

**DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA
HIDRÁULICO DE CARGUE DE TREN PERTENECIENTE A LA
SUPERINTENDENCIA DE PLANTAS DE CARBÓN & LAVADO - CARBONES
DE CERREJÓN LIMITED, BASADO EN LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

**GERALDINE DELGADO JAIME
OLIVER RUIZ CALA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

**DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA
HIDRÁULICO DE CARGUE DE TREN PERTENECIENTE A LA
SUPERINTENDENCIA DE PLANTAS DE CARBÓN & LAVADO - CARBONES
DE CERREJÓN LIMITED, BASADO EN LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

**GERALDINE DELGADO JAIME
OLIVER ALEXANDER RUIZ CALA**

**Monografía de grado para optar el título de
Especialista en Gerencia del Mantenimiento**

**Director
DANIEL ORTIZ PLATA
Ingeniero Mecánico, Msc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2016

A Dios por llenarme cada día de vida.

A mis padres Oliverio de Jesús Ruiz Narváez y Gladys Cala Castro por su enorme amor y sacrificio para hacerme el hombre que soy.

A nuestro director de monografía, Ingeniero Daniel Ortiz Plata, por su apoyo, conocimiento y experiencia que nos brindó para desarrollar la monografía.

A los Ingenieros Daniel Romero y Guillermo García por todo su respaldo y confianza para la realización de este proyecto.

A Jorge Leal y Geraldine Delgado por todo su gran compromiso y constante colaboración en la realización de este proyecto.

Infinitas Gracias.

Oliver Alexander Ruiz Cala

Dedico este trabajo primero a Dios, que me permitió prepararme y cumplir con los objetivos propuestos.

A mis padres Adrián Delgado y Elda Jaime, por su amor y apoyo incondicional.

Geraldine Delgado Jaime

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a nuestro director de monografía, el ingeniero **Daniel Ortiz Plata**, quien nos orientó con sus mejores aportes académicos, su dedicación y amor, logrando despertar en nosotros el trabajo en equipo durante todo el desarrollo de la monografía.

A la **Universidad Industrial de Santander** y en particular a la **Escuela de ingeniería mecánica**, que por medio de sus docentes nos enseñaron a compartir los conocimientos con los demás.

A la empresa **Cerrejón** por permitir realizar este proyecto en la **superintendencia de plantas flujo y control de calidad de carbón**, por brindar todas las herramientas necesarias para el buen desarrollo del mismo.

Un reconocimiento especial a los señores Daniel Romero, Jorge Leal, Guillermo García por su compromiso y dedicación en el desarrollo de la monografía.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GENERAL	16
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	17
4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	18
4.1. MARCO TEORICO	18
4.1.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)	18
4.1.2. RCM: Las siete preguntas básicas	18
4.1.3. Funciones y Parámetros de Funcionamiento	20
4.1.4. Fallas Funcionales	21
4.1.5. Modos de fallas.	22
4.1.6. Consecuencia de las Fallas:	23
4.1.7. Tareas, Frecuencias y Recursos	23
4.2. MARCO CONCEPTUAL	25
4.2.1. Gestión de activos	25
4.2.2. Objetivos de gestión de activos	25

4.2.3. Desempeño de la gestión de activos	26
4.2.4. Sistemas de gestión de activos	26
4.2.5. Ciclo de vida	26
4.3. MARCO LEGAL	26
4.3.1. Norma ISO 14224	26
4.3.2. Norma SAE JA1011	27
5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.	29
5.1. Definición de taxonomía y fronteras	29
5.2. Definición de funciones	31
5.3. Análisis de efectos y riesgos	37
5.4. Clasificación de los componentes por criticidad	64
5.5. Plan de mantenimiento.	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	75
BIBLIOGRAFÍA.	77

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DE ESTUDIO.	31
TABLA 2. MATRIZ DE RIESGO.	38
TABLA 3. ANÁLISIS FMEA	38
TABLA 4. DEFINICIÓN DE TAREAS	55
TABLA 5. MODOS DE FALLAS DE RIESGO ALTO	65
TABLA 6. MODOS DE FALLAS DE RIESGO MEDIO	67
TABLA 7. PLAN DE MANTENIMIENTO VALORACIÓN DE RIESGO ALTO	69
TABLA 8. PLAN DE MANTENIMIENTO VALORACIÓN DE RIESGO MEDIO	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CURVA P-F	24
FIGURA 2. DIAGRAMA JERÁRQUICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.	29
FIGURA 3. DIAGRAMA JERÁRQUICO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.	30
FIGURA 4. EQUIPO INTERDISCIPLINARIO	37
FIGURA 5. DIAGRAMA DE DECISION.	64
FIGURA 6. GRÁFICO MODOS DE FALLAS RIESGO ALTO VS ELEMENTOS DE ESTUDIO.	65
FIGURA 7. GRÁFICO MODOS DE FALLAS RIESGO MEDIO VS ELEMENTOS DE ESTUDIO.	66
FIGURA 8. TAREAS DE MANTENIMIENTO PROACTIVAS SEGÚN ANÁLISIS RCM	69

RESUMEN

Título: DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA HIDRÁULICO DE CARGUE DE TREN PERTENECIENTE A LA SUPERINTENDENCIA DE PLANTAS DE CARBÓN & LAVADO - CARBONES DE CERREJÓN LIMITED, BASADO EN LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)*

Autores: Geraldine Delgado Jaime**
Oliver Alexander Ruiz Cala **

Palabras clave: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Sistema Hidráulico, Cargue del tren, Mantenimiento, Plantas de Carbón.

Descripción: La presente monografía busca mejorar los resultados en materia de disponibilidad, confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento al sistema hidráulico de cargue de tren, garantizando su óptimo funcionamiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

En el desarrollo del trabajo se presenta descripción de datos operaciones, descripción de componentes y sus funciones, fallas funcionales, modos y efectos de fallas de los componentes, bajo estos parámetros se estableció un diagrama de decisiones, se establecieron diferentes tareas de mantenimiento, para mitigar el impacto de las fallas.

