, lo que da al operador el control absoluto sobre

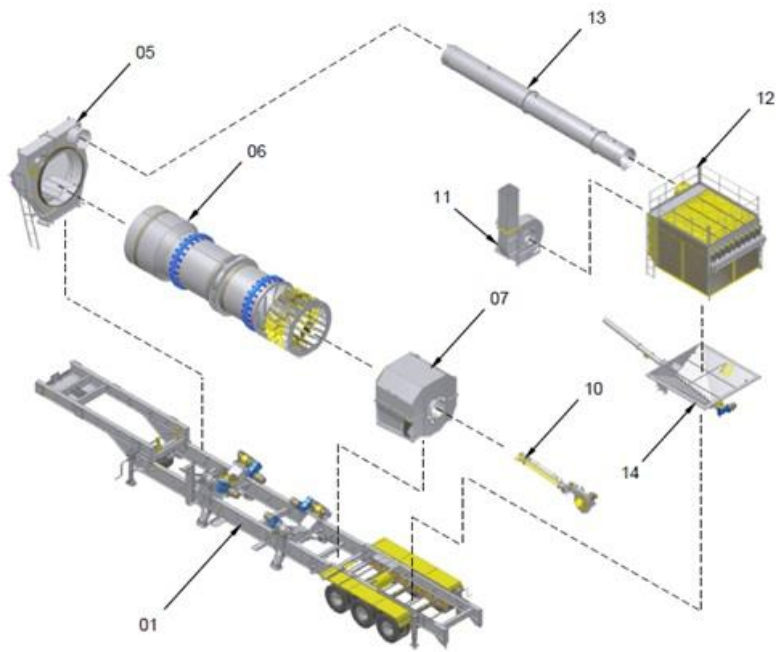
todos los procesos, garantizando la producción de mezcla bituminosa de altísima calidad.” (TEREX, 2009)

La función principal que cumple la Planta de asfalto es la mezcla de agregados; tales como arena, polvo de piedra, piedras con dimensiones según especificación de laboratorio; las proporciones de los componentes varían según el uso que se le vaya a dar al asfalto.

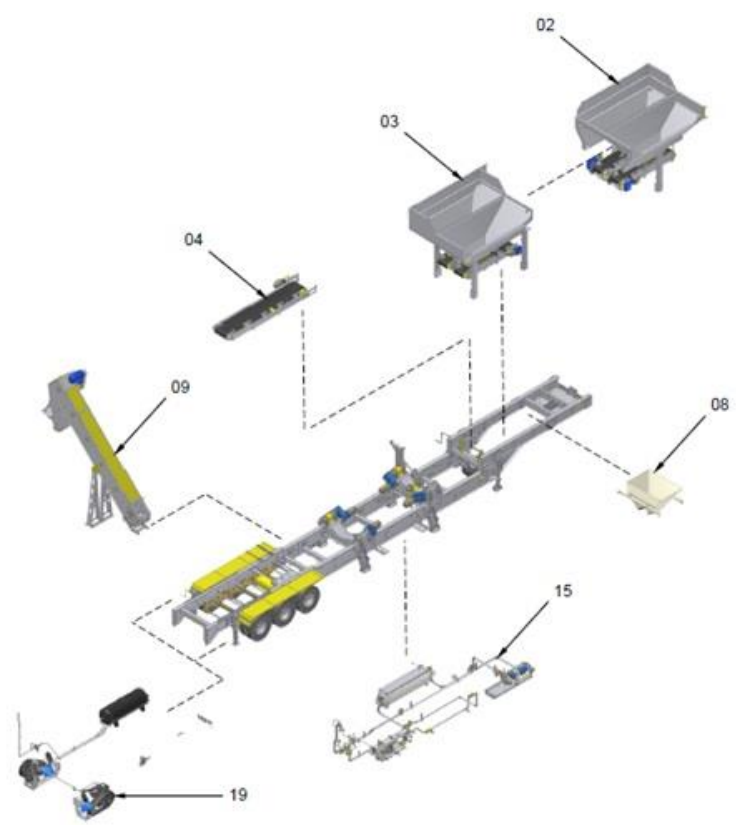
El proceso para la elaboración de asfalto inicia con la alimentación de las tolvas según los diferentes agregados por medio de un cargador frontal; estos materiales caen a una banda transportadora que los conduce a un tambor secador donde el objetivo es eliminar toda humedad con el fin de tener una compactación del asfalto homogénea, luego este material es transportado a una mezcladora donde se inyecta asfalto caliente y es agitado por medio de unas paletas con el fin de dar uniformidad al producto solicitado.

5.2 Componentes de la Planta de Asfalto.

Figura 5 Despiece Planta de Asfalto Parte 1



Fuente: Catalogo del Equipo
 Figura 6 Despiece Planta de Asfalto Parte 1



Fuente: Catalogo del Equipo

- 5.2. 01 Conjunto de chasis
- 5.2. 02 Dosificador doble delantero
- 5.2. 03 Dosificador doble trasero
- 5.2. 04 Cinta transportadora (banda)
- 5.2. 05 Cámara de aspiración
- 5.2. 06 Secador
- 5.2. 07 Cámara de combustión
- 5.2. 08 Criba
- 5.2. 09 Elevador de arrastre
- 5.2. 10 Quemador
- 5.2. 11 Extractor
- 5.2. 12 Modulo superior del filtro de mangas
- 5.2. 13 Modulo inferior del filtro de mangas
- 5.2. 14 Tubería de extracción
- 5.2. 15 Tubería de asfalto y combustible
 - 5.2. 15.1 Bomba de asfalto
 - 5.2. 15.2 Bomba de combustible
- 5.2. 17 Vibrador para el dosificador
- 5.2. 19 Sistema neumático
- 5.2.20 Cabina de mando

5.2. 01 Conjunto de chasis



Esta planta cuenta con un conjunto de chasis bipartido con el fin de tener una mejor movilidad y fácil traslado de la planta.

5.2. 02 Dosificador doble delantero



EL dosificador delantero cuenta con una capacidad individual de 7m³, sus amplias aberturas superiores ayudan agilizar la operación as mismo sus paredes con elevado grado de inclinación facilita l flujo de los materiales.

5.2. 03 Dosificador doble trasero



Los dosificadores delantero y trasero, son utilizados como medio de alimentación de los agregados para dar inicio al proceso de elaboración de asfalto; el material es descargado en proporciones precisas según los diferentes minerales a una cinta transportadora.

5.2. 04 Cinta transportadora



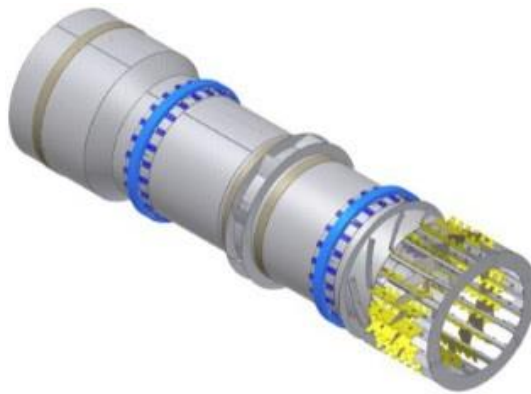
La cinta transportadora cuenta con una graduación de velocidad con el fin de controlar la cantidad de material a mezclar; esta transportadora tiene como función transportar el material de los dosificadores al secador.

5.2. 05 Cámara de aspiración



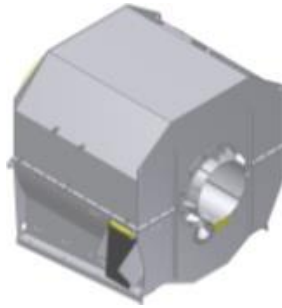
La cámara de aspiración es la encargada de generar una turbulencia por medio de fuerzas centrífugas para la separación de materiales finos y a su vez conducirlo a los filtros de manga.

5.2. 06 Secador



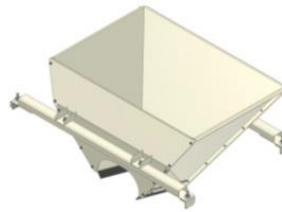
El accionamiento del tambor secador se realiza a través de un motor-reductor. Este tambor cuenta con unas paletas internas que le permite agitar el material para la eliminación de la humedad, el sistema de secado es fundamental para dar como resultado una mezcla con alta calidad.

5.2. 07 Cámara de combustión



Es el punto donde se realiza quema del combustible y se encarga de distribuir el calor al tambor secador.

52.2. 08 Criba



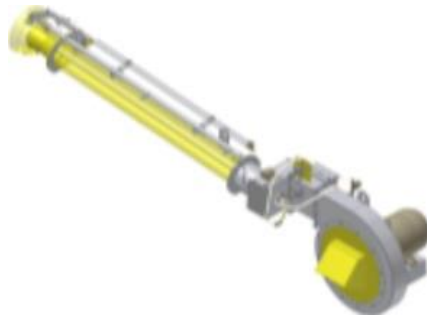
La criba cuenta con dos vibradores para dar mayor eficiencia en la separación de los materiales con tamaño fuera de lo proyectado así mismo cuenta con unos amortiguadores con el fin de dar mayor estabilidad a la criba.

5.2. 09 Elevador de arrastre



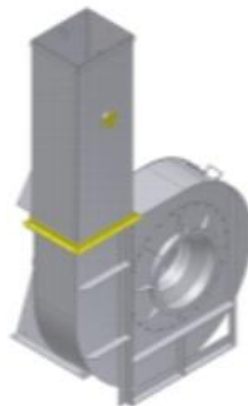
El elevador de arrastre es impulsado por un sistema interno que contiene motor-reductores, paletas y cadenas; se recibe la mezcla caliente y es arrastrada hasta la tolva donde se produce el descargue.

5.2. 10 Quemador



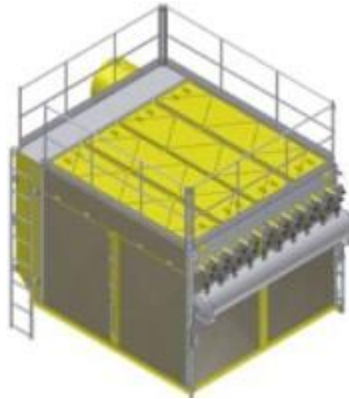
El quemador va a un extremo del tambor secador; está compuesto por la bomba de engranaje y aire comprimido garantizando una perfecta atomización del combustible mejor desempeño de combustión y consecuentemente economía en el consumo de combustible. Este produce una llama cuya función es secar el material agregado para que pueda adherirse al asfalto líquido

5.2. 11 Extractor



El extractor adsorbe las partículas finas y gases que se produce del secado del material enviándolos al módulo superior del filtro de mangas para su respectiva separación y limpieza de gases que se expulsan al medio ambiente.

5.2. 12 Modulo superior del filtro de mangas



El Modulo superior de filtros es el sistema que se encarga de retener las micro partículas generadas por la contaminación de la polución, producidas por la succión que se realiza después de hacer el ciclo de combustión así mismo evita expulsarla al medio ambiente y tener exceso de gas carbónico. Por lo anterior garantiza las emisiones de gases limpios y la reutilización eficiente de los finos recuperados.

5.2. 13 Modulo inferior del filtro de mangas



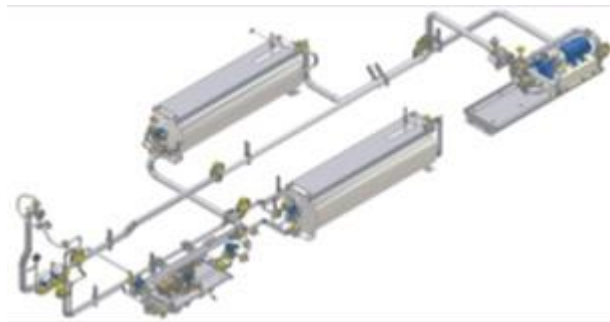
La función del módulo inferior es almacenar, retirar la polución producida en el proceso de asfalto y descargarla en un recipiente húmedo para evitar que haya decantación de minerales.

5.2. 14 Tubería de extracción



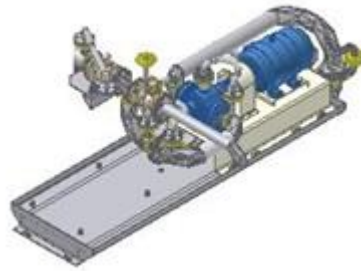
El tubo de extracción es el encargado de conducir los gases y material articulado producidos en la cámara de aspiración hacia el extractor.

5.2. 15 Tubería de asfalto y combustible



El sistema de tubería de asfalto es la encargada de conducir el asfalto de los tanques de almacenamiento hasta el secador manteniendo la temperatura del asfalto de 160° a 180° para ello tiene en su sistema una bomba de asfalto que a continuación se relaciona:

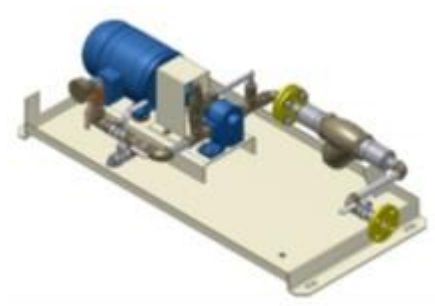
5.2. 15.1 Bomba de asfalto



La Bomba de asfalto es la encargada de succionar el asfalto del punto de almacenamiento al punto de mezclado par ser inyectado.

El sistema de tubería de combustible es la encargada de conducir el combustible de los tanques de almacenamiento hasta el quemador para ello cuenta en su sistema con una bomba de combustible que a continuación se relaciona:

5.2. 15.2 Bomba de combustible



La bomba de combustible es el componente encargado de succionar el combustible de un punto de almacenamiento al punto de combustión - quemador.

5.2. 17 Vibrador para el Dosificador



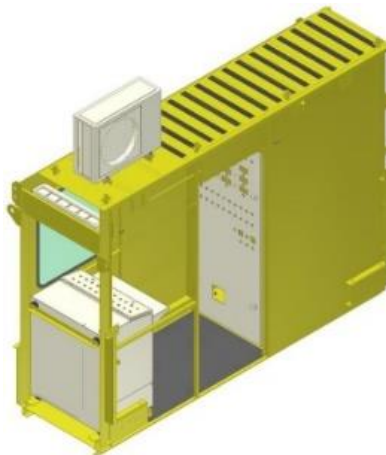
Cuando el dosificador es alimentado, gran parte del material contiene humedad generando obstrucciones al fluido de la alimentación, la función de este vibrador es el desprendimiento del material húmedo en los dosificadores ayudando al fluido de los agregados.

5.2. 19 Sistema neumático



Este sistema neumático consta de tres compresores y su función principal es la de proporcionar el aire que debe ingresar en el quemador para generar la combustión así mismo trabaja como transmisor de energía para el sistema de actuadores como los cilindros neumáticos, electroválvulas de limpieza, derivación de su requerimiento

5.2. 20 Cabina de Mando



La Cabina de mando en la encargada del control automático del proceso de elaboración de asfalto para ello consta de unos componentes que a continuación mencionaremos:

Tablero de Mando - Componentes eléctricos



El Tablero de manos tiene como función el Control automático del proceso; Control de todos los motores y dispositivos vía supervisión; Supervisión de las temperaturas de los gases, filtro, aglomerante y mezcla a través de sensores de temperatura: gases, filtro, aglomerante y mezcla; control sobre vibradores; Control del quemador: modulación de llama vía PLC; Control automático de los rectificadores de temperatura para combustible y asfalto; Control automático del tiempo de abertura de las compuertas del silo de almacenamiento; Supervisor de variables eléctricas del proceso.