Para el cumplimiento del objetivo se realizó una exhaustiva recopilación de información de los equipos, datos de diseño, históricos de modos de fallas y efectos de fallas para los componentes del sistema hidráulico de cargue del tren. Partiendo de lo anterior se establecieron las tareas necesarias para eliminar las consecuencias de las fallas y para efectuar este proceso de forma estructural se aplicó el árbol lógico de decisiones. De esta manera se determinó cuáles eran las tareas adecuadas, sus frecuencias y se elaboró el programa de mantenimiento.

El análisis de los modos de fallas y sus efectos se involucró supervisores, instructores y técnicos de mantenimiento, con el propósito de adquirir la experiencia que todos poseen acerca del sistema.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Ing. Daniel Ortiz Plata.

ABSTRACT

Title: DEVELOPMENT PLAN FOR MAINTENANCE HYDRAULIC SYSTEM LOAD TRAIN BELONGING TO THE SUPERVISION OF COAL PLANTS & WASH - CARBONES DE CERREJÓN LIMITED, METHODOLOGY BASED RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)*

Authors: Geraldine Delgado Jaime**
Oliver Alexander Ruiz Cala **

Keywords: Reliability Centered Maintenance, Hydraulic System, Load Train, Maintenance, Coal Plants.

Descripción: This monograph seeks to improve results in terms of availability, reliability and reduce maintenance costs to the hydraulic system load station, ensuring optimal performance based on the methodology of reliability centered maintenance (RCM).

In developing the job description of data operations, description of components and functions, functional failures, modes and effects of component failures under these parameters a diagram decision was established presents different maintenance tasks were established to mitigate the impact of failures.

To fulfill the objective a comprehensive compilation of information equipment, design data, historical failure modes and failure effects for the components of the hydraulic system train load was performed. Based on the above the required tasks were established to eliminate the consequences of failure and to make this process structurally logical decision tree was applied. Thus it was determined what the appropriate tasks, frequencies were and maintenance program was developed.

The analysis of failure modes and effects supervisors, instructors and technicians engaged, in order to gain the experience that all have about the system.

* Monograph

** Faculty of Mechanical Engineering and Physical. Specialization in Maintenance Management.
Director: Ing. Daniel Ortiz Plata.

INTRODUCCIÓN

Los gobiernos de Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia, Inglaterra, Japón y Canadá, se comprometieron a bajar las emisiones de gases efecto de invernadero. Este acuerdo busca eliminar el uso de hidrocarburos, como el carbón y el petróleo. Lo que ha generado una crisis económica a nivel mundial y ha obligado a las empresas generar nuevas estrategias para seguir siendo competitivas en el mercado.

Cerrejón siendo una empresa dedicada a la explotación del carbón. Como estrategia para mitigar el impacto económico del precio del carbón, busca obtener mejores resultados en materia de disponibilidad, confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento en cada una de sus activos, en especial en el sistema hidráulico del cargue del tren. Por lo anterior se hace necesario diseñar una estrategia de mantenimiento, que garantice el óptimo funcionamiento del sistema hidráulico.

Este trabajo se centra en el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). La aplicación de esta metodología se debe a la importancia de seleccionar las tareas de mantenimiento apropiadas para mantener la funcionalidad del equipo de forma continua, segura y costo efectiva.

La implementación el RCM es ideal para desarrollar planes de mantenimientos en equipos donde no existe mayor información técnica, pero se cuenta con la experiencia del personal de mantenimiento y el histórico del comportamiento del equipo.

Para el cumplimiento de los objetivos se recopila información de los componentes del equipo, datos de diseño, históricos de modos de fallas y efectos de fallas.

Logrando obtener el programa de mantenimiento para el sistema de cargue de tren.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el área de plantas de carbón se desarrolla dos etapas importante dentro del proceso productivo de carbón, en donde las tolvas de trituracion reciben el carbon, se tritura y despues por medio de las bandas es transportado y depositado en la parte superior de los dos silos con capacidad de 10.500 toneladas, para luego cumplir con el proceso de cargue de tren.

El proceso de cargue de tren poseen un sistema de cuatro tolvas o chute en la parte inferior de los silos (dos chute por cada silo). Los cuales giran verticalmente accionados hidráulicamente y equipados cada uno con dos compuertas de cierre, permitiendo descargar por gravedad el material almacenado en los silos a los vagones del tren.

Los resultados de la estrategia de mantenimiento del sistema de cargue de tren durante los últimos 5 años, muestra que un 80% de las tareas de mantenimiento son preventivas y un 20% son correctivas. Dentro del 20% de tareas correctivas, se invierte el 43% de las horas hombre a mantenimiento de emergencia. De manera que el 74% de las de horas hombre son concentradas en tareas correctivas exclusivamente del sistema hidráulico de cargue de tren, dando este sistema como elemento crítico.

El sistema hidráulico de cargue de tren depende a gran medida del mantenimiento correctivo, debido a que el plan actual de mantenimiento no se enfoca en rutinas, que actúen directamente en los modos de falla del sistema. Otros de los inconvenientes que se presentan es el desconocimiento del personal mantenedor del equipo, que ocasiona una re-intervención aumentando los costos de mantenimiento.

En la búsqueda de obtener mejores resultados en materia de disponibilidad, confiabilidad y reducir los costos de mantenimiento, se hace necesario el diseño de la estrategia de mantenimiento aplicado al sistema hidráulico de cargue de tren, que garantice su óptimo funcionamiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema hidráulico de cargue de tren perteneciente a la superintendencia de plantas de carbón & lavado - Carbones de Cerrejón Ltd.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema hidráulico del cargue del tren.
- Definir la taxonomía y fronteras del sistema hidráulico del cargue del tren.
- Realizar el análisis funcional y sus fallas funcionales, identificando y escribiendo las funciones, los requerimientos de operación y las formas como pueden fallar las funciones de los elementos de estudio.
- Analizar los modos de fallas, efectos y criticidad (FMECA) del sistema.
- Seleccionar las tareas de mantenimiento utilizando la técnica del diagrama de decisiones de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
- Definir un nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología RCM.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Cerrejón es una de las operaciones mineras de exportación de carbón a cielo abierto más grandes del mundo, un importante actor de la economía en Colombia y motor de la Guajira, región en la que concentra su actividad productiva. Integra la exploración, extracción, transporte, embarque y exportación de carbón de diversas calidades. (Carbones de Cerrejon Limited, 2016)

El proceso de extracción del carbón se divide en 12 etapas: rescate y relocalización de la fauna, deforestación y remoción del suelo, perforación y voladura, cargue del material estéril, transporte y disposición del material estéril, remoción, cargue y transporte de carbón, trituración y apilamiento de carbón, cargue de tren, estación de cargue en puerto bolívar, apiladores / reclamadores, embarque del carbón y rehabilitación de tierras.

La operación de cargue se realiza con el descargue del material desde un silo a través de sus dos chutes de descarga para llenar los vagones del tren (130 vagones promedio), por motivos de operación no siempre es posible cargar los vagones desde un solo silo, de manera que se necesita la disponibilidad de los cuatro chutes para cumplir con la rata neta de cargue de 17.000 toneladas por hora.

Con la elaboración del presente modelo de mantenimiento centrado en la confiabilidad se busca desarrollar estrategias de mantenimiento para el sistema hidráulico de cargue de tren con el fin de que permita disminuir el tiempo de parada de los chutes de cargue por averías que impiden cumplir con el plan de cargue de trenes, así como reducir los costos de operación y mantenimiento del sistema. Además de mejorar la confiabilidad y disponibilidad del mecanismo se busca mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema, analizar las posibilidades de fallas y desarrollar una serie de acciones que permitan garantizar una alta disponibilidad del sistema.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1. MARCO TEORICO

4.1.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM): Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología de alta aplicación en las empresas industriales donde prima la disponibilidad de los activos y requieren optimizar los costos operativos. Otros de los aspectos que impactan en la implementación de un RCM es mejorar los índices de seguridad y preservación del medio ambiente.

El mantenimiento basado en la metodología RCM se destaca del mantenimiento tradicional porque busca preservar las funciones del equipo, no busca prevenir las fallas sino evitarlas, reducirlas o eliminarlas, otros de sus objetivos es construir defensas costo-efectivas razonables contra fallas y aceptar la ocurrencia de algunas fallas al momento de presentarse, prioriza técnicas predictivas y de condición para extender el ciclo de vida del equipo y disponer de personas e información que permitan identificar los modos de falla de los equipos.

4.1.2. RCM: Las siete preguntas básicas: El proceso de RCM formula siete preguntas: acerca del activo o sistema que intenta revisar. (1)

- ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
- ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ¿Qué causa la falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
- ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

Las mejores respuestas estarán basadas en el conocimiento, ya sea tácito o explícito, que se tenga del equipo o sistema analizado.

Seguir las preguntas por si solas no es el método. Deben realizarse varios pasos, tanto previos como durante y después del proceso, denominados pasos del proyecto, los cuales se muestran a continuación (2):

Preliminares a los talleres

1. Preparación del estudio
2. Recolección y análisis de datos
3. Taxonomía de la planta, selección de objetos para estudio
4. Definición de fronteras e interfaces

Talleres para responder las preguntas

5. Definición de funciones
6. Análisis de fallas funcionales
7. Análisis de modos de falla
8. Análisis de efectos
9. Análisis de criticidad (RIESGO)
10. Selección de tareas de mantenimiento
11. Determinación de la frecuencia
12. Definir un plan preliminar

Aplicación de los resultados

13. MCC arranque en vivo de los resultados (CMMS)
14. Aplicación general (El proyecto con cubrimiento completo)

Cada paso debe generar un producto, los cuales son:

1. Definiciones preliminares, entrenamiento y contrato al facilitador (si se requiere)
2. Realimentación de datos técnicos de equipos y procesos
3. Inventario maestro de equipos y sistemas
4. Realimentación de datos de proceso y de equipos
5. Listado de funciones
6. Listado de fallas funcionales
7. Listado de modos de falla
8. Descripción de efectos con todos sus datos
9. Listado de funciones, fallas y modos de fallas clasificados por criticidad
10. Listado de tareas
11. Asignación de frecuencia por tarea
12. Plan de mantenimiento inicial (agrupación por procedimientos si es necesario)
13. Datos cargados en el sistema de información y primer compromiso de ejecución
14. Plan de cubrimiento ajustado

4.1.3. Funciones y Parámetros de Funcionamiento: Antes de poder aplicar un proceso hay que realizar dos cosas:

1. Determinar qué es lo que el usuario requiere que el activo haga.
2. Asegurar que es capaz de realizar aquello que su usuario quiere que realice.

Por tal razón el primer paso para iniciar con un RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Las funciones se pueden dividir en 2 grupos:

Funciones primaria: es la razón por la cual se compra el activo. Las funciones cubre características técnicas como: velocidad, producción, capacidad de almacenaje, capacidad del producto y servicio al cliente.

Funciones Secundarias: son las expectativas que el cliente quiere que el activo realice en el área de seguridad, control, confort, protección etc.. Funciones adicional que debe realizar los activos diferentes a sus funciones primarias.

4.1.4. Fallas Funcionales: Después de definir cuáles son las funciones primarias y secundarias del activo se debe identificar las fallas funcionales, buscando los hechos posibles que pudo causar cada estado de las fallas y responder la pregunta cual es causa de cada falla funcional

Tipos de fallas:

- Pérdida total de la capacidad, esto es, definitivamente el equipo deja de funcionar y se detiene por completo: “no hace”.
- Pérdida parcial de la capacidad, esto es, aunque sigue funcionando el desempeño no alcanza a cumplir con lo esperado por el usuario: “Hace más o hace menos”.
- Funcionamiento erróneo, esto es, el equipo realiza otra actividad que no se tenía previsto realizar o no se deseaba que la hiciera en ese momento: “hace otra cosa”.