Computador y Software



El computador es una herramienta que sirve como control y manipulación automática de la Planta de asfalto, este contiene un modelo matemático de

flujos para ofrecer diferencias más reales y significativas en la preparación de mezclas y elevar la capacidad de su producción hasta 140 t/h.

Panel del Módulo Filtro de mangas



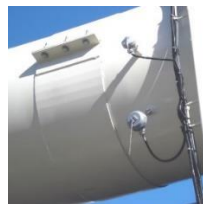
SU función es tener un control automático de las temperaturas del filtro de, Baja velocidad ascensional; garantiza la limpieza eficiente de las mangas gases con interbloqueo al quemador de la planta; Minimización de recirculaciones y puntos de altas velocidades.

Panel de los transductores



Su función principal es controlar la entrada y salida de la energía de los reductores con el fin de mantener la velocidad requerida en la alimentación del secador.

Sensores de Temperatura



Los sensores se encargan de Medir la temperatura del asfalto, garantizando la presión de forma fiable en un rango de 160 a 180 °C

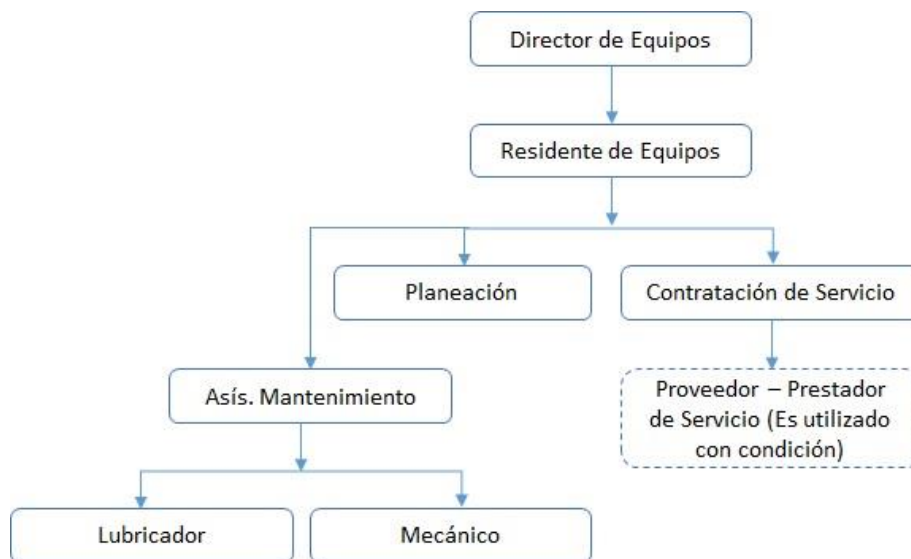
5.3 Situación actual del Mantenimiento.

5.3.1 Estructura actual del área de Mantenimiento.

La empresa Conalvias Equipos en la actualidad cuenta con un área de Planeación centralizada en Bogotá quien es la encargada de Programar y Planear todos los Mantenimientos preventivos a nivel nacional, basados en la información que arroja un software llamado SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) el cual controla todas las rutinas del mantenimiento.

El objetivo principal del área de Planeación es velar el cumplimiento de las rutinas de mantenimiento preventivo de los equipos, así mismo la programación de revisión semanal y mensual que se requiera con el fin dar una mayor confiabilidad en la operación; estas rutinas incluyen actividades mecánicas de lubricación e inspección.

Para la ejecución de dicha programación se debe cumplir con la siguiente estructura:



A continuación se detalla la función de cada perfil que se encuentra en la estructura:

Director del Mantenimiento: es quien lidera y debe garantizar que el programa de mantenimiento sea ejecutado a conformidad, cumpliendo con los estándares de calidad; para llevar a cabo y cumplimiento del programa

Residente de quipos: es quien coordina y garantiza la disponibilidad del equipo, insumos requeridos, materiales y servicio con terceros si es necesario

Planeación: Planear con anticipación la solicitudes de insumos y materiales a requerir según el mantenimiento a ejecutar así mismo y de acuerdo a las horas trabajadas del equipo el Planeador debe enviar la programación semanal para la ejecución y coordinación de los Mantenimientos.

Contratación de servicio y compra de repuestos: el área de contratación debe garantizar la compra y disponibilidad de los insumos requeridos por Planeación y asignación del Proveedor en caso de requerir un servicio para el Mantenimiento a ejecutar.

Asistente De mantenimiento, Lubricador y Mecánico: Personal encargado de ejecutar la labor y dar cumplimiento a la programación del mantenimiento preventivo.

5.3.2 Codificación de la Planta de Asfalto.



El objetivo de la codificación en los equipos se basa en facilitar los procesos de información, evitar una identificación equivocada, clasificación de los diferentes equipos y sus grupos, dar una fácil localización y una adquisición inmediata a la información de los equipos.

Conalvías Equipos ha realizado una codificación interna de todos sus equipos, esta codificación consta de: la letra inicial, identifica la empresa a la cual pertenece el equipo E; Empresa: Conalvias Equipos; seguido a un número que es el consecutivo equivalente al tipo o grupo de equipo 28; Grupo de Equipos: Plantas de Asfalto, TM es el fabricante TEREX y M 140 hace referencia de la Planta de Asfalto; 08 hace referencia al consecutivo interno del equipo.

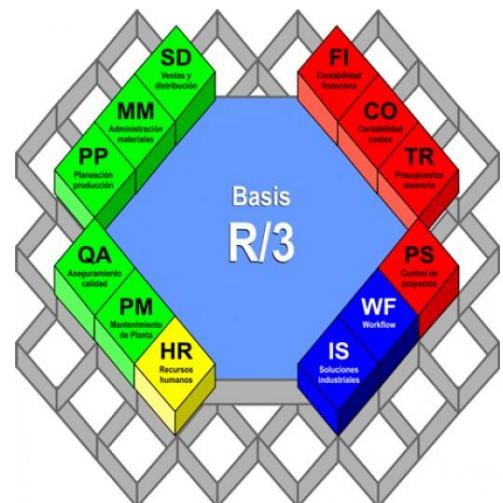
5.3.3 Sistema de información del mantenimiento

La empresa Conalvías Equipos cuenta con un sistema de información llamado SAP (Sistemas, Aplicación y Productos), este software les permite tener la información inmediata con el fin de optimizar los recursos empresariales.

El uso de este software permite la planeación de producción, compras, recursos humanos, nominas, rastrear y gestionar en tiempo real la producción de la empresa, su contabilidad, finanzas y recursos entre otras, conociendo así el estado real actual de la empresa. Este sistema cuenta con diferentes módulos que se ilustran en la figura.

El SAP se ha implementado con el fin de mantener el control de los equipos manejando la siguiente información:

Figura 7 Módulos de SAP



- Identificación de los equipos.
- Establecer planes de mantenimientos por equipo.
- Generación de órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo
- Control de Inventarios
- Registro de información como: tiempos de parada por mantenimiento y tiempos de varada del equipo, historial de trabajos y actividades ejecutadas, personal quien intervino el equipo, servicio prestado insumos y materiales comprados, sistemas intervenidos entre otras.
- Control, documentación y hoja de vida de equipo.
- Indicadores de gestión como: Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad del equipo.

Fuente:
http://usercontent1.hubimg.com/8334986_f520.jpg

Este sistema es transcendental en el momento de programar, planear y ejecutar el mantenimiento del equipo teniendo en cuenta que mantiene integrada la información del equipo.

6. MARCO TEORICO

6.1 ANALISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

“El concepto de mantenimiento se originó desde el mismo momento en que la sociedad cambio la producción artesanal de bienes por uno a nivel industrial (Revolución Industrial), gracias a James Watt con la invención de la máquina de vapor (1769 D.C.), con la cual era posible sustituir la mano de obra del artesano, este cambio origino que un nuevo grupo social surgiera, este nuevo grupo llamado proletariado era el encargado de operar y mantener las maquinas; a partir de este momento se originó la primera

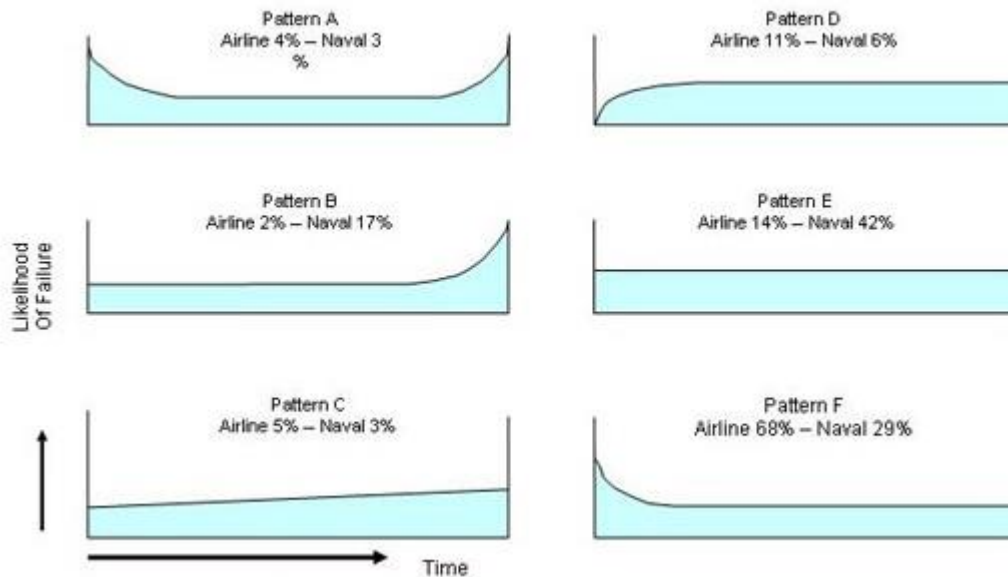
etapa del mantenimiento; durante esta etapa la orientación de operación y mantenimiento era hacia el producto, buscando siempre generar más bienes de consumo, pero esto implicaba que a su vez la tasa de acciones correctivas era elevada; algunos autores sitúan esta primera etapa hasta de la década de 1950." (Mora Gutierrez, 2014)

A partir de la década de los 50's la empresa O&M orientan sus actividades en torno a la producción, por lo tanto buscan tener la menor cantidad de paradas posibles realizando acciones planeadas con las cuales buscan prevenir la aparición de fallos y caídas de producción, impactando significativamente a producción, esta segunda etapa es contemplada en toda la década de los 50's.

Aunque las horas de trabajo y producción eran mayores, la manutención de estas máquinas requerían de una gran cantidad de recursos en temas como lo son un stock de repuestos amplio, gran cantidad de herramientas y personal capacitado para ejecutar las labores de mantenimiento, obligando así a las empresas a buscar nuevas técnicas y metodologías, las cuales equilibren la relación entre producción y mantenimiento y se minimicen los costos asociados, es aquí en la tercera etapa (1960-1980) cuando las empresas se enfocan hacia la organización táctica de mantenimiento buscando optimizar producción y establecer tácticas eficientes de mantenimiento.

Al final de esta última etapa empiezan a generarse nuevas ideas acerca del comportamiento de la tasa de fallas respecto al tiempo no solo de una maquina como un todo, también se realiza una caracterización de cada uno de los sistemas presentes en cada equipo encontrando que no existe una estrecha relación entre la edad de un componente y la probabilidad de fallas (Figura 2);

Figura 8 Curvas de probabilidad de fallo condicional



Fuente: <http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance-management/condition-based-maintenance.html>

De esta manera se desarrolla RCM (Reliability Centered Maintenance) como método en el cual su objetivo primario es realizar una investigación integral con el ánimo de establecer las condiciones de fallo de los sistemas de una máquina, tareas de mantenimiento, rediseño para reducir la frecuencia de fallas y manejo de inventarios de repuestos, en esta técnica se integran metodologías como lo son el AMEF y RCA con las cuales se pueden identificar los modos y efectos de falla de una máquina, también se incluyen los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos, al igual que mantenimiento de rediseño con el ánimo de aumentar la probabilidad en que un componente o maquina funcionen de manera adecuada en un tiempo determinado de labor.

En el desarrollo de la monografía (Cortes , 2014) establece un mantenimiento preventivo para una planta de asfalto estacionaria localizada en Mosquera, determinando los sistemas y subsistemas que se encuentran en esta, siendo este un punto de partida para poder diseñar un plan de mantenimiento bajo la

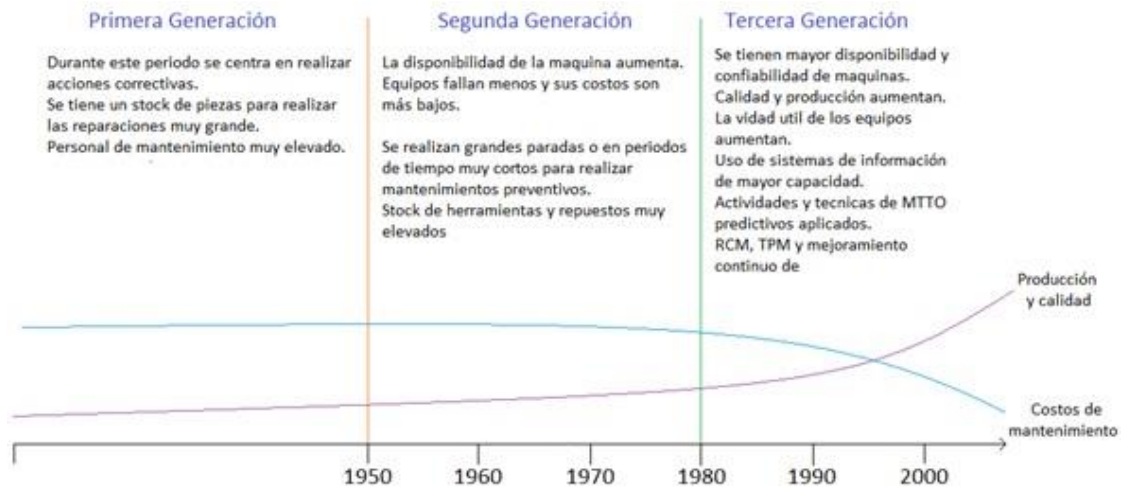
técnica de RCM, estableciendo 8 equipos críticos y 2 medianamente críticos gracias a la utilización del método de criticidad total por riesgo desarrollado por la consultoría Woodhouse, donde evaluaban la frecuencia de fallos, el impacto operacional, la flexibilidad operacional para permitir mantenimiento, el costo de mantenimiento y el impacto al medio ambiente.

6.2 MARCO CONCEPTUAL

6.2.1 Evolución del mantenimiento

Desde la revolución industrial las empresas han venido buscando la manera de producir bienes de manera más rápida y mejor pero con el menor costo posible, en términos generales se ha establecido 3 etapas o generaciones a través de la historia en las cuales se ha visto la evolución del mantenimiento hacia las técnicas que hoy en día se manejan a nivel mundial.

Figura 9 Evolución del mantenimiento



Fuente: Autores

6.2.2 Primera generación

Algunos autores establecen que el mantenimiento nació con la generación o creación de las primeras herramientas y diseños de máquinas de baja complejidad, otros por el contrario establecen que el origen del mantenimiento se dio en la revolución industrial; esta primera etapa la podemos concebir antes de 1950, donde las empresas solo quieren producir y llevan la maquinaria hasta que falla, al ser netamente correctivos los mantenimientos sus costos son elevados puesto que se generaban una cadena de fallas en la máquina y llegaba a necesitar el cambio total de un sistema por culpa de la falla, la cantidad de stock de herramientas y repuestos era muy elevado, al igual que la cantidad de personal llegaba a ser significativamente grande, otro aspecto importante era la evolución tecnológica de la época, la cual era muy precaria para producir herramientas de gran calidad y el transporte era sumamente difícil, tomando gran cantidad de tiempo el cual repercutía en producción.