Los momentos en que se presentan esas fallas son otra forma de clasificación es:

- la falla se presente durante la operación continua del equipo
- la falla se presenta cuando el equipo debe operar en algún momento determinado
- la falla se presenta al momento de requerirse la detención del equipo
- la falla se presenta por la operación del equipo cuando no lo debiera hacer

Las reglas creadas para la definición y redacción de las fallas funcionales son:

- Describir qué se pierde de la función y no el porqué

- Incluir las fallas que sean razonablemente probables AL NO DAR EL MANTENIMIENTO o las que se han estado evitando con el mantenimiento preventivo actual.
- La descripción no debe contener un componente o una pieza.
- La descripción es relativamente corta, por lo general menor a 10 palabras.
- La descripción debe basarse en lo definido en la función.

4.1.5. Modos de fallas: Las reglas para redactar el modo de falla son las siguientes:

- La descripción del modo de falla debe tener como mínimo un sustantivo y un verbo más una descripción del mecanismo de falla, ejemplo:
- Motor quemado por sobre voltaje
- Tubería obstruida con sedimentos
- Recipiente roto por sobrepresión.
- Evite usar los verbos: Falla, Daño, Mal funcionamiento. Use uno que indique la causa precisa
- La descripción del modo de falla debe tener un nivel de detalle que facilite la selección de tareas de mantenimiento adecuadas. Este depende de la importancia operacional.
- Si la descripción contiene el nombre del elemento o parte donde se presenta el evento redundará posteriormente a favor de la estructuración de la tarea.

Otras consideraciones a tener en cuenta en la redacción de los modos de falla son las siguientes:

- Que se haya producido antes en el equipo o en otros equipos de iguales características en el mismo o similar contexto.
- Que ya sean objetivo de tareas de mantenimiento

- Que se consideren razonablemente probables. Generalmente describe por qué la falla ha ocurrido.
- Razonablemente probable para generarse al no realizar el mantenimiento.
- Un técnico de mantenimiento debe ser capaz de distinguirlo.

4.1.6. Consecuencia de las Fallas: La metodología RCM clasifica las consecuencias de las fallas en 4 categorías:

Consecuencias de fallas ocultas: las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y catastróficas

(La mayoría están asociadas a sistemas de protección de seguridad inherente).

Consecuencias ambientales y para la seguridad: se considera que tiene impacto de seguridad si causa daño o la muerte a una persona y consecuencias ambientales si se deja de cumplir con una norma.

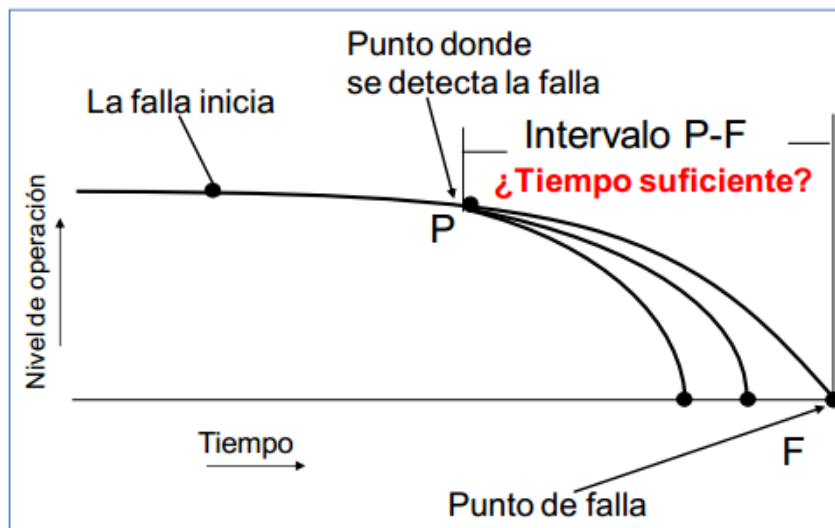
Consecuencias operacionales: si afecta la producción se considera de esta categoría (calidad del producto transportado o producido, cantidad, atención al cliente y costos operacionales).

Consecuencias No operacionales: son las fallas que impactan en el costo directo de la reparación.

4.1.7. Tareas, Frecuencias y Recursos: El conocimiento del modo de falla debe llevar a establecer la curva P-F (ver figura 1), con la cual se establecen los períodos cortos de tiempo menores al intervalo P-F. Su construcción se puede hacer con base en (2):

- a) la observación continúa
- b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo extendiéndolos poco a poco
- c) la definición de intervalos arbitrarios (aunque no es el más recomendado).
- d) la investigación propia o con entidades especializadas
- e) la consulta a expertos en el tema.

Figura 1. Curva P-F



Fuente: (2).

Determinación de frecuencia para preventivos:

Para definir los intervalos entre cada tarea preventiva se realiza a partir de la siguiente forma:

- a) la experiencia propia que se tenga sobre los equipos bajo sus condiciones ambientales y operativas
- b) Recomendaciones de los fabricantes.
- c) la investigación con pruebas de campo.

d) la investigación con apoyo de entidades especializadas cuando se trata de la implementación de nuevas tecnologías con las cuales se pretende aumentar los intervalos ya establecidos.

Es necesario contar con un muy buen registro de cada intervención de los activos, donde se registre el tiempo en que los equipos son traídos a mantenimiento o requieren intervención del personal mantenedor.

Para las tareas que deben desarrollar los operadores, similar a la definición de las frecuencias para el monitoreo, las frecuencias deberán estar basadas en:

- a) la observación continua y los registros de fallas que se tengan
- b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo, en caso de que sean nuevos o se desconozca su comportamiento
- c) la definición de intervalos arbitrarios
- d) la investigación con entidades especializadas
- e) la consulta a expertos en el tema.

4.2. MARCO CONCEPTUAL

4.2.1. Gestión de activos: Gestión de activos implica un balance de costos, oportunidades y riesgos frente al rendimiento deseado de los activos, para lograr los objetivos de la organización. (3)

La gestión de activos permite a una organización examinar la necesidad, el rendimiento de los activos y de los sistemas activos en diferentes niveles. Además, permite la aplicación de enfoques analíticos hacia la gestión de un activo durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

4.2.2. Objetivos de gestión de activos: Resultados o logros específicos y medibles requeridos del sistema de activos para implementar la política y la

estrategia de gestión de activos; y/o nivel detallado y medible del desempeño o condición requerida de los activos; y resultado o logro específico y medible del sistema de gestión de activos.

4.2.3. Desempeño de la gestión de activos: Resultados medibles de la gestión de activos de una organización de sus activos o sistemas de activos. La gestión de rendimiento de activos puede incluir la eficiencia de los gastos, la fiabilidad, la eficiencia, la calidad, la sostenibilidad, el valor de los activos, su utilización y/o el impacto de los activos sobre el desempeño financiero de la organización, seguridad, desempeño ambiental.

4.2.4. Sistemas de gestión de activos: Es la política de gestión de activos, la estrategia de la gestión de activos, los objetivos de la gestión de activos y el plan o planes de la gestión de activos y las actividades, procesos y estructuras organizacionales necesarias para su desarrollo e implementación continua.

4.2.5. Ciclo de vida: Intervalo de tiempo que comienza con la identificación de la necesidad del activo y termina con el desmantelamiento del activo asociado a cualquier pasivo.

4.3. MARCO LEGAL

La presente monografía estará basada bajo el estándar ISO y SAE.

4.3.1. Norma ISO 14224: Esta norma internacional que brinda los lineamientos para a especificación, recolección y aseguramiento de calidad de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.

Los principales objetivos de esta norma son:

a) Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:

- Diseño y configuración del Sistema.
- Seguridad, Confiabilidad y Disponibilidad de los Sistemas y Plantas.
- Costo del Ciclo de Vida.
- Planeamiento, optimización y ejecución del Mantenimiento.

b) Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:

- Permitir el intercambio de datos entre Plantas.
- Asegurar que los datos sean de calidad suficiente, para el análisis que se pretende realizar.

4.3.2. Norma SAE JA1011: Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

RCM es que un proceso específico identificaba las políticas que deben llevarse a cabo para manejar los modos de fallo que podrían causar el fallo funcional de cualquier recurso físico en un contexto que opera dado. Se piensa que este documento es usado para evaluar cualquier proceso que pretende para ser un proceso de RCM para determinar si es un verdadero proceso de RCM. Este documento apoya (4) tal una evaluación especificando el criterio mínimo que un proceso debe tener para ser un proceso de RCM. (5)

Según la norma SAE JA 1011 las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

1. ¿Las funciones y las normas deseadas asociadas de actuación del recurso en su contexto que opera presente (las funciones)?
2. ¿De qué maneras puede fallar para cumplir sus funciones (los fallos funcionales)?
3. ¿Lo que causa cada fallo funcional (los modos de fallo)?
4. ¿Lo que pasa cuándo cada fallo ocurre (los efectos de fallo)?
5. ¿De qué manera cada fallo está (las consecuencias de fallo)?
6. ¿Lo que debe hacerse predecir o prevenir cada fallo (las tareas del proactivo e intervalos de la tarea)?

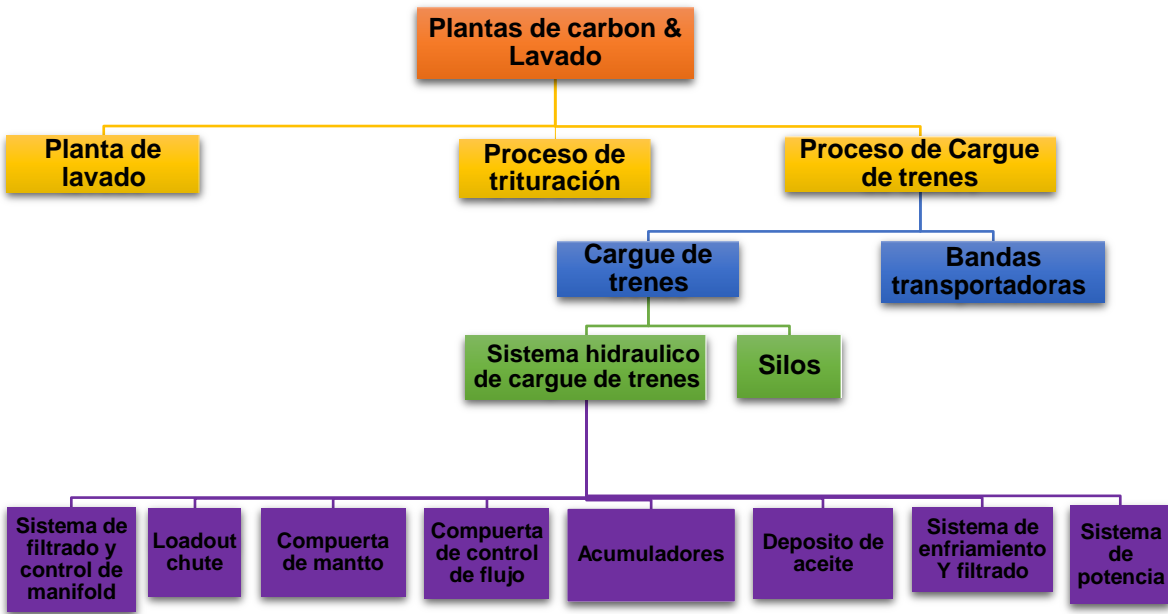
7. ¿Lo que debe hacerse si una tarea del proactivo conveniente no puede encontrarse (las acciones predefinidas

5. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.