6.2.3 Segunda generación

Es situada en el periodo comprendido entre 1950-1980, donde el planeta golpeado por la segunda guerra mundial, se vio afectado por la disminución de cantidad de mano de obra, esto obliga a las empresas a buscar que la maquinaria de la cual dependían durara una mayor cantidad de tiempo produciendo, de esta manera nació el mantenimiento preventivo en el cual por experiencia propia o recomendaciones de fabricantes se establecieron periodos de tiempo medidos por cantidad de horas, kilometraje o unidades producidas, en los cuales se realizaban cambios de las piezas que fallaban con mayor frecuencia o su vida útil era menor y afectaban la máquina, de esta manera se aumentó la disponibilidad de las máquinas; para poder evitar las fallas y evitar imprevistos las empresas invertían gran cantidad de capital y recursos en mantener un stock de repuestos y herramientas, con todos y cada uno de los elementos que comprendían las máquinas, para evitar demoras conformaban todo un taller de reparación con maquinaria como tornos y fresas con los cuales podían fabricar los repuestos necesarios para poder realizar los mantenimientos incurriendo en grandes gastos de maquinaria y personal capacitado.

6.2.4 Tercera generación

En esta generación las empresas han venido buscando la manera en que se equilibre costos, disponibilidad y mantenimiento de manera en que sea rentable para las empresas, de esta manera gracias la innovación tecnológica, los sistemas de información, el uso de información y conocimientos multidisciplinarios, herramientas de predicción y monitoreo de continuo de equipos, al igual que metodologías como KAISEN, JIT entre otras, han

generado técnicas de mantenimiento como los TPM (Mantenimiento total productivo), mantenimiento basado en la condición y RCM (Reliability Centered Maintenance) las cuales han demostrado que dependiendo del enfoque y sector productivo de la organización, una u otra es más eficaz y aumenta de gran medida la disponibilidad y confiabilidad de las maquinas.

Algunos autores determinan que existen más generaciones las cuales están demarcadas por la forma de gestión de mantenimiento dirigido a la competitividad y la terotecnología.

6.3 Tipos de Mantenimientos

"Para mantener un equipo de producción operativo y confiable, se hace indispensable establecer un conjunto de técnicas y actividades que garanticen el buen funcionamiento de los equipos y a su vez ayuden a disminuir los costos indirectos por perdida en producción como costos directos del mantenimiento por una intervención inesperada.

Siendo el objetivo fundamental del mantenimiento, el alcance de un número determinado de horas trabajadas del equipo con las características y calidad de fabricación a un costo mínimo y máxima seguridad para el personal que lo opera, motivo por el cual se hace mención a cuatro tipos de mantenimientos siendo estos los más reconocidos.

6.3.1 Mantenimiento Correctivo:

Son actividades encaminadas a la reparación o recuperación del equipo cuando esta presenta una falla inesperada. Este tipo de mantenimiento no es planeado y representa sobre costo basado en: mano de obra, insumos y materiales no recuperables.

“Las tareas de mantenimiento correctivo (Corrective Tasks, CRT) son las tareas que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades: Detección del fallo, Localización del fallo, Desmontaje, Recuperación o sustitución, Montaje, Pruebas, Verificación” (Knezevic, 1996)

Este tipo de mantenimiento son los más utilizados en el sector de la construcción debido a la utilización y el requerimiento de la disponibilidad del equipo por ello se realizan actividades o labores que mitiguen la falla con la idea que en cuanto se pueda se realizara la reparación concluyente. Esto no obstante trae como resultados con el tiempo fallas con mayor gravedad si el equipo no es intervenido o en su defecto modificación a las características originales del equipo.

Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo

En el momento que se desee ejecutar un mantenimiento correctivo se hace importante revisar cada una de sus ventajas y desventajas que se pueda obtener para ello se citas los siguientes puntos.

Ventajas:

Desvare o reparación inmediata: en el momento que se presenta la avería el equipo se interviene de inmediato exigiendo como prioridad la asignación de mano de obra, herramientas, insumos, repuestos, entre otros.

No se aplican gastos fijos: solo se invierte y se invierte dinero el equipo cuando es necesario ósea cuando presenta una falla, avería o deterioro por las horas laboradas.

No es requerida la planeación de actividades: Es este tipo de mantenimiento no se planea ni se programan las actividades teniendo en cuenta que las intervenciones se realizan cuando falla el equipo.

A corto Plazo se refleja mayor rentabilidad financiera: debido a su intervención esporádica y ocasional la rentabilidad será mayor.

Desventajas:

Incremento el riesgo de las averías: Al no realizar una intervención cuando se evidencia una posible falla se corre el riesgo que la avería se incremente ocasionando daños mayores.

Da procedencia que existan las reparaciones sin verificar y analizar la falla ocurrida: al realizar este tipo de mantenimiento se evita analizar la causa raíz de la falla y reparación inmediata trayendo como posibles consecuencias averías mayores.

Sobre costo a mediano y largo plazo: al intervenir el equipo cuando falla va alterando o deteriorando sus partes o en su defecto el sistema haciendo que las próximas reparaciones o intervenciones el costo sea mayor.

La acorta la vida útil del equipo: al realizar una intervención inesperada del equipo en muchas ocasiones hace que se instalen partes no originales del equipo perdiendo las características originales, en otros casos se busca la reparación de las piezas esto ayuda a la alteración de los diferentes sistemas del equipo trayendo como consecuencia acortar su vida útil.

Se pierde la confiabilidad del equipo: En el momento que se repara una pieza o un sistema da procedencia a que el equipo pierda confiabilidad teniendo en cuenta que no se sabe cuándo volverá a fallar.

La falla puede ser consecutiva: Al no analizar la causa raíz de falla esta avería puede ser consecutiva y ocasionar daños mayores.

6.3.2 Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo está estructurado con el fin de reducir las fallas que se puedan presentar en el equipo por consecuencia del desgaste, ocasionado por horas trabajadas o el servicio prestado. Siendo entonces un conjunto de actividades encaminadas a la revisión e inspección continua del equipo dirigidas con el objetivo de detectar las posibles fallas y averías que puedan ser corregidas e intervenirse a tiempo logrando su respectiva planeación y programación de actividades.

Un punto muy significativo de la labor del mantenimiento preventivo es el proceso de asignación de los grados de criticidad con el objetivo que cada actividad planeada y programada ayude a la conservación de las características y especificaciones del equipo.

Podemos decir que el mantenimiento preventivo es “La acción sistemática de revisar periódicamente, la podemos definir como inspeccionar-controlar y reparar antes de que se produzca la avería. También podemos decir que es reparar cuando la maquina o instalación productiva están aún, en cuanto a seguridad-calidad y desgaste, dentro de los límites aceptables” (Rey Sacristan, 1996)

Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Preventivo

Al ejecutar un mantenimiento preventivo se hace importante revisar cada una de sus ventajas y desventajas que se pueda obtener para ello se citas los siguientes puntos:

Ventajas:

Reducción del riesgo de falla: al realizar inspecciones y revisiones periódicas se lograra detectar las posibles fallas y tratarlas a tiempo.

Control, Planificación y programación sobre las intervenciones a ejecutar del equipo: En este tipo de mantenimiento se lograra controlar, planear y programar las actividades, insumos y consumos requeridos y su respectiva optimización.

Estadística de las intervenciones tiempo de desgaste de repuestos: Debido a las tareas repetitivas lograremos llevar estadísticas que ayuden a programar y planear el cambio de un repuesto, anticiparnos a la causa de parada y dar mayor vida útil al equipo.

Estandarización de actividades: debido a que una labor es ejecutada en varias ocasiones, estas pueden ser estandarizadas y se pueden establecer procedimientos que ayuden a su mejora continua y eficiencia.

Disminución de las paradas imprevistas del equipo.

Disponibilidad de repuestos requeridos: Con las inspecciones requeridas en este mantenimiento se logra tener un concepto sobre lo repuestos requeridos a corto plazo y programar su respectiva compra.

Desventajas:

Personal con experiencia: para la programación y planeación de actividades que ayuden al buen funcionamiento y mantener las características según recomendación del fabricante es necesario tener técnicos idóneos que conozcan en su totalidad el equipo.

Incremento en el inventario: Al realizar una planeación y programación se hace necesario contar con la disponibilidad en el almacén de determinados repuestos e insumos, esto hace que el inventario se incremente.

Cambios innecesarios: Cuando se realiza una inspección visual sobre los repuestos e insumos a cambiar, en nuestro concepto estos pueden prestar

otras horas de servicio. Debido a que el aspecto físico se encuentra en perfectas condiciones.

6.3.3 Mantenimiento Predictivo:

Son un conjunto de actividades encaminadas a la revisión y estudio constante de variables internas o externas asociadas al proceso de la operación del equipo, estas actividades nos permiten diagnosticar el comportamiento futuro y detectar posibles averías y fallas que puedan presentarse.

“El mantenimiento predictivo es el mantenimiento planificado y programado con base en la determinación de la tendencia del estado o condición continúa del equipo, con la intención de predecir un estado futuro.” (Bohórquez González, 2014); Este tipo mantenimiento requiere apoyarse en herramientas y/o instrumentos que sirva para detectar cuando un elemento que salga de los parámetros establecidos por el fabricante, dentro de los cuales pueden ser: Vibrómetros, termómetros, termógrafos, analizadores de gases, analizadores de aceites, indicadores de niveles de ruidos, entre otros.

Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Predictivo

“La principal ventaja radica en la velocidad de detección de la avería (en forma anticipada y temprana al hecho), mientras que en otros casos solo es posible establecer una frecuencia. A su vez las acciones predictivas incorporan algunas variables que aumentan la información del estado de los equipos.” (Mora Gutierrez, 2014)

Optimizar la gestión del personal de mantenimiento; suministro de repuestos, mano de obra, actividades a ejecutar entre otras.

Control y Monitoreo constante sobre él esta del equipo y sus sistemas.

Programación y planeación de las actividades a ejecutar.

Permite tener un histórico de información el cual ayuda a definir una tendencia de los componentes o sistema del equipo, para su respectivo análisis y toma de decisiones. Una de las principales desventajas de ejecutar este tipo de mantenimiento es el factor económico.

6.3.4 Mantenimiento Autónomo o Mantenimiento Productivo total TPM:

“Las industrias japonesas, después de la segunda guerra mundial, determinan que para competir eficazmente en el mercado internacional deben mejorar la calidad de sus productos; de esta forma se importan del continente americano técnicas de manufacturas y de administración, las cuales adaptan rápidamente en sus sistemas industriales; entre los conceptos importados se encuentra el mantenimiento preventivo, posteriormente le incorporan a este otros conceptos como: mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento, ingeniería de confiabilidad, etc.; logrando modificar en forma radical el ambiente industrial japonés para conformar lo que se conoce como TPM (Mantenimiento Productivo total), algunas veces definido como mantenimiento productivo implementado por los empleados, basado en que la mejora del equipo debe involucrar a todos los funcionarios de la organización, desde los operadores hasta los empleados de la alta dirección.” (Mora Gutierrez, 2014)

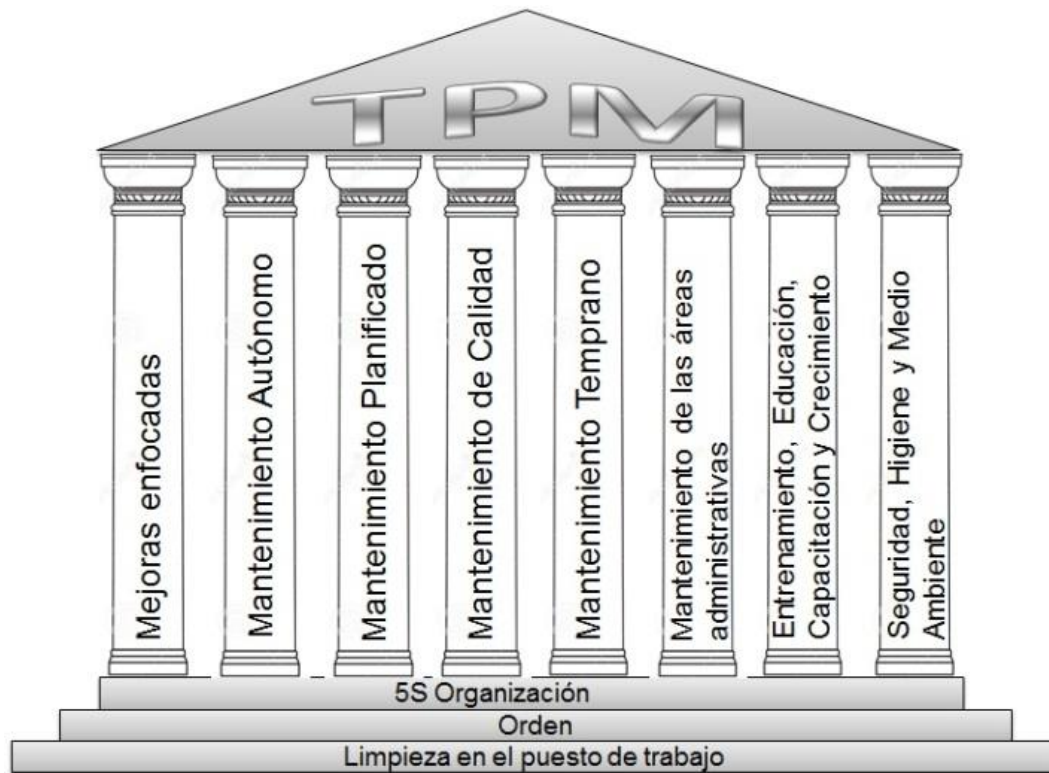
El TPM es un enfoque integral para el mejoramiento de la productividad, orientado a crear un sistema en la organización que ayuda a maximizar la eficiencia de la cadena productiva. Establece métodos que evitan pérdidas en la operación de la empresa, cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo periodo productivo, el TPM reúne información y funciones en forma

integral para la identificación mejor los avances reales del rendimiento y cuantificar las oportunidades de mejoramiento en los procesos.

Tiene como objetivo maximizar la eficacia del equipo, mantenimiento autónomo por los operadores, desarrollar un sistema de mantenimiento productivo, implicar todas las áreas de la empresa que se involucran directa o indirectamente en mantener al equipo, dar a conocer el TPM a través de motivación con actividades autónomas. Para la implementación del TPM en una compañía se hace indispensable desarrollar un plan maestro que involucren los pilares básicos (Ver figura 10) y las III fases del TPM (Ver figura 11, 12 y 13).

Pilares básicos del TPM:

Figura 10 Pilares Básicos del TPM



Fue
nte:
Aut

ores

Fases del TPM:

- I. Mejoramiento del equipo existente
- II. Mantenimiento equipo mejorado o equipo nuevo
- III. Adquisición de equipo nuevo con rendimiento mejorado

Cada fase consta de varias etapas las cuales deben ser consideradas en el momento de la implementación.

Figura 11 Fases I del TPM

Administración del Equipo Fase I Mejorar el Equipo hasta su nivel máximo requerido de rendimiento y disponibilidad	
Etapa 1.	Determinar el rendimiento y la disponibilidad del equipo existente (OEE actual).
Etapa 2.	Determinar el estado del equipo
Etapa 3.	Determinar el mantenimiento actual (especialmente PM) del equipo.
Etapa 4.	Analizar las pérdidas del equipo.
Etapa 5.	Establecer (y clasificar) las necesidades y oportunidades de mejoramiento del equipo
Etapa 6.	Establecer necesidades y oportunidades de mejoramiento de montajes o recambios.
Etapa 7.	Ejecutar mejoramientos como se planifico y programo.
Etapa 8.	Verificar resultados y continuar, según corresponda.