5.1. Definición de taxonomía y fronteras

La jerarquía para el sistema hidráulico del cargue de trenes del área de Plantas de carbón & Lavado es:

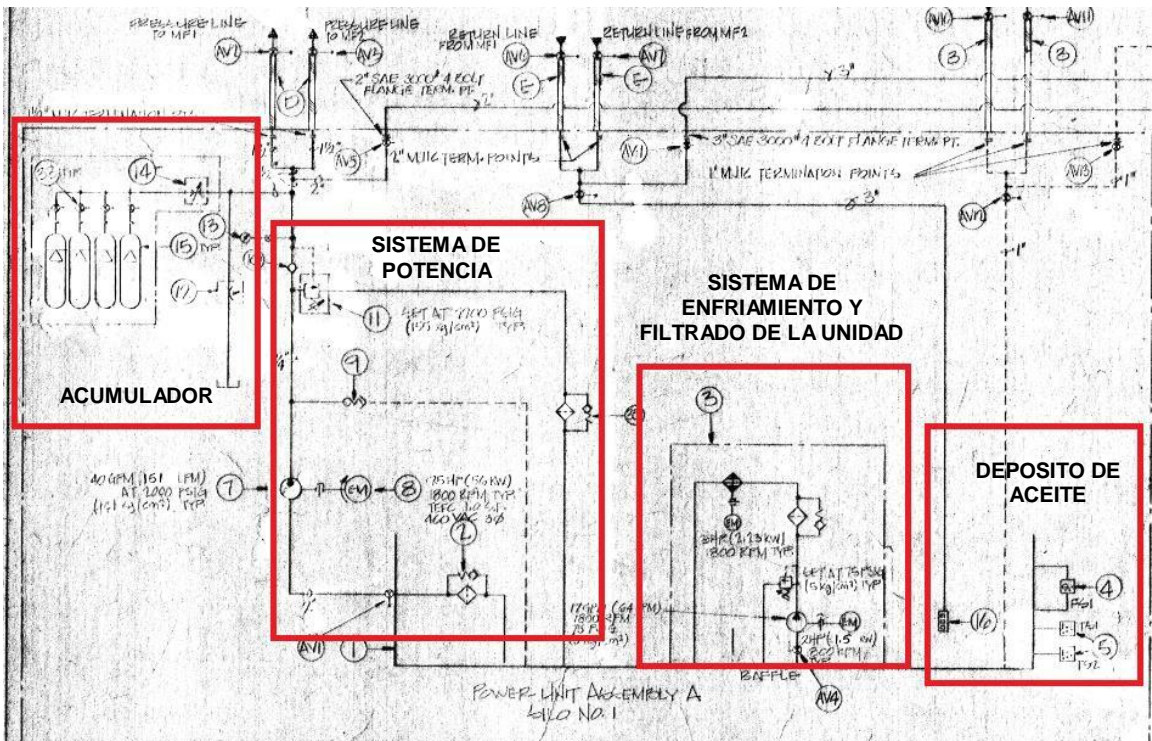
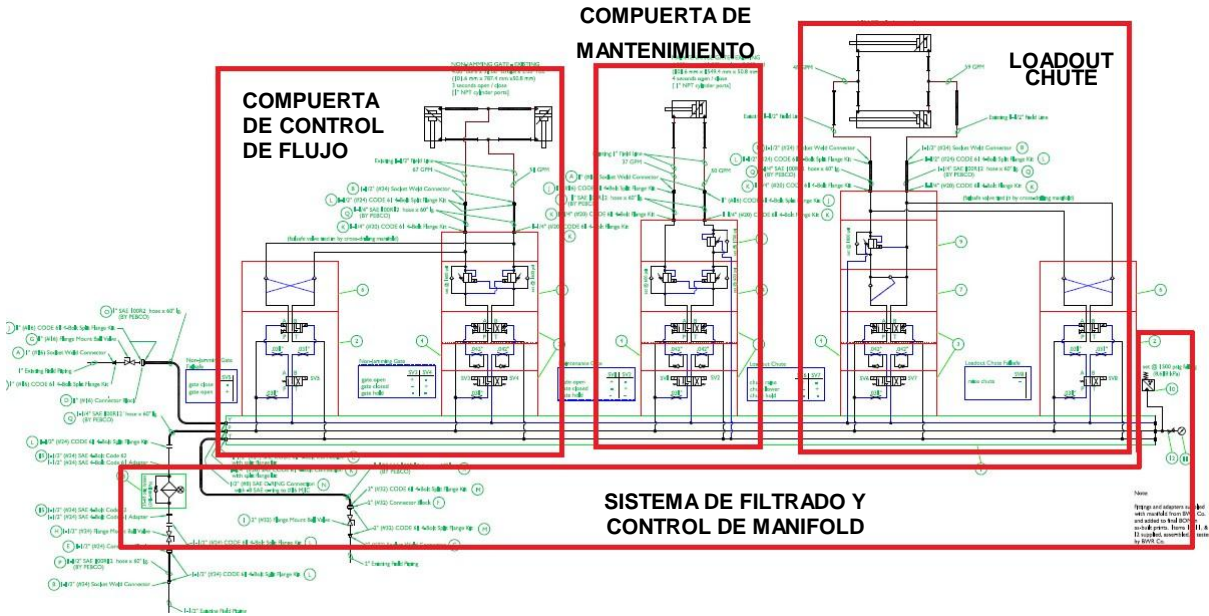
Figura 2. Diagrama jerárquico del Sistema hidráulico.



Fuente: Autores

Para el sistema hidráulico del cargue de trenes se establecen las siguientes fronteras de acuerdo al diagrama presentado a continuación:

Figura 3. Diagrama jerárquico del Sistema hidráulico.



Fuente: Autores

5.2. Definición de funciones

A continuación se presenta en forma resumida las características técnicas, las condiciones operacionales, condiciones ambientales e interfaces, más la descripción de las funciones de los elementos del sistema hidráulico seleccionados para el análisis de los modos y efectos de cada uno de ellos.

Tabla 1. Características técnicas y funciones de los elementos de estudio.

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód. Fun.	FUNCIONES
1. SISTEMA DE POTENCIA	Motor eléctrico de 75 HP , 1760 RMP, 460 V, 3 fases, 60 Hz. Factor de servicio de 1	Bomba hidráulica de 40 GPM a 1760 RPM	No se permite fuga de aceite	Entra Energía eléctrica (460 V)	A1	Bombear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)
	Bomba de paleta de desplazamiento fijo, 40 GPM a 1760 RPM Y 2000 PSig. La bomba tiene una presión nominal mínima de operación de 2500 PSIG	Presión de descarga a 2200 PSig (10 %)	Aceite hidráulico a alta presión	Entra aceite baja presión	A2	Filtrar el aceite en la línea de succión de partículas contaminantes mayores o iguales de 100 micrones
	Filtro de succión, 100 micrones y con derivación (bypass) de 3 PSI.	Filtro de retorno de 10 micrones	Alta presencia de partículas de carbón.	Sale aceite alta presión	A3	Purgar el aire atrapado en la bomba hidráulica
	Válvula de purga automática de aire			Sale: Indicadores de filtros	A4	Aislar la bomba hidráulica y la válvula de alivio de choques de contraflujo o presión generada por los acumuladores hidráulicos.
	Válvula de cheque 1- 1/4 "en línea de presión			Sale: Indicadores de presión	A5	Filtrar el aceite que es descargado desde la bomba a través de la válvula de alivio y retorno a taque de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones
	Válvula de alivio ajustada a 2200 PSig, 50 GPM.				A6	Indicar la presión de aceite del sistema hidráulico.

	Filtro de retorno de 10 micrones, 150 PSig, 100 GPM, bypass de 15 PSI				A7	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de potencia.
	Manómetro, 0-3000 PSig. Contenido en glicerina					
	Manual PEBCO file No. 208483					
2.SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y FILTRADO DE LA UNIDAD	Bomba 17 GPM, 65 PSig. Motor eléctrico de 2 Hp, 1760 RPM	Caudal de 17 GPM a 1760 RPM	No se permite fuga de aceite	Entra Energía eléctrica (460 V)	B1	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C. .
	Filtro de retorno de 5 micrones nominal y 10 micrones absoluto. Bypass de 15 PSI (indicador)	Presión de descarga a 65 PSIG	Alta presencia de partículas de carbón.	Entra aceite mayor temperatura	B2	Filtrar el aceite a 5 micrones nominales y 10 micrones absolutos.
	Intercambiador de calor de disipación nominal de 14.13 BTU/ min por grado Fahrenheit de delta de temperatura.	Disipación nominal de 14.13 BTU/ min por grado Fahrenheit de delta de temperatura		Sale aceite menor temperatura	B3	Limitar la presión del sistema de enfriamiento a 65PSIG
	Motor del intercambiador de 3 HP			Sale: Indicador de filtro	B4	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de enfriamiento.
	Válvula de alivio de 65 PSig (no ajustable) , 80 gpm					
	Manual PEBCO file No. 208483					
3. DEPOSITO DE ACEITE	Deposito hidráulico capacidad nominal de 200 Galones, Mirilla de vidrio de 10"	Capacidad de 200 Galones	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite hidráulico y Sale: aceite hidráulico	C1	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.
	Difusor de línea de retorno a 400 GPM a velocidad de aceite menor o igual a 10 Ft/s	Velocidad de aceite menor o igual a 10 Ft/2	Alta presencia de partículas de carbón.	Entra: Señales eléctricas de control y Sale : Señales eléctricas de control	C2	Indicar un nivel bajo crítico de aceite en el depósito y apagar las bombas hidráulicas.

	Interruptores de temperatura de aceite	55 grados y 60 grados			C3	Enviar señal de corte para apagar el motor de la bomba hidráulica en el caso de que el aceite hidráulico obtenga una temperatura mayor o igual a 60 °C
	Interruptor de nivel de aceite	Sensar nivel bajo de aceite			C4	Prevenir turbulencias y aireación del fluido hidráulico cuando retorna a tanque.
	Manual PEBCO file No. 208483				C5	Enviar señal de accionamiento al motor del ventilador del intercambiador de calor del sistema de enfriamiento cuando la temperatura de aceite alcance los 55 °C
4.ACUMULADORES	Acumuladores hidráulicos capacidad nominal de 20 galones con precarga de nitrógeno de 1200 PSig, presión de diseño es de 3000 PSig.	4 acumuladores Precarga con nitrógeno de 1200 PSIG.	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite hidráulico y Sale: aceite hidráulico	D1	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.
	Válvula de aguja de 1-1/2"		Aceite hidráulico a alta presión		D2	Limitar la máxima cantidad de aceite fluyendo fuera del banco de acumuladores sobre la unidad de potencia.
	Válvula de aguja de 1/4"	Volumen total de 20 galones	Alta presencia de partículas de carbón.		D3	Drenar el aceite presurizado proveniente de los acumuladores de regreso al depósito para permitir una reparación o mantenimiento seguro de la unidad hidráulica y el sistema de descarga.
	Válvula de bola de acero al carbón de 1-1/4"	Volumen de aceite por acumulador de 6.93 Galones (27.72 Galones)			D4	Aislar los acumuladores en el sistema hidráulico en el caso de una inspección de mantenimiento o desarme de cualquier equipo hidráulico