Fuente: Mora (2014)

Esta primera fase consiste en mejorar el equipo hasta llegar a un nivel de alto rendimiento y disponibilidad. Para ello se hace necesario llevar la información y planeación detallada. Las etapas de la fase I se llegan a cabo con un estudio de factibilidad con datos como averías y fallas las cuales nos permiten analizar perdidas del equipo y se verificar oportunidades de mejoramiento.

Administración del Equipo Fase II Mejorar el Equipo hasta su nivel máximo requerido de mantenimiento y disponibilidad	
Etapa 1.	Elaborar requerimiento de PM para cada maquina.
Etapa 2.	Desarrollar requerimientos de Lubricación para cada maquina
Etapa 3.	Preparar requerimientos de limpieza para cada maquina.
Etapa 4.	Elaborar procedimientos de PM, lubricación y limpieza.
Etapa 5.	Desarrollar procedimientos de inspección para cada maquina.
Etapa 6.	Elaborar el sistema de PM, lubricación, limpieza e inspección, con todas las formas y controles.
Etapa 7.	Elaborar un manual de PM.
Etapa 8.	Ejecutar PM, limpieza y lubricación, como se planifico y programó
Etapa 9.	Verificar resultados y corregir, según corresponda.

Figura 12 Fases II del TPM

Fuente: Mora (2014)

En la segunda fase el equipo mantiene su alto rendimiento y disponibilidad, aquí elaboramos o estructuramos un plan de mantenimiento eficaz para para pieza del equipo donde se especifica actividades a ejecutar como Limpieza, inspección, revisión, entre otras tareas que involucren al operador y el departamento de mantenimiento con el objetivo de mantener el equipo.

Administración del Equipo Fase III Adquirir (comprar) nuevo equipo con un nivel de alto rendimiento y bajo costo de ciclo de vida	
Etapa 1.	Desarrollar especificaciones de ingeniería.
Etapa 2.	Obtener información de operarios, basados en la experiencia actual con los equipos
Etapa 3.	Obtener información de mantenimiento basada en la experiencia actual de con equipos.
Etapa 4.	Solucionar problemas antiguos.
Etapa 5.	Diseñar nueva tecnología.
Etapa 6.	Diseñar instrumentos de diagnostico.
Etapa 7.	Diseñar el mantenimiento (equipo sin mantenimiento).
Etapa 8.	Iniciar capacitación (operativa y de mantenimiento) en forma temprana.
Etapa 9.	Aceptar equipo sólo si cumple las especificaciones o las excede.

Figura 13 Fases III del TPM

Fuente: Mora (2014)

En la fase III del proceso de implementación del TPM se genera la información necesaria del equipo entre ellos las fallas, restricciones, limitaciones como sus posibles soluciones lo anterior con el fin de contribuir al mejoramiento continuo del diseño del equipo y de modo indirecto o directo, mejorando la rentabilidad a largo plazo.

6.4 RCM

El RCM es una técnica desarrollada como una metodología de gran trabajo cuando se desea una alta disponibilidad y confiabilidad de los equipos, buscando siempre la disminución de las actividades reactivas de mantenimiento, entre tanto aumentar las actividades de monitoreo y actividades preventivas, incluyendo o eliminando tareas que no le aporten valor al mantenimiento, de igual manera el RCM busca un aumento en la seguridad no solo de la máquina, sino también del personal operativo, puesto que si una maquina es confiable y segura el trabajador puede realizar sus tareas con la mejor disposición, de igual manera el RCM busca mejorar la calidad de los productos y el cuidado del medio ambiente, pero siempre buscando el mayor costo efectivo posible sin sacrificar ninguno de los aspectos anteriormente mencionados.

El RCM sirve para conformar la estructura de un plan maestro de mantenimiento, estableciendo la continuidad sobre los puntos más importantes del activo en cuestión tratado bajo esta técnica. En este plan maestro debe colocarse la tarea proactiva a realizar, como debe realizarla, la frecuencia con la que debe ser realizada, si se quiere ser más estrictos se busca determinar que herramientas necesita, el tiempo mínimo o máximo por tarea, el costo de los repuestos y mano de obra; cuando un equipo está fuera de parámetros operacionales óptimos que debe hacerse y como debe hacerse, todas estas tareas buscan evitar los excesos de mantenimientos proactivos, puesto que muchas piezas pueden ser usadas por

periodos más largos de tiempo de los que establece el fabricante si se realiza el correcto seguimiento y se dan las bases para poder llevar un RCM de acuerdo a las necesidades de los stakeholders.

No es una actividad desarrollada solo por gerencia o por un coordinador de mantenimiento, el RCM es una actividad conjunta en la que se implica al personal operativo el cual conoce su máquina, sabe que le duele o cuando no está trabajando de la manera correcta, puesto que en todo momento están en presencia de la misma, también se implica al personal de mantenimiento el cual por la experiencia o por el conocimiento, puede establecer las causas de algunas de las fallas, de igual manera el personal administrativo como ingenieros y jefes de área tienen que hacer parte de la creación de un plan maestro de mantenimiento bajo la técnica de RCM, puesto que al final de las tareas son ellos los que deciden cuando se pueden o no hacer algunas de las actividades debido a temas administrativos, logísticos, económicos o en algunos casos el conocimiento de los mismos; esta técnica se debe desarrollar de una manera interdisciplinaria, puesto que cada grupo tiene puntos de vistas distintos, un ejemplo de esto es el personal de mantenimiento y administrativo, mientras unos quieren hacer mantenimiento a todo momento para que la maquina no fallen, lo otros en cambio no quieren hacer ningún tipo de mantenimiento para que no afecte la parte económica y se pueda maximizar las ganancias.

Para poder generar los beneficios que trae esta técnica, se debe realizar una revisión sistemática de las funciones la máquina, para esto se debe determinar las funciones primarias y las funciones secundarias como lo dicen las normas JA1011 y JA1012, la primera norma hace referencia de la determinación de sistemas y subsistemas, al igual que el nivel jerárquico en el que se encuentran los distintos componentes del equipo, la segunda norma es la búsqueda de cobijar el RCM bajo una norma determinando funciones primarias y secundarias de un equipo, evitando realizar demasiada causa raíz hasta minucias que no aportan valor al programa de mantenimiento y solo entorpecen la labor.

Para lograr el aumento de disponibilidad de los equipos el RCM plantea una serie de preguntas con las cuales se evaluara las condiciones operacionales optimas de trabajo, que se considera falla o perdida de función, cuando un equipo está dentro del margen de trabajo adecuado y que afectación puede presentar no solo a las personas, sino también a al medio ambiente y seguridad industrial, de esta manera se establece un plan maestro de mantenimiento generando rutinas especificas con las cuales se busca tener una mayor disponibilidad de los equipos y poderse anteponer a la falla de los elementos críticos de cada equipo o sistema.

6.4.1 Que Logra El RCM

Al finalizar el RCM nos debe ofrecer una mayor seguridad al proceso como también en temas de seguridad en el trabajo e impactos ambientales, siendo estos unos elementos claves en el mantenimiento hoy en día, tratando siempre de no generar un fuerte impacto con las huellas de carbono que se pueden producir desde el área de mantenimiento asegurando así la conservación del planeta; además esta técnica debe aumentar la calidad en la producción, puesto que el área de mantenimiento debe verse como un generador de valor y no de costos como habitualmente es considerado en las empresas.

Con el RCM debemos medir el desempeño del mantenimiento, elegir solo aquellas actividades efectivas y centrar los esfuerzos en aquellas tareas que agregan valor al proceso, evitando que todo termine siendo urgente o crítico siendo así más efectivos en el mantenimiento.

Al realizar un mantenimiento debe evaluarse su costo y eficiencia, el RCM es una herramienta que al establecer prioridades ayuda a bajar los costos y aumentar la producción, pero no debe pecarse en no costear área de mantenimiento, puesto que a modo de ejemplo un generador en un complejo petrolero por un periodo de 2 años fue el más costo-eficiente posible por no gastar en mantenimientos. Dejar pasar por largos periodos los mantenimientos proactivos y no realizar las rutinas

de inspección necesarias por recortar costos, pero al cabo de esos dos años fue la máquina que más le costó a la empresa, porque en ese momento estaba cobrando todas las actividades que no se realizaron durante los 2 años anteriores y puede llegar a ser tanto el daño recibido por esa máquina que el costo total de ponerla a punto puede ser superior a los dividendos dejados en años anteriores. Debido al desgaste de manera excesiva de los elementos más costosos, como lo puede llegar a ser un cigüeñal, el bloque, la culata, los pistones o el generador, con el RCM se evita que estos elementos críticos ya sea por su impacto operacional o su costo, se vean afectados y se les pueda sacar el mayor provecho posible que es el fin por el que un bien de capital es adquirido.

Después de haber realizado e implementado la técnica de RCM, siempre quedan unas herramientas que posiblemente no se estaban buscando, un claro ejemplo de esto es que al comenzar y terminar de aplicar esta técnica es posible generar una base de datos global de la planta, de un grupo de máquinas o componentes, de los cuales posiblemente solo se tenía una idea general pero no objetiva y completa con los cuales diagnosticar de manera más eficiente una falla, poder reparar o generar una solución con la cual se pueda sortear la falla de manera costo-efectiva.

Otro regalo que deja la aplicación del RCM es el aumento en la motivación del personal de operación y mantenimiento, debido a que los operadores podrán realizar sus tareas de manera más eficiente, confiable y segura, mientras que el equipo de mantenimiento se dedicará a realizar más tareas proactivas, aumentan su conocimiento en la máquina y el proceso y sus diagnósticos serán más certeros y oportunos, de esta manera también se rompe esa brecha que siempre ha existido entre operación y mantenimiento, puesto que ambas partes entienden la necesidad de trabajar en equipo de manera multidisciplinaria.

6.4.2 Funciones:

El RCM provee un modo totalmente nuevo de definir los objetivos de mantenimiento de cualquier equipo y asegurarse de que este conserve un estado en el cual siga cumpliendo sus funciones siendo un método enfocado al requerimiento del usuario. Para definir los requerimientos del usuario se debe tener claro la importancia y funciones de cada equipo y además del seguimiento y avance de cada uno.

Por eso una de las preguntas esenciales para iniciar con el proceso del RCM es:

¿Cuáles son las funciones y los estándares de desempeño del equipo en su contexto operativo actual?

A partir de esta pregunta podemos obtener cómo se define el desempeño, los principales funciones de desempeño, las diversas categorías de las funciones y como se debe organizar.

Se debe realizar una descripción detallada de cada una de las funciones las funciones deben ser claras, entendible y de fácil comprensión.

El mantenimiento tiene como objetivo el cumplimiento las funciones de cada equipo, y, el grado en que se espera que un equipo de resultados, esto puede ser definido como un criterio mínimo de desempeño. Es decir, en el momento que un equipo sufra deterioro por el uso diario, a poner en marcha el bien presentado, debe ser capaz de mostrar un nivel rendimiento mínimo al esperado.

De esta forma se puede detectar que el desempeño de cada equipo está dividido de dos maneras:

- Desempeño deseado.
- Y el alcance que realmente se obtendrá con el equipo.

Para asegurar el desempeño mínimo deseado se debe asegurar que el equipo mantenga su capacidad inicial de rendimiento o de lo contrario restaurándolo para

alcanzar la capacidad inicial. Para considerar la reparación, se debe tener en cuenta:

- La capacidad inicial del equipo que está establecida por el diseño, material y la fabricación inicial.
- El mantenimiento solo restaurará el equipo, recuperando la capacidad inicial pero no la superará.

Si un equipo no logra alcanzar el desempeño esperado, el mantenimiento destinado para el equipo no logrará el cumplimiento de las expectativas, con esto se hace referencia a un equipo no favorable.

Por lo cual se hace necesario establecer unos criterios con límites de desempeño esperado y límites de capacidad que ayuden al control y mantener un margen de deterioro del equipo desde el punto de vista del mantenimiento.

6.4.3 7 Preguntas Básicas Del RCM

El RCM basa su finalidad en el proceso de poder resolver 7 preguntas las cuales son básicas para poder determinar las actividades necesarias de mantenimiento, de igual manera las frecuencias y el impacto que puede tener el realizarla o no sobre la máquina.

Estas preguntas son:

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?

Con esta primera pregunta se busca determinar que función cumple la máquina, el sistema, subsistema o componente, cual es el punto óptimo de trabajo y en cual punto se considera que se encuentra fuera de rango o tiene pérdida de

funcionalidad, se establecen los estándares con los cuales debe funcionar cada equipo, sistema o componente

2. ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?

La respuesta que se busca en este punto es que el grupo de mantenimiento y producción establezcan en que momento un equipo no está cumpliendo con la tarea para la cual fue diseñado o por la que fue adquirido, se establece cuáles son las cualidades de funcionamiento óptimo y en cuales se sale de este rango.

3. ¿Qué causa la falla funcional?

Es en este momento que se busca la razón por la cual el equipo no está cumpliendo de forma adecuada o total con su tarea respectiva, se determina que puede hacer que el equipo salga de su rango operacional y cuál es el orden de acontecimientos que generan la falla.

4. ¿Qué sucede cuando falla?

Se establece como falla el equipo, que indicadores muestra al fallar, se determina si afecta la operación global o solo parcial en un sistema de producción.

5. ¿Qué ocurre si falla?

Al momento de fallar el equipo, se busca mirar cómo afecta aquellos que están conectados o que dependen de este, si es un equipo en una producción en serie o paralelo, si se tiene un equipo en back up en caso de, si puede ser reemplazado con otro o no y su impacto económico.

6. ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?

Como se puede prevenir la falla, que actividades del área de mantenimiento pueden realizarse antes de que la falla ocurra, que cambios o mejoras contribuyen

o eliminan la aparición de la falla, todas las posibilidades que se puedan dar para evitar una falla

7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

En caso de no existir una tarea preventiva mínima para evitar una falla se debe mirar que otras opciones pueden resultar en la solución del problema, si una falla no se es contemplada o no existe una forma fácil de solucionar se puede intentar realizar mejoras al equipo, un rediseño o cambio de un sistema siempre mirando el costo beneficio que este traiga.

6.4.4 Herramientas Para Implementar el RCM

Como toda actividad que se implemente o se desarrolle, esta debe tener unas herramientas o ayudas las cuales permitan dar una mayor agilidad a la solución de un problema, entre estas encontramos:

- FMEA (Por sus siglas en inglés Failure Mode and Effect Analysis = Análisis de modos y efectos de falla)
- RCA (Root Cause Analysis = Análisis de causa raíz)
- Porque Porque
- CBM

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

Esta herramienta es un grupo sistematizado de actividades que buscan reconocer y evaluar fallas potenciales y sus efectos en un producto, maquina o proceso, de igual manera busca identificar las actividades proactivas que reduzcan o eliminen las probabilidades de falla, todos los análisis se documentan con el ánimo de tener una guía en caso de una guía de mantenimiento o de no saber cuál es la razón

por la que el equipo está mostrando ciertos síntomas al perder algún tipo de función.

Modo de Falla:

Es la forma en que un proceso o producto puede fallar y de esta manera incumplir con ciertas especificaciones de trabajo, normalmente asociado a un defecto.

Efecto de Falla:

Es aquel impacto que tiene el modo de falla sobre el proceso y en últimas la compañía.

Cuando iniciar un FMEA

Un FMEA debe ser diseñado en el momento en que la empresa diseña sistemas, productos o procesos nuevos, cuando uno de estos ha de ser cambiado por razones de seguridad industrial, ambiental o de calidad, o si ha ocurrido una falla desconocida y se ha podido dar solución a esta, con el fin de evitar que vuelva a ocurrir y no se sepa la razón del porqué.

Para poder desarrollar un FMEA, se debe primero determinar un grupo multidisciplinario el cual sea integrado no solo por el área de mantenimiento, este debe tener personal del área de operación, del área de diseño, de calidad y de ser necesario personal de compras y terceros especialistas en el producto o proceso, con el fin de poder establecer de manera correcta los modos y efectos de falla de una máquina, puesto que el operador y área de producción son aquellos que en todo momento interactúan con la máquina, por eso son los primeros en sentir que le ocurre a la máquina, luego se encuentra el área de mantenimiento que son

aquellos con los conocimientos y técnicas necesarias para poder diagnosticar una falla y dar solución a la misma, otros agentes como lo son diseño, calidad compras y terceros son importantes puesto que dependiendo de la misión, visión y objetivos estratégicos de la empresa el fin último de la empresa cambia.

Las entradas y salidas de la planta, máquina, sistema o componente deben ser identificadas con el ánimo de poder ingresar correctamente en la matriz del RCM los valores óptimos de trabajo, de esta manera se pueden evaluar las entradas y características de la función requerida para producir la salida, evaluar la interfaz entre las funciones para verificar que todos los posibles efectos sean analizados sin entrar en minucias que no aportan al propósito del RCM,

Es común utilizar en la realización de un FMEA unos rangos de severidad para poder determinar en la matriz riesgo cualitativo, en la que se ha de evaluar la probabilidad de ocurrencia de una falla vs la consecuencia de esta misma, de manera se puede optimizar las inspecciones y tener en cuenta aquellos equipos que por el nivel de ocurrencia, impacto económico, salud, seguridad y medio ambiente puedan afectar en mayor o menor medida la rigurosidad de los mantenimientos.

Teniendo todos los puntos anteriores formados, podemos empezar a construir nuestro FMEA para desarrollar nuestro plan maestro de mantenimiento bajo la técnica de RCM.

6.4.5 RBI

El RBI por sus siglas en inglés que significan Inspección Basada en el Riesgo (Risk Based Inspection), es un proceso de mantenimiento muy comúnmente usado en equipo estacionario como las tuberías, intercambiadores de calor, calderas y recipientes a presión de la industria del aceite y Gas, examinando todo el sistema de seguridad, salud y medio ambiente (HSE Health, Safety and

Enviroment), el riesgo del activo y la ocurrencia de la falla, con el ánimo de ponderar en la matriz de riesgo cualitativo la probabilidad de falla vs las consecuencias para la organización.

Se establece una matriz para elemento como se muestra en la figura 14.

Figura 14 Tabla Matriz RBI

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD					
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrofico	5					
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M - 10M	Nacional	Critico	4					
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M- 1M	Regional	Marginal	3					
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M- .05M	Local	Insignificante	2					
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ninguno	Ninguno	1					
						Anual o más	Mensual	Quincenal	Semanal	diario
						1	3	4	5	6
						1-6	Bueno			
						6-12	Aceptable			
						12-30	Intolerable			

Fuente Autores

La priorización es importante al momento de realizar RBI, puesto que si todo fuese importante no habría cabida de seleccionar aquellas tareas o inspecciones con las cuales poder determinar si el equipo está trabajando en un mínimo aceptable por la compañía, de esta forma se establecen aquellas tareas que si aportan valor a la organización a la hora de hacer inspecciones o mantenimientos.

El mayor objetivo del RBI es seleccionar aquellos mantenimientos e inspecciones que le generen valor a la organización, pero sin descuidar aquellos aspectos como lo son la seguridad y medio ambiente, este punto lo toma Moubray y lo hace suyo para la realización y ejecución del RCM en su matriz de decisión para cada modo de falla.

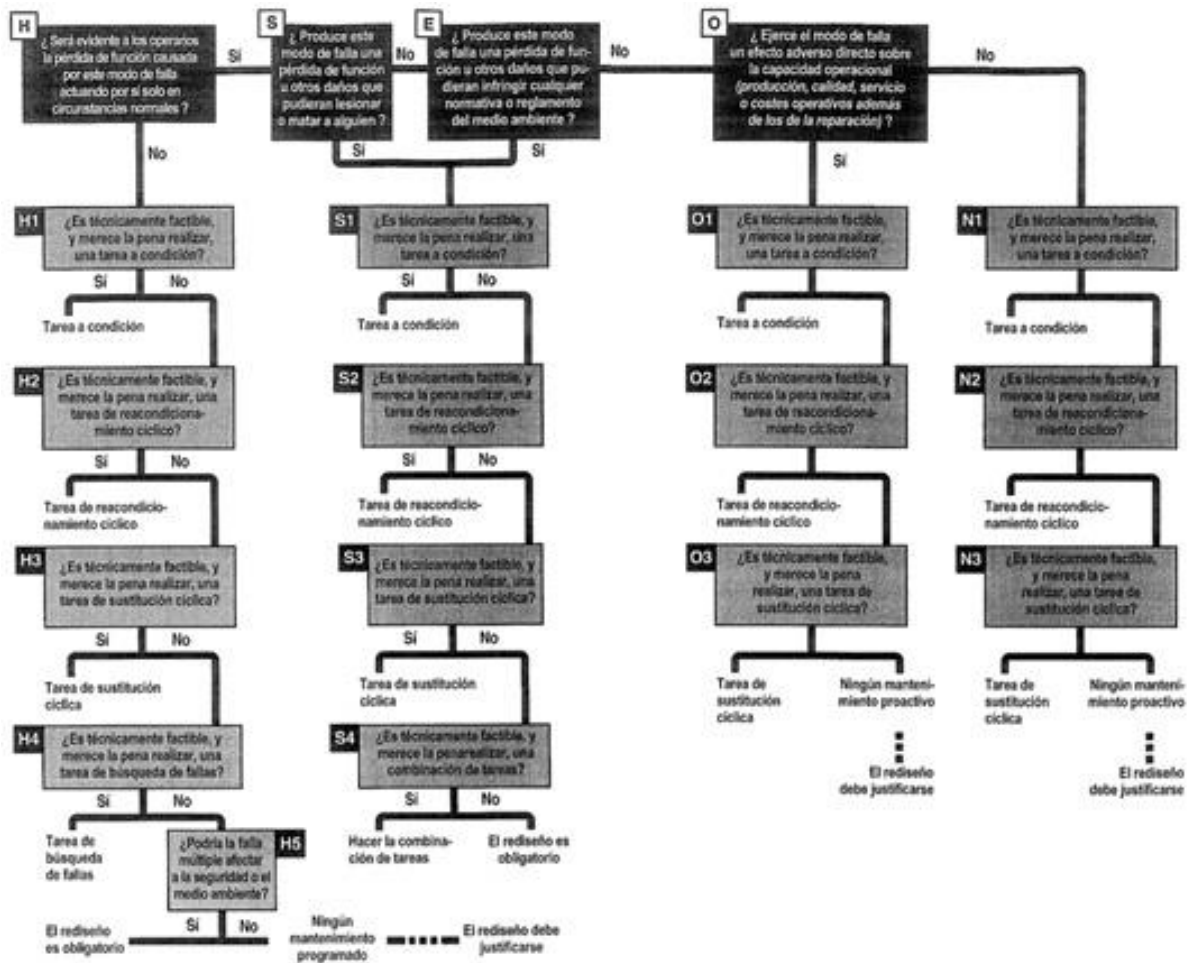
Esquema de decisión de RCM planteado por John Moubray

Es un diagrama que plantea John Moubray (ver figura 15) en el que involucra 4 ítems importantes para la toma de decisiones y selección de tareas, estos ítems son Medio Ambiente, Humano, Económico y un cuarto que es la Imagen de la

compañía, bajo estos 4 ítems se puede evaluar que tan fuerte debe ser la rigurosidad con la que se deben efectuar los mantenimientos.

En las empresas de nivel mundial estos 4 elementos son muy importantes, una demanda por daños al medio ambiente, la muerte de una persona, la destrucción de una maquina vital o el dejar una mala imagen pueden destruir una compañía, por esta razón es necesario tomar medidas para evitar que cualquiera de estos 4 elementos nos afecte.

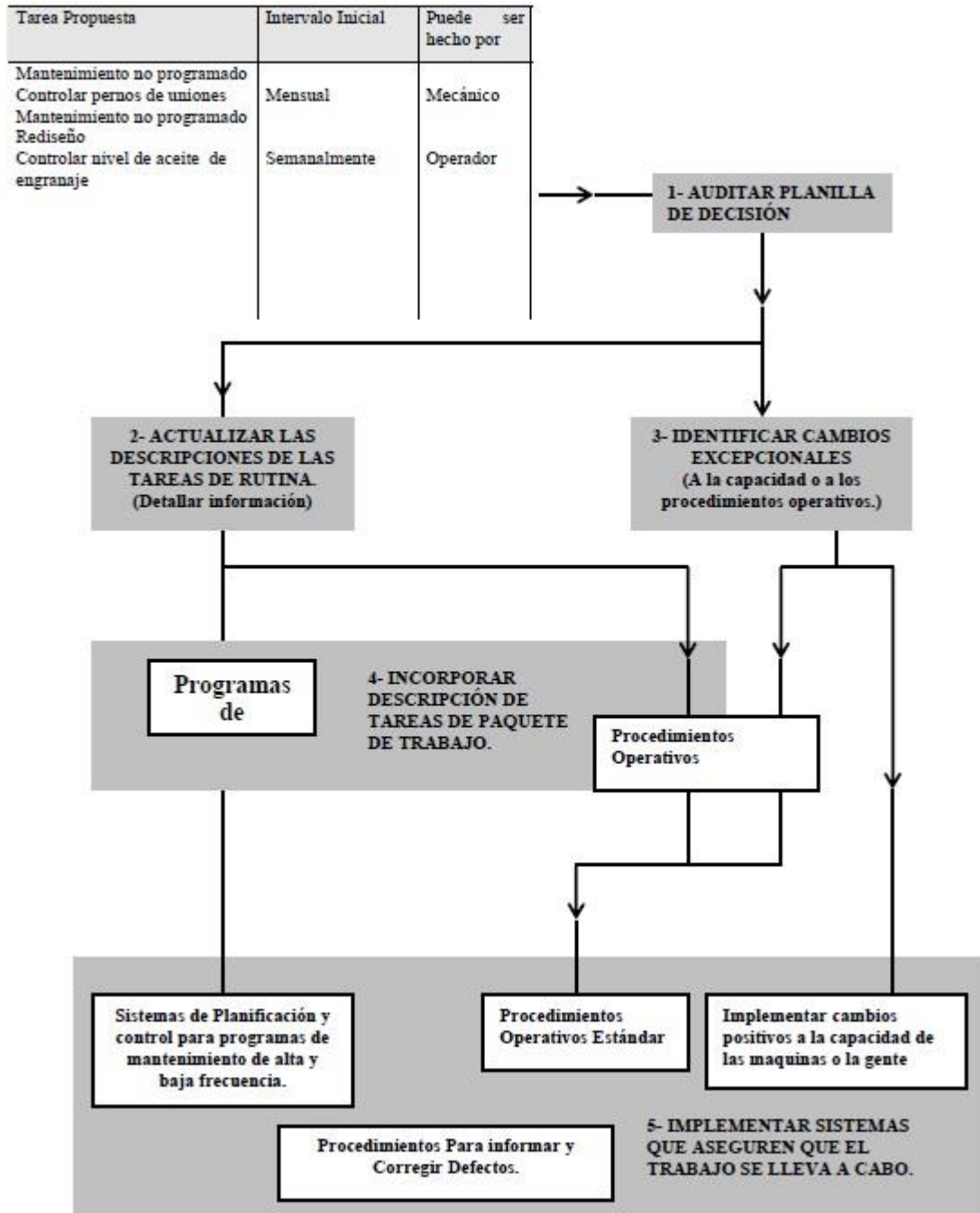
Figura 15 Esquema de decisión RCM



Fuente: (Moubray, 2004)

6.4.6 Pasos Claves para la Implementación del RCM

Figura 16 Pasos Claves para la Implementación del RCM



Fuente: (Moubray, 2004)

7. DISEÑO Y PROPUESTA PARA IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de la implementación del RCM se debe nombrar un Director del Proyecto y un líder del proceso que sea involucrados durante el desarrollo y aplicación del RCM, estas personas deben conocer en detalle primeramente el desarrollo y proceso de aplicación del RCM y así mismo la operación y funcionamiento de la Planta de Asfalto que se está estudiando.

Las personas que participan en el proceso de la implementación del RCM ganan gran conocimiento sobre las funciones del equipo y sus respectivas fallas; Esto conlleva a que el personal que se involucra con el equipo tenga acciones de mejora especialmente el operador y el personal de mantenimiento.

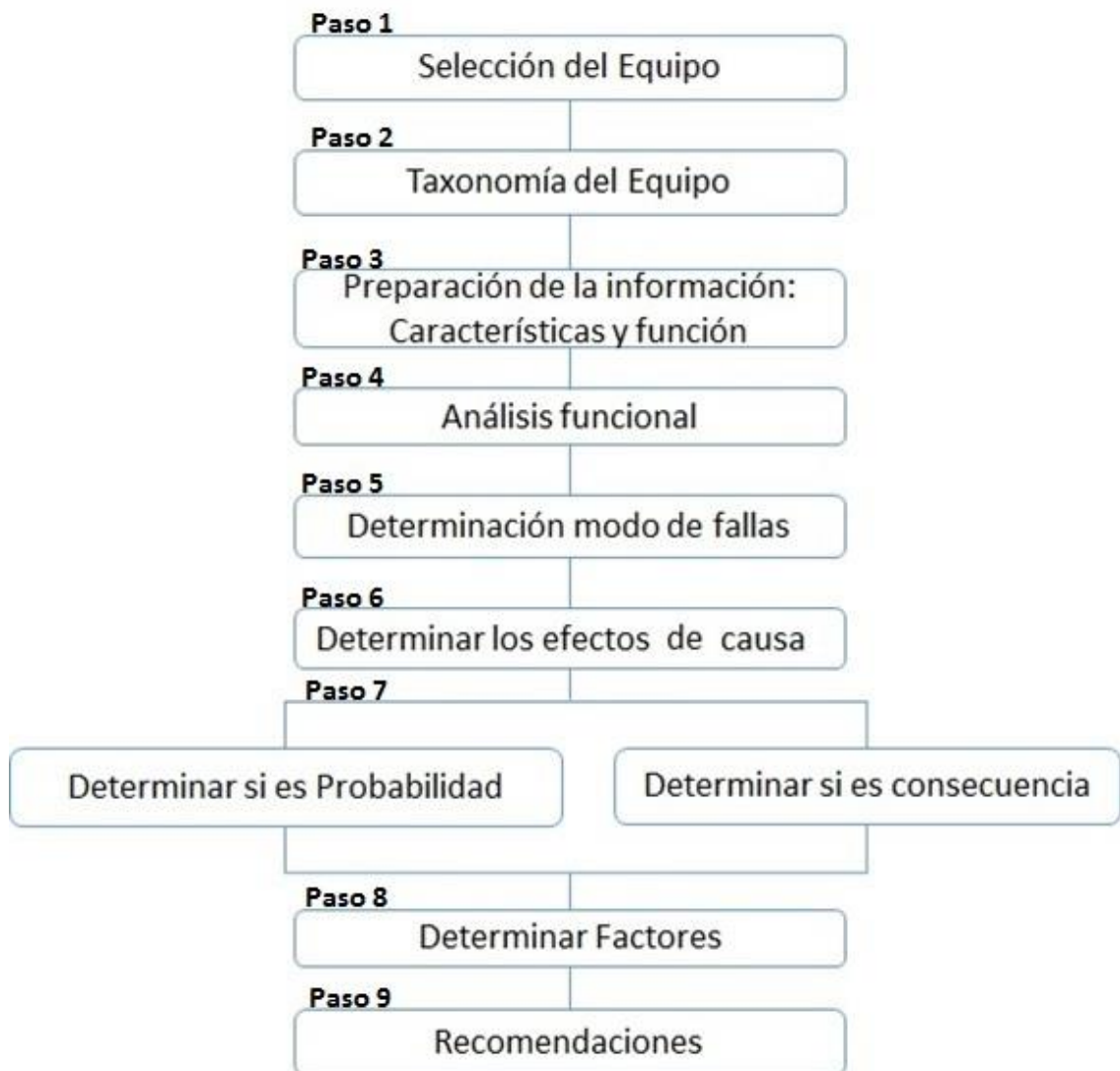
Para lograr un mayor provecho en este proceso de la implementación se deben tener en cuenta unos pasos que nos garanticen:

- Todas las sugerencias y recomendaciones realizadas tengas un visto bueno de aprobación por la gerencia, con el objetivo que todas las áreas no pasen por imprevisto.
- Es necesario que todas las actividades de rutina estén detalladas de una forma clara, breve y de fácil comprensión.
- Todas las acciones que requieren cambio sean identificadas e implementadas correctamente por el personal adecuado y capacitado.
- Los cambios en las actividades de rutina y en los procedimientos de operación que sean involucrados en el trabajo diario.
- Asegurar que la implementación del RCM se lleve a cabo por personal adecuado asegurando que se enfrenara con prontitud ante cualquier falla.
- Mantener en constante retroalimentación para crear acciones de mejora.

Para el desarrollo de este documento se tomó en cuenta las técnicas y herramientas propias del RCM, tales como las fallas funcionales, análisis modo de

fallas y los efectos que causan cuando falla, entre otros. Así mismo para realizar el diseño del RCM se identificaron unos pasos a seguir que a continuación se muestran en la Figura:

Figura 17 Pasos para el Diseño del RCM



Fuente: Autores

Paso 1. Selección del Equipo:

Partiendo de la problemática hemos seleccionado la planta de Asfalto con el propósito de diseñar un plan basado en las técnicas del RCM con el fin de mejorar la operación, rendimiento, capacidad y mantenibilidad de la Planta de Asfalto. En la figura 17 se muestra las condiciones actuales de la Planta.

Figura 18 Pasos para el Diseño del RCM



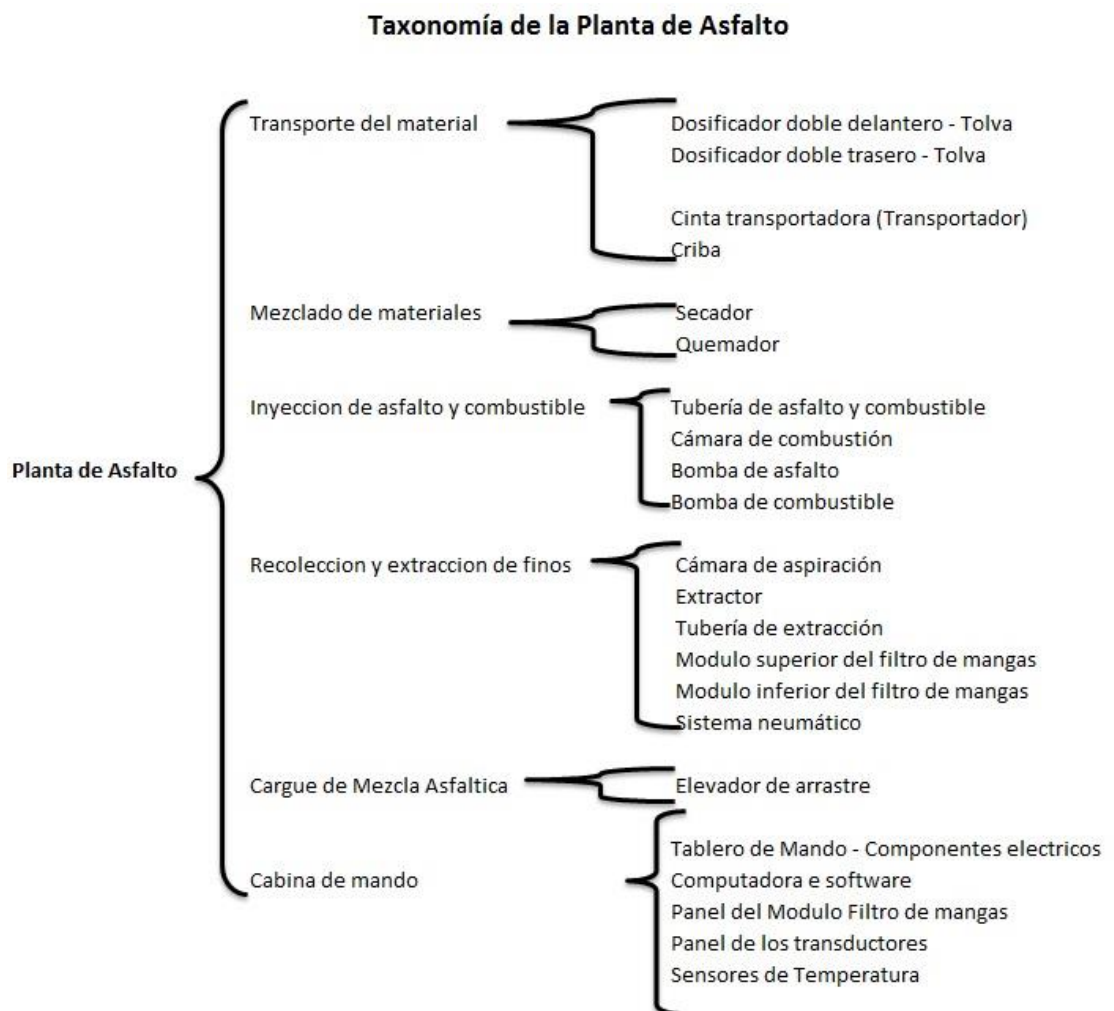
Fuente: Autores

En la actualidad la Planta de Asfalto cuenta con un mantenimiento preventivo básico, este mantenimiento se diseñó para ser realizado cada 80 horas trabajadas del equipo y consta de inspección, revisión, verificación, lubricación y limpieza; esta ruta diseñada por el área de planeación no se ejecuta en su totalidad por disponibilidad del equipo y seguimiento al cumplimiento. Con este diseño estamos garantizando en la actualidad el 57% de la disponibilidad y un rendimiento en la producción de 80t/h, trayendo como consecuencia sobre costo en la operación y baja confiabilidad en el equipo.

Para tener una disponibilidad deseada de la Planta de Asfalto es necesario que su operación mensual sea de 384 horas trabajadas y su rendimiento en la producción sea de 140t/h siendo esta la capacidad máxima y para el cual fue diseñado el equipo, así mismo contar con una disponibilidad mensual como mínimo de un 95% indicador establecido por la Gerencia. Para cumplir con estos requisitos es necesario realizar un diseño de mantenimiento más detallado y estudiado conocer más a fondo el equipo en cuestión y establecer rutinas preventivas y establecer plan de acción en el momento que falle el equipo.




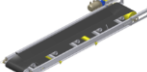
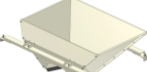

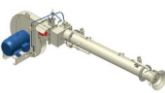

Paso. 2 Taxonomía: Con el estudio del manual del equipo y con la ayuda del Director de Equipos de Conalvias, se logró determinar e identificar los sistemas, subsistemas (ver Figura 18) y componentes que comprenden la Planta de Asfalto.



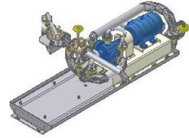

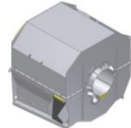
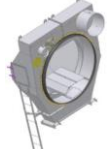


Figura 19
Taxonomía
Planta de Asfalto


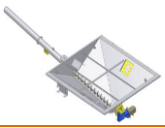







Fuente: Autores

Paso 3. Preparación de la información: una vez diferenciado cada sistema, subsistema y componente de la Planta, se establecieron códigos para su identificación y a cada componente se describieron las características técnicas, capacidad condiciones operacionales, ambientales, las fronteras y conexiones de los componentes y sistemas, entradas y salidas así mismo se detalló la función del componente en estudio.

Cód Fun.	ELEMENTO DE ESTUDIO	FUNCIONES	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO
DOS-01	Dosificador doble delantero y trasero - Tolva 	Alimentar los transportadores de los diferentes Materiales para dar inicio a la producción	Capacidad individual de los dosificadores: 7 Apertura superiores de los silos 3,8 m Rampa de sólo 1,5 m de altura Construidos de acero AR 400 (opcional)
DOS-02		Alimentar los transportadores de los diferentes Materiales para dar inicio a la producción	Capacidad individual de los dosificadores: 7 Apertura superiores de los silos 3,8 m Rampa de sólo 1,5 m de altura Construidos de acero AR 400 (opcional)
VIB-DOS-01	Vibrador para el dosificador 	Desprendimiento del material humedo de las tolvas	220 a 440 V Revolución 800 y 1000 rpm
CINTA TRANS-01	Cinta transportadora (banda) 	Transportar el material de la tolva al secador	80cm ancho X 350cm Cap. Produccion 60m3 x hora
CRIBA-01	Criba 	Eliminar el material con sobre tamaño	Construidas de acero USI AR 400 Calibre de 1/8 a 1"
SEC-01	Secador 	Este tambor cuenta con unas paletas internas que le permite agitar el material de tal forma que puedan eliminar todo tipo de humedad	Dimensiones: 2,2 m en la sección mayor 1,8 m Aletas construidas de acero USI AR 400 La perfecta distribución de las diferentes aletas
QD-01	Quemador 	Producir una llama cuya función es secar el material agregado para que pueda adherirse al asfalto líquido	Potencia térmica (Kcal/h) 12.000.000 Quemador CF 04
ELEV-01	Elevador de arrastre 	El elevador impulsado por un sistema interno que contiene motor-reductores, paletas y cadenas; recibe la mezcla caliente y la arrastra hasta la tolva donde se produce el descargue.	Tipo "Drag Mixer"; con aletas con trépanos a Silo de almacenaje de mezcla de 1 m3; Laterales construidos de acero AR 400

TUB-ASF 01	<p>Tubería de asfalto</p> 	Conducir el asfalto de los tanques de almacenamiento hasta el secador manteniendo la temperatura del asfalto de 160° a 180°	<p>Tubería galvanizada esquadul 40 de 2 1/5"</p> <p>Resistencia temperatura 200°</p> <p>Tubería con rebestimiento 3"</p>
TUB-COMB 02	<p>Tubería de combustible</p> 	Conducir el combustible de los tanques de almacenamiento hasta el quemador	<p>Presión 60 a 80 Psi</p> <p>Tubería galvanizada esquadul 40 de 3/4"</p>
ASF PUMP - 01	<p>Bomba de asfalto</p> 	Succionar el asfalto del punto de almacenamiento al punto de mezclado.	<p>100 gl/min</p> <p>Tipo gerotor baja presión</p> <p>Cap. 1200RPM</p> <p>60 psi y máximo 120 psi</p> <p>Presión entre 60 y 120</p> <p>Hasta 200° temperatura</p> <p>220 a 440V</p>
COMB PUMP - 01	<p>Bomba de combustible</p> 	Succionar el Combustible del punto de almacenamiento al punto de combustión.	<p>12 gl/min</p> <p>Tipo gerotor alta presión</p> <p>Cap. 1800RPM</p> <p>500 psi y máximo 800 psi</p> <p>Hasta 60° temperatura</p>
COMB CHAM - 01	<p>Cámara de combustión</p> 	Es el alojamiento donde se quema el combustible y se encarga de distribuir el calor al tambor secador.	<p>Ignición por chispa</p> <p>Combustible Atomizado</p> <p>Potencia térmica de 12,000,000 Kcal/h</p> <p>Quema Diesel, aceite pesado o etanol</p> <p>Función de cámara de video para observar la combustión</p> <p>Quemar 140 ton/h</p> <p>Temperatura entre 250° y 300°</p>
ASP CHAM- 01	<p>Cámara de aspiración</p> 	Genera la turbulencia para separación de fino por fuerzas centrífugas	<p>Succión por esta</p> <p>3600 RPM del estator</p>
EXTRA-01	<p>Extractor</p> 	Succionar el aire del medio ambiente, con el fin de generar la turbulencia caliente para calentamiento de la cámara.	<p>Cónico de aletas con diámetro 150</p> <p>3600 RPM</p>
EXTRA TUB- 01	<p>Tubería de extracción</p> 	Conducir los gases y material particulado de la cámara de aspiración hacia el extractor.	<p>Tubería acero al carbono HR 24"</p> <p>Resistencia temperatura 60° a 80°</p>

FILT SUP-01	<p>Modulo superior de filtro de mangas</p> 	Retener las micro partículas que se generan por la contaminación de la polución, producidas por la succión que se realiza después de hacer el ciclo de combustión así mismo evita expulsarla al medio ambiente y el exceso de gases carbónico.	<p>Emisiones de particulas inferiores a 50 mg /</p> <p>400 Filtros tipo mangas</p> <p>Poliéster lisas- convencionales (std) - Nome</p> <p>Compuesto por sistema autotommatizado con</p>
FILT INF-01	<p>Modulo inferior de filtro de mangas</p> 	Almacenar, terirar y descarga la polucion a un recipiente humedo para evitar que haya decantacion de minerales.	<p>Capacidad individual de la tolva: 1 m3</p>
NUEMAT SYS -01	<p>Sistema neumático</p> 	Proporcionan el aire que debe ingresar en el quemador para generar la combustión así mismo trabaja como transmisor de energía para el sistema de actuadores como los cilindros neumáticos, electroválvulas de limpieza, derivación de su requerimiento	<p>Cap. 120 libras</p> <p>Consta de 3 compresores con presion consta</p> <p>Compresores de 5 etapas</p> <p>Corriente 220 a 440V</p>
PANEL CTRL 01	<p>Tablero de Mando - Componentes eléctricos</p> 	Control automático del proceso; Control de todos los motores y dispositivos vía supervisión; Supervisión de las temperaturas de los gases, filtro, aglomerante y mezcla a través de sensores de temperatura: gases, filtro, aglomerante y mezcla; control sobre vibradores; Control del quemador: modulación de llama vía PLC; Control automático de los rectificadores de	<p>Corriente 110V a 220V</p> <p>Alarma / sirena 110VAC</p> <p>Botón conmutador knob corto acz290</p> <p>Totalizador de horas 110V</p> <p>Bloque de contactos E-111</p>
COMP-01	<p>Computadora</p> 	Control y manipulacion automatica de la Planta de Asfalto.	<p>Monitor LCD de 17"</p> <p>Software Windows XP</p> <p>Software elipse runtime MMI 32BIT</p> <p>Estabilizador</p> <p>Disco óptico de la recuperación</p> <p>Placa de vídeo</p>
PANEL MOD FIL - 01	<p>Panel del Modulo Filtro de mangas</p> 	Control automático de las temperaturas del filtro de, Baja velocidad ascensional; garantiza la limpieza eficiente de las mangas gases con interbloqueo al quemador de la planta; Minimización de recirculaciones y puntos de altas velocidades.	<p>Secuenciador USA-300-30/120V-0/1s</p> <p>Disyuntor K32A 2P C6</p> <p>Transf. de corriente 200VA 50Hz</p> <p>Antivibración 40x30x3/8"UNC</p> <p>Bloque de contactos 0NA+4NF LAD-N04</p> <p>Bloque de contactos 0NA+2NF LAD-8N02</p> <p>Conector pas. ST2,5</p>
PANEL TRANS - 01	<p>Panel de los transductores</p> 	Controlar la entrada y salida de la energía de los reductores con el fin de mantener la velocidad requerida en la alimentación del secador.	<p>Convertidor celda de carga LC420SG-035</p> <p>Conector 2,5mm2 WDU/2.5</p> <p>Módulo 0-10V/0-20MAX</p>
S-TEM	<p>Sensores de Temperatura</p> 	Medir la temperatura del asfalto garantizando la presion de forma fiable en un rango de 160 a 180 °C	<p>Termorresistencia PT-100-HASTE100</p>

Paso 4 y 5. Análisis Funcional y determinación Modos de Falla: Una vez determinadas las funciones de cada componente se procedió a realizar un análisis funcional de los componentes, así mismo se determinó los modos de falla y que puede ocasionar las fallas, para esta labor se utilizó la mayoría de las 7 preguntas básicas del RCM que a continuación relacionamos:

1. Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el equipo con el contexto operacional.
2. En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en la operación.
3. Que causa la falla operacional.
4. Que sucede cuando falla
5. Que ocurre cuando falla.

Realizando estas preguntas se determinaron cuáles son los modos y efectos de fallas los cuales se detallaron con el fin de identificar las funciones, fallas funcionales, modos de falla, y efectos de falla con el objetivo de mejorar el rendimiento, la seguridad y así mismo mejorar la eficiencia del equipo.

Para dar respuesta a estas preguntas es necesario contar con personal técnico y a su vez conozca las funciones de cada sistema subsistemas y componente de la Planta con el fin de dar evolución y desarrollo al programa, esta persona debe tener pleno conocimiento de la operación, para este caso el apoyo se realizó con el Director de Equipos de Conalvias.

A continuación se relaciona la información recolectada para cada sistema y componente:

Cód. Func.	Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos
DOS-01-01	Alimentar los transportadores de los diferentes Materiales. Para dar inicio a la producción.	Rotura de las tolvas	Rotura por abrasión del material cuando se esta descargado	Dispersión no adecuada y obstrucción del material en el transportador.
		Daño en el vibrador	lubricación inadecuada	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desalineamiento	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Sobrecarga	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
DOS-02-01	Alimentar los transportadores de los diferentes Materiales. Para dar inicio a la producción.	Rotura de las tolvas	Rotura por abrasión del material cuando se esta descargado	Dispersión no adecuada y obstrucción del material en el transportador.
		Daño en el vibrador	lubricación inadecuada	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desalineamiento	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Sobrecarga	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
VIB-DOS-01	Desprendimiento del material húmedo de las tolvas.	Daño en rodamientos	Desgaste causado por partículas abrasivas	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desgaste provocado por las vibraciones	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
		Daños en el motor eléctrico.	Deterioro en el sistema de aislamiento.	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Sobrecargas	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Vibración	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desalineamiento	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
TR-01	Transportar el material de la tolva al secador.	Daños por banda	Rotura por desgaste y/o corte por el material trasportado	Parada del transportador y la producción
		Daños por motoreductor	Deterioro en el sistema de aislamiento.	Parada del transportador y la producción
			Sobrecargas	Parada del transportador y la producción
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Parada del transportador y la producción
			Desalineamiento	Parada del transportador y la producción
		Daños en rodillos guías	Desgaste en los rodamiento	Perdida de eficiencia en el transporte del material o daño de la banda transportadora
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Perdida de eficiencia en el transporte del material o daño de la banda transportadora
			Desgaste por uso	Perdida de eficiencia en el transporte del material o daño de la banda transportadora
		Desalineación en la estructura	Golpe causado por un equipo exterior	Perdida de eficiencia en el transporte del material o daño de la banda transportadora
		Daño en rodamientos	Desgaste causado por partículas abrasivas	Parada del transportador
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Parada del transportador
			Desgaste provocado por las vibraciones	Parada del transportador

CR-01	Eliminar el material con sobre tamaño.	Rotura de las tolvas	Rotura por abrasión por el material cuando se esta descargado	
		Daño en el vibrador	Falla por lubricación	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Desalineamiento	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
			Sobrecargas	Freno y daño en el vibrador; No fluido del material de las tolvas
		Daño en la malla de filtrado.	Rotura por abrasión del material cuando se esta filtrando	Ingreso del material no adecuado
SEC-01	Este tambor cuenta con unas paletas internas que le permite agitar el material de tal forma que puedan eliminar todo tipo de humedad.	Desgaste en las paletas	Disminución en el tamaño de las paletas por abrasión por el material cuando se esta mezclando	Baja eficiencia en el mezclado y secado del material
		Daño en el tambor causado por abrasión del material	Rotura por abrasión por el material cuando se esta mezclando	Baja eficiencia en el mezclado y secado del material
		Desgaste en la cinta de estancamiento	Freno en el tambor	Parada del tambor secador y a su vez parada de la producción
		Daños en el motoreductor	Deterioro en el sistema de aislamiento.	Falla en el motoreductor y a su vez parada del tambor secador y parada de la producción
			Sobrecargas	Falla en el motoreductor y a su vez parada del tambor secador y parada de la producción
			Desgaste en rodamiento provocado por una lubricación inadecuada	Falla en el motoreductor y a su vez parada del tambor secador y parada de la producción
Desalineamiento	Falla en el motoreductor y a su vez parada del tambor secador y parada de la producción			
QD-01	Producir una llama cuya función es secar el material agregado para que pueda adherirse al asfalto líquido.	Baja presión del combustible	Combustible contaminado	
			Daño en la bomba de combustible	
		Baja chispa de ignición	Obstrucción en el filtro de combustible	
			Desgaste en la boquilla	
ELEV-01	El elevador impulsado por un sistema interno que contiene motor-reductores, paletas y cadenas; recibe la mezcla caliente y la arrastra hasta la tolva donde se produce el descargue.	Disminución en el flujo de material en el momento del descargue	Obstrucción en la boquilla	
			Desgaste de paletas causado por la abrasión cuando el material se esta transportando al silo de descargue	Baja eficiencia en el momento de descargue del material
			Desgaste de cadenas causado por la fuerza ejercida y la abrasión cuando el material se esta transportando al silo de descargue	Baja eficiencia en el momento de descargue del material
			Desgaste de Piñones causado por la fuerza ejercida y la abrasión cuando el material se esta transportando al silo de descargue	Baja eficiencia en el momento de descargue del material
			Desgaste en la cadena de trasmisión causado por la fuerza ejercida y la abrasión cuando el material se esta transportando al silo de descargue	Baja eficiencia en el momento de descargue del material
		Daños por motoreductor	Deterioro en el sistema de aislamiento.	Falla en el motoreductor
			Sobrecargas	Daño en el motoreductor ocasionando la parada del sistema de descargue
			Desgaste provocado por una lubricación inadecuada	Daño en el motoreductor ocasionando la parada del sistema de descargue
			Desalineamiento	Daño en el motoreductor ocasionando la parada del sistema de descargue
		Placas de blindaje del elevador.	Rotura de Placas causado por la abrasión cuando se traslada el material a una temperatura de 200° para el descargue	Baja eficiencia en el momento de descargue del material

TUB-ASF 01	Sistema de tuberías por el que se transporta el asfalto y combustible para realizar la mezcla y quema de material granulado	Baja presión del combustible	Taponamiento de tubería	Se genera capa de material sobre la tubería
			Fuga en la tubería	Rotura o desgaste de sellos y uniones del sistema
		Baja presión de asfalto	Taponamiento de tubería	Se genera capa de material sobre la tubería
			Fuga en la tubería	Rotura o desgaste de sellos y uniones del sistema
		Vibración y ruido de la tubería	Cavitación	Se generan burbujas en el sistema
			Fuga en la tubería	Baja eficiencia en la inyección de asfalto y/o combustible
			Sobrepresión en la tubería	Daño en boquillas del quemador y desperdicio de material
Alta temperatura en la tubería	Desgaste excesivo del impeler de las bombas	Debilitamiento y rotura de la tubería		
ASF PUMP - 01	Bombear el asfalto a un caudal de 110m ³ /h, @3600, sin presentar fallas por cavitación, presión, temperatura	No se bombea asfalto	Motor eléctrico aterrizado	No llega asfalto para realizar la mezcla
			Voltaje incorrecto en motor eléctrico	Motor en corto y/o quema de rotor y estator
			Desconexión eléctrica de motor	no llega voltaje para activar la bomba
			Bomba no fue cebada	No se realiza la correcta succión de asfalto
			Altura de succión excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
		Baja presión	Altura de succión excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
			Viscosidad excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
			Impeler con desgaste excesivo	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
		Pérdida de cebado	Fuga en la tubería	La tubería y/o la bomba no mantienen el fluido en su interior
			Anillo de desgaste acabado	La tubería y/o la bomba no mantienen el fluido en su interior
		Bomba presenta ruido excesivo	Cavitación	Se generan burbujas en el sistema
			Recalentamiento de las partes de la bomba	Desgaste en materiales generando falla al momento de bombear
COMB PUMP - 01	Bombear el asfalto a un caudal de 100gal/h, @3600, sin presentar fallas por cavitación, presión, temperatura	No se bombea combustible	Motor eléctrico aterrizado	No llega combustible para accionar el quemador
			Voltaje incorrecto en motor eléctrico	Motor en corto y/o quema de rotor y estator
			Desconexión eléctrica de motor	No llega voltaje para activar la bomba
			Bomba no fue cebada	No se realiza la correcta succión de combustible
			Altura de succión excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de combustible
		Baja presión	Altura de succión excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
			Viscosidad excesiva	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
			Impeler con desgaste excesivo	La bomba no tiene la fuerza para realizar el levantamiento de asfalto
		Pérdida de cebado	Fuga en la tubería	La tubería y/o la bomba no mantienen el fluido en su interior
			Anillo de desgaste acabado	La tubería y/o la bomba no mantienen el fluido en su interior
		Bomba presenta ruido excesivo	Cavitación	Se generan burbujas en el sistema
			Recalentamiento de las partes de la bomba	Desgaste en materiales generando falla al momento de bombear

COMB CHAM - 01	Realizar el secado del material con una potencia termica de 12,000,000 Kcal/h	No se enciende la llama	No se genera chispa de encendido	Bujias en corto, sulfatación, quemadas y desgastadas impiden el encendido de la maquina
			Combustible insuficiente	No llega la cantidad necesaria impidiendo el encendido del equipo
			Inyectores taponados	No se suministra combustible por las boquillas
		Potencia termica por debajo de los 12,000,000 Kcal/h	Combustible insuficiente	No llega la cantidad necesaria impidiendo el buen funcionamiento del equipo
			Desgaste excesivo de las bujias	La chispa no es la correcta o no esta en el tiempo correcto para mantener la llama
			Daño estructural de la camara de combustión	Se generan grietas por donde se generan escapes de temperatura
ASP CHAM-01	Separar el material fino y conducirlo a los filtros de manga	No aspira los materiales finos	Taponamiento de filtro de mangas	Se genera una contaminación del material a secar
			Daño en sistema neumatico	Se genera una contaminación del material a secar
EXTRA-01	Absorber particulas finas y gases de la combustión del proceso de secado, enviandolas al filtro de mangas	No aspira los materiales finos y deja libre los gases de combustión	Taponamiento de filtro de mangas	Se genera una contaminación del material a secar y los gases se liberan en el ambiente
			Rotor de extractor roto	Se genera una contaminación del material a secar y los gases se liberan en el ambiente
			Aspas de ventilador con desgaste excesivo	Se genera una contaminación del material a secar y los gases se liberan en el ambiente
EXTRA TUB-01	Transporta el material fino y gases de la combustión hacia el filtro de mangas	No llegan el material fino y gases de la combustión al filtro de mangas	Grieta en tuberia	Se genera un escape de material al medio ambiente produciendo contaminación
			Taponamiento de la tuberia	El material no tiene por donde pasar por lo que se acumula y genera ineficiencia termica y contaminación
FILT SUP-01	Filtrar el material fino y los gases de combustión con emisión de particulas inferiores a 50 mg/Nm3	Se encuentra emisiones mayores a 50 mg/Nm3	Filtros cortados o agrietados	Contaminación del material y del medio ambiente
			Base de filtros con fisuras	Contaminación del material y del medio ambiente
			Incorrecta instalación de filtros de mangas	Contaminación del material y del medio ambiente
		No se filtra el material fino	Taponamiento de filtro de mangas	Ineficiencia de producción asfáltica
FILT INF-01	Soporta el material fino filtrado para inyectarlo al sistema	No soporta el material filtrado	Grieta en el modulo inferior	Escape y contaminación de material particulado
			Fuga en los sellos y soportes del modulo inferior	Escape y contaminación de material particulado
NUEMAT SYS -01	Generar el aire para hacer funcionar el quemador y las compuertas a no más 100 psi y no menor a 85 psi	No genera aire	Compresor con fugas	No se proporciona el aire para activar el quemador
			Correa suelta o rota	No se proporciona el aire para activar el quemador
			Motor de compresor en falla	No se proporciona el aire para activar el quemador
			Líneas de sistema neumatico con fugas	No se proporciona el aire para activar el quemador
		Baja presión en el sistema neumático	Recalentamiento en las aletas de refrigeración de los cilindros	No se proporciona el aire suficiente para activar el quemador de manera continua
			Desgaste excesivo de los cilindros	No se proporciona el aire suficiente para activar el quemador de manera continua
Sobrepresión en el sistema neumático	Valvula de alivio pegada	Se genera demasiado aire para la mezcla de aire-combustible generando baja eficiencia termica		

PANEL CTRL 01	Control automático del proceso; Control de todos los motores y dispositivos vía supervisión; Supervisión de las temperaturas de los gases, filtro, aglomerante y mezcla a través de sensores de temperatura: gases, filtro, aglomerante y mezcla; control sobre vibradores; Control del quemador: modulación de llama vía PLC; Control automático de los rectificadores de temperatura para combustible y asfalto; Control automático del tiempo de abertura de	Genera operación correcta cuando físicamente se encuentra una falla	Corto en sensores	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto en el arnés del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto las boards del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Fallo de programación del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
		Genera códigos de falla cuando físicamente el equipo está trabajando correctamente	Corto en sensores	No permite la manipulación del equipo
			Corto en el arnés del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Corto las boards del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Fallo de programación del equipo	No permite la manipulación del equipo
		No enciende el panel	Cortocircuito en líneas de alimentación	No permite la manipulación del equipo
			Desconexión eléctrica del panel	No permite la manipulación del equipo
COMP-01	Control y manipulación automática de la Planta de Asfalto.	No enciende el computador	Cortocircuito en líneas de alimentación	El equipo no responde al comando de encendido
			Desconexión eléctrica del computador	El equipo no responde al comando de encendido
		Desprogramación del software	Fallo en la board del equipo	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad
			Cortocircuito en líneas del equipo	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad
PANEL MOD FIL - 01	Control automático de las temperaturas del filtro de, Baja velocidad ascensional; garantiza la limpieza eficiente de las mangas gases con interbloqueo al quemador de la planta; Minimización de recirculaciones y puntos de altas velocidades.	Genera operación correcta cuando físicamente se encuentra una falla	Corto en sensores	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto en el arnés del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto las boards del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Fallo de programación del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
		Genera códigos de falla cuando físicamente el equipo está trabajando correctamente	Corto en sensores	No permite la manipulación del equipo
			Corto en el arnés del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Corto las boards del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Fallo de programación del equipo	No permite la manipulación del equipo
		No enciende el panel	Cortocircuito en líneas de alimentación	No permite la manipulación del equipo
			Desconexión eléctrica del panel	No permite la manipulación del equipo
PANEL TRANS - 01	Controlar la entrada y salida de la energía de los reductores con el fin de mantener la velocidad requerida en la alimentación del secador.	Genera operación correcta cuando físicamente se encuentra una falla	Corto en sensores	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto en el arnés del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Corto las boards del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
			Fallo de programación del equipo	Genera operación incorrecta del equipo
		Genera códigos de falla cuando físicamente el equipo está trabajando correctamente	Corto en sensores	No permite la manipulación del equipo
			Corto en el arnés del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Corto las boards del equipo	No permite la manipulación del equipo
			Fallo de programación del equipo	No permite la manipulación del equipo
		No enciende el panel	Cortocircuito en líneas de alimentación	No permite la manipulación del equipo
			Desconexión eléctrica del panel	No permite la manipulación del equipo
S-TEM	Medir la temperatura del asfalto garantizando de forma fiable en un rango de 160 a 180 °C	Presenta una mayor temperatura a la real del equipo	Corto en la resistencia del sensor	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad
			Corto en el arnés del equipo	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad
		Presenta una menor temperatura a la real del equipo	Corto en la resistencia del sensor	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad
			Corto en el arnés del equipo	Datos en pantalla erráticos y alejados de la realidad

El objetivo de este punto es reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales de cada sistema y componente, cuáles son sus causas asociadas para que se presente la falla, así mismo identificar qué acciones podemos tomar en el momento que aparezca la falla.

Paso 6 y 7. Determinar los Efectos de Falla y Determinar Probabilidad o consecuencia Falla: Una vez realizado el análisis funcional y determinar los modos de falla se procedió a determinar los efectos de falla y la probabilidad o consecuencia de falla y si esta falla es oculta, para cumplir con este paso se utilizó unas de las 7 preguntas básicas del RCM que a continuación relacionamos:

- Qué puede hacerse para evitar la falla.
- Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla.
- Que efectos se puede tener si se presenta la falla.

Con el resultado de dar respuestas a estas preguntas logramos tener conocimiento sobre los efectos, la probabilidad y consecuencia de fallas, el cual nos ayudó a identificar las acciones que podemos tomar en el momento que se presente la falla y crear acciones de mejora.

Por medio de la matriz de riesgo (Ver figura 19) se identificó el impacto que generan los efectos de la falla de cada componente como el riesgo ambiental, humano, económico e imagen.

Figura 20 Matriz de Riesgo

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrófico	1						
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M - 10M	Nacional	Critico	2						
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M- 1M	Regional	Marginal	3						
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M- .05M	Local	Insignificante	4						
Ninguna	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ninguno	Ninguno	5						
						> 10 Años A	< 10 Años B	< 5 Años C	< 2 Años D	< 6 Meses E	± 1 Mes F

Fuente: Autores

Una vez identificado el impacto que genera los componentes en los diferentes aspectos, se hace necesario asignarle un rango de criticidad que se estable en la siguiente tabla:

Color de Identificación	Grado de Criticidad	Rango Grado de Criticidad	
	Bueno	1	15
	Aceptable	16	35
	Intolerable	36	81

Para dar un resultado cuantitativo se estableció un valor al grado de criticidad, siendo Bueno = 1, Aceptable = 2, Intolerable = 3 y el rango de grado de criticidad es el resultado de multiplicar en la matriz de riesgo las consecuencia humana, ambiental, costos e imagen. El resultado se muestra en la siguiente tabla:

R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen
12	12	12	3
12	8	9	6
12	10	20	10
4	12	4	3
12	12	3	1
12	8	9	6
8	12	16	8

4	10	3	4
4	4	12	5
5	4	12	4
3	4	12	1
3	3	8	4
3	8	10	5
4	4	12	4
3	3	12	1
4	8	10	4
3	4	16	4
4	4	9	4
3	8	12	4
4	4	12	4
5	12	10	3
3	3	10	1
5	4	12	4
5	4	8	4
1	1	15	15
5	3	8	3
4	5	12	4
4	3	10	1
4	4	10	2
4	5	12	4
4	8	10	3
4	10	10	4
3	3	24	10
3	4	25	3
15	9	15	1
10	5	16	1
8	4	12	3
10	12	10	3
10	5	12	4
12	10	10	3
20	3	16	3
10	8	20	4
15	5	10	3
10	10	8	12
8	15	15	3

9	4	15	3
8	5	16	1
9	8	10	1
10	10	12	3
12	4	10	4
10	8	12	3
12	4	20	4
12	12	20	4
15	10	20	4
3	3	3	4
15	12	10	8
4	3	4	3
16	8	8	9
9	9	9	1
15	9	8	12
12	5	15	8
15	9	9	9
1	1	15	1
4	16	20	4
5	5	12	5
5	5	6	5
5	6	10	12
3	5	8	8
5	5	24	6
1	1	9	1
16	12	9	15
8	3	10	1
5	4	8	3
4	5	4	5
3	3	15	1
5	16	16	4
5	5	12	4
5	5	6	4
5	4	8	9
6	5	9	10
5	5	18	6
1	1	9	1
15	10	12	16
9	1	9	1

5	3	10	4
5	4	4	4
4	10	20	10
1	4	12	8
3	4	15	5
4	3	25	8
3	3	10	1
20	16	25	24
16	10	12	12
20	15	12	12
30	12	10	30
4	5	12	4
5	5	4	4
30	12	10	30
25	10	4	10
20	10	25	10
25	10	25	10
15	9	15	9
25	3	25	12
25	10	10	12
16	9	9	10
3	12	3	4
1	1	1	1
4	20	12	3
5	18	6	5
5	18	6	5
1	9	9	1
3	15	12	12
3	1	1	1
1	1	9	1
5	3	16	4
4	5	9	4
1	3	1	1
3	3	9	1
4	4	20	3
5	3	8	5
3	3	3	4
4	5	5	5
3	5	4	3
4	5	5	5

3	3	15	1
6	6	20	6
3	1	1	1
1	1	9	1
5	4	20	4
4	6	10	6
1	1	1	1
1	1	9	1
4	3	16	3
5	6	12	6
6	5	6	5
4	5	5	5
3	1	1	1
1	1	9	1
5	4	15	4
4	5	12	6
1	1	1	1
3	1	9	1
4	5	16	4
6	3	10	4
3	4	4	3
5	4	4	4
3	3	10	5
4	4	16	5
3	3	10	4
3	4	16	4

Con la información arrojada logramos identificar cuales componentes son los más críticos así mismo clasificarlos como intolerables, aceptables o buenos dentro de la operación del equipo, plantear tareas de mantenimiento que nos ayuden a evitar las fallas en la zona o sistemas que causan la parada del equipo y crear acciones inmediatas dando mayor seguridad a la operación y confiabilidad al equipo. El resultado de la información recolectada de la Planta de asfalto se refleja en la Figura 21.

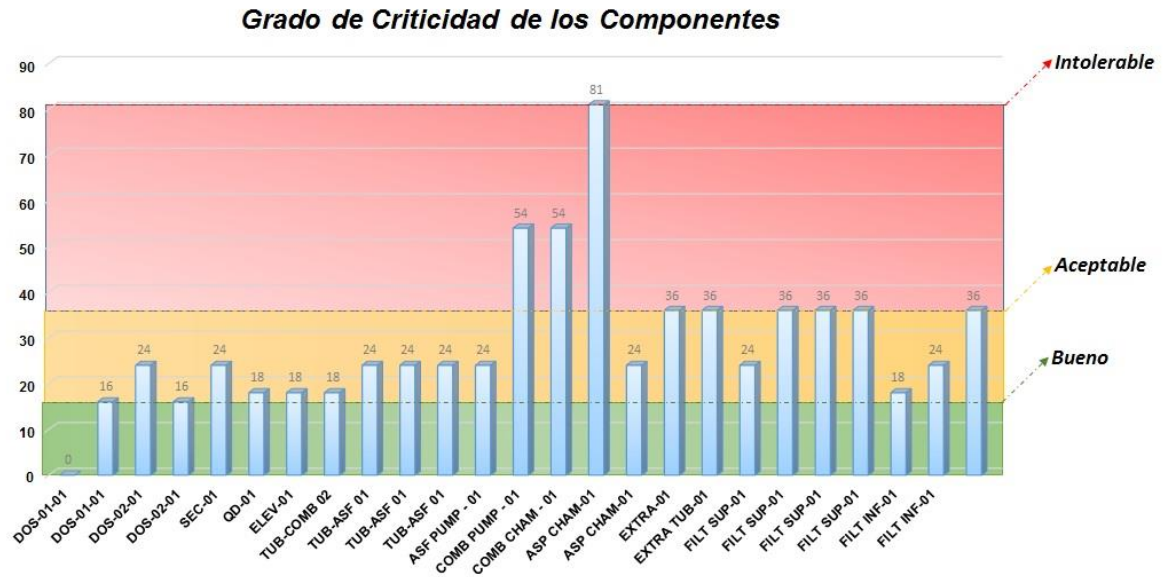


Figura 21 Componentes con Grado Criticidad

Fuente: Autores

Con el resultado de la gráfica se identificó los componentes con mayor grado de criticidad, siendo estos componentes la Bomba de asfalto, Bomba de combustible, cámara de combustible (Ver figura 17). A esta información se realizó un estudio para definir qué tipo de decisión se va a tomar, las tareas a programar y frecuencia con la cual debe realizarse estas tareas. Información reflejada en la siguiente tabla:

Cód. Func.	TIPO DE DECISIÓN ^M	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	Grado de Criticidad ⁺
DOS-01-01	Programado	Lubricación	0,25	16
DOS-02-01	Programado	Lubricación	0,25	16
ELEV-01	Predictivo	Ensayos no destructivos	1	18
FILT SUP-01	Programado	Sustitución	1	18
QD-01	Programado	Sustitución	4	18
SEC-01	Programado	Reconstrucción y soldadura	12	18
ASP CHAM-01	Programado	Sustitución filtros	2	24
DOS-01-01	Correctivo	Cambio de equipo	a falla	24
DOS-02-01	Correctivo	Cambio de equipo	a falla	24
EXTRA TUB-01	Predictivo	Ensayos no destructivos	1	24
FILT INF-01	Predictivo	Ensayos no destructivos	1	24
TUB-ASF 01	Programado	Cambio de empaquetadura	3	24
TUB-ASF 01	Programado	Cambio de empaquetadura	3	24
TUB-ASF 01	Programado	Sustitución de impeler cuando desviación de temp superior a 10 °C	9	24
TUB-COMB 02	Programado	Cambio de empaquetadura	3	24
ASP CHAM-01	Programado	Inspección	0,25	36
EXTRA-01	Programado	Sustitución filtros	1	36
FILT INF-01	Programado	Cambio de empaquetadura	3	36
FILT SUP-01	Programado	Sustitución	1	36
FILT SUP-01	Predictivo	Ensayos no destructivos	1	36
FILT SUP-01	Tarea Proactiva	Capacitación de personal	6	36
ASF PUMP - 01	Programado	Cambio de empaquetadura	3	54
COMB PUMP - 01	Programado	Cambio de empaquetadura	3	54
COMB CHAM - 01	Programado	Ensayos no destructivos	1	81

Se analizaron las acciones que pueden tomarse para evitar la presencia de una falla en el equipo, para ello se plantearon acciones preventivas o programadas, basadas a condición o proactivas, predictivas o de sustitución y acciones correctivas. Para determinar estas acciones utilizamos las siguientes preguntas:

- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué tareas proactivas son factibles para evitar la falla?

Acciones Preventivas o Programadas: Se detectaron fallas en las cuales se pueden aplicar actividades preventivas con el fin de anticiparnos a la causa de la falla.

Acciones Basadas a condición o Tareas Proactivas: Estas tareas están basadas en los hechos de modos de falla, no ocurren instantáneamente, antes que se presente la falla se evidencian falencias que nos ayudan a detectar condiciones anormales en la operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas según la condición del equipo, de esta manera prevenir y/o eliminar las consecuencias de falla.

Acciones Predictivo o de sustitución: Este tipo de actividad preventiva está encaminada específicamente al remplazo de los componentes del equipo, por nuevos, estos cambios se realizaran con criterios técnicos con el objetivo de conocer la condición real del componente, determinar su operación de manera segura, eficiente y confiable y a su vez mantenimiento su vida útil.

Acciones Correctivas: Una vez se identifiquen que las actividades de mantenimiento no sean efectivas se, se procederá a realizar correctivas programadas tales como la reconstrucción de soldadura.

De las acciones citadas se plantearon actividades o tareas con determinada frecuencia a ejecutar, con el fin de reducir la consecuencia del modo falla a un nivel que sea aceptable en la operación.

8. CONCLUSIONES

1. Como parte del primer proceso para el diseño de la implementación del RCM es necesario capturar la totalidad de la información de la Planta de asfalto sometiéndolo al proceso de RCM por medio de un formato para la clasificación de los sistemas, subsistemas y componentes, donde se incluyeron las características técnicas, las condiciones operacionales sus interfaces y funcionamiento operacional del equipo,
2. Las reuniones permanentes con las personas y áreas involucradas son indispensables, dentro de este grupo es importante identificar la persona que tenga el mayor conocimiento y experiencia en parte técnica del equipo y pueda identificarse como líder, esta persona nos guio en el proceso para identificación de las fallas funcionales, modos de falla, análisis de efectos y criticidad.
3. Una se vez se identifique la criticidad de cada sistema, subsistema y componente del equipo es necesario utilizar como base la técnica de mantenimiento de RBI y el esquema de decisión utilizado por John Moubray en el RCM, para determinar qué elementos son altamente peligrosos e Intolerable para la compañía así mismo establecer las acciones a tomar y concientizar al personal del riesgo que se toma si no se ejecuta una acciones para corregir.
4. El RCM es una metodología que nos ayuda a dar mayor confiabilidad a los equipos, tener un amplio conocimiento de las funciones y capacidades, así mismo ser consientes para evaluar hasta qué punto las fallas de los equipos afectan la seguridad y el medio ambiente, buscas que cada persona que se involucre en el equipo, se obligue a adoptar maneras de pensar completamente nueva ayudando al buen funcionamiento y cuidado del equipo.

BIBLIOGRAFIA

- Bohórquez González, C. (2014). *Principios de Mantenimiento*.
- Cortes , Á. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la planta de asfalto de PATRIA SAS ubicada en el municipio de Mosquera*. Bucaramanga, Colombia.
- Ebrahimi , A. (2010). *Effect analysis of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Parameters in design and operation of Dynamic Positioning (DP) systems in floating offshore structures*.
- Knezevic, J. (1996). *Mantenimiento*. Madrid: Isdefe.
- LRS, S. L. (s.f.). *Condition Based Maintenance Strategy for Equipment Failure Prevention*. Obtenido de <http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance-management/condition-based-maintenance.html>
- Mora Gutierrez, A. (2014). *Mantenimiento Industrial Efectivo*. Envigado: Coldi.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. México.
- Rey Sacristan, F. (1996). *Hacia la excelencia en Mantenimiento*. Madrid: TGP HOSHIN.
- TEREX, R. L. (Mayo de 2009). PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140. *PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140*. Brasil, Brasil.
- TEREX, R. L. (Mayo de 2009). PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140. *PLANTA DE ASFALTO MAGNUM 140*. Brasil, Brasil.