	Manual PEBCO file No. 208483	Válvula de aguja de 1-1/2" abierta en operación			D5	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de los acumuladores
		Válvula de aguja de 1/4" cerrada en operación				
5. COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Modulo dual de contrabalancee; 3000 PSig nominal, 120 GPM nominal , ajustable de 1000 -4000 PSig, ajustada a 1600 PSig con cheque línea de retorno, Relación piloto 3:1	Válvulas de contrabalancee ajustada a 1600 PSIG	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite presurizado y Sale: aceite baja presión	E1	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).
	Válvula direccional ; 2 bobinas, 3 posiciones, centrado por resorte, 3000 PSig nominal, 120 VAC 50/60 Hz bobina, carrera ajustable en A y B.	Válvula direccional 4 vías, 3 posiciones, centro flotante	Aceite hidráulico a alta presión	Entra: señales eléctricas de control	E2	Controlar carga de embalamiento de la compuerta de flujo absorbiendo en forma eficiente los impactos
	Válvula direccional de seguridad; una bobina, 2 posiciones, pilotada internamente, drena externo, 120VAC 50/60 Hz bobina, carrera ajustable en A	Modulo dual de cheque pilotado, cracking pressure 30 psi	Alta presencia de partículas de carbón.	sale: Energía mecánica	E3	Cerrar la compuerta de control de flujo cuando ocurra una falla de potencia.
	Modulo dual de cheque pilotado; 3000 PSig nominal, 120 GPM nominal, relación piloto 3:1.	3 Segundos para abrir y cerrar los actuadores			E4	Aislar la válvula direccional de seguridad durante la operación normal del circuito de la compuerta de control de flujo.
	Válvula reguladora de flujo con cheque; orificio fijo de 0.042", 1 PSig presión de apertura, 3000 PSig nominal.				E5	Permanecer cerrada la válvula de seguridad de control de flujo en operación normal
	(2) Cilindro hidráulico; 4" diámetro x 31" recorrido x 2" vástago				E6	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de flujo
	Manual PEBCO actualización 2011					

6.COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Válvula direccional ; 2 bobinas, 3 posiciones, centrado por resorte, 3000 PSig nominal, 120 VAC 50/60 Hz bobina, carrera ajustable en A y B.	Válvula reguladora de presión ajustada a 1700 PSIG	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite presurizado y Sale: aceite baja presión	F1	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).
	Válvula reguladora de flujo con cheque; orificio fijo de 0.042", 1 PSig presión de apertura, 3000 PSig nominal.	Válvulas de contrabalancee ajustada a 600 PSIG	Aceite hidráulico a alta presión	Entra: señales eléctricas de control	F2	Controlar carga de embalamiento de la compuerta de mantenimiento absorbiendo en forma eficiente los impactos
	Modulo dual de contrabalancee; 3000 PSig nominal, 120 GPM nominal , ajustable de 400 -1500 PSig, ajustada a 600 PSig con cheque línea de retorno, Relación piloto 3:1	Válvula direccional 4 vías, 3 posiciones, centro flotante	Alta presencia de partículas de carbón.	sale: Energía mecánica	F3	Limitar la presión de aceite en el lado ciego del cilindro de la compuerta de manteamiento a 1700 PSIG
	Válvula reguladora de presión, operada pilotada, con cheque línea de retorno, 3000 PSig nominal, 80 GPM nominal, ajustada a 1700 PSig, 100-3000 rango de ajuste, drenaje a tanque	4 Segundos para abrir y cerrar los actuadores			F4	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de mantenimiento
	Cilindro hidráulico; 4" diámetro x 61" recorrido x 2" vástago					
	Manual PEBCO actualización 2011					
7. LOADOUT CHUTE	Contrabalancee en A; 3000 PSig , 120 GPM, Tornillo ajustable 1000-4000 PSig , Ajustada a 1800 PSig, relación piloto 2:1 , cheque en línea de retorno, drenaje a Y	Válvula de contrabalancee ajustada a 1800 PSIG	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite presurizado y Sale: aceite baja presión	G1	Subir y bajar el chute en 10 segundos.
	Válvula de regeneración A to B, 3000 PSig nominal, 80 GPM nominal, válvula cheque y válvula cheque pilotada para cerrar, relación piloto 1.8:1	Válvula direccional 4 vías, 3 posiciones, centro flotante	Aceite hidráulico a alta presión	Entra: señales eléctricas de control	G2	Controlar la carga de emblamiento y sostener la carga del chute.

	Válvula direccional ; 2 bobinas, 3 posiciones, centrado por resorte, 3000 PSig nominal, 120 VAC 50/60 Hz bobina, carrera ajustable en A y B.	Modulo dual de cheque pilotado, cracking pressure 30 psi	Alta presencia de partículas de carbón.	sale: mecánica	Energía	G3	Subir el chute y llevarlo a la posición de reposo cuando ocurra una falla de potencia.
	Válvula reguladora de flujo con cheque; orificio fijo de 0.042", 1 PSig presión de apertura, 3000 PSig nominal.	10 segundos para bajar y para subir el chute				G4	Aislar la Válvula de direccional de seguridad durante la operación normal del circuito de descarga de tolva.
	Modulo dual de cheque pilotado; 3000 PSig nominal, 120 GPM nominal, relación piloto 3:1.					G5	Permanecer cerrada la Válvula de seguridad de la tolva en operación normal
	Válvula direccional de seguridad; una bobina, 2 posiciones, pilotada internamente, drena externo, 120VAC 50/60 Hz bobina, carrera ajustable en A					G6	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del chute
	(2) Cilindro hidráulico; 4" diámetro x 90" recorrido x 1.750" vástago						
	Manual PEBCO actualización 2011						
8.SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Interruptor de presión 1/4" NPT, 400-2600 PSig ajustable, ajustada a falta de 1500 PSig.	Interruptor de presión ajustado a 1500 PSIG	No se permite fuga de aceite	Entra: Aceite hidráulico y Sale: aceite hidráulico		H1	Filtrar el aceite del manifold de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones
	filtro línea de presión con bypass; B 10 >= 200, 50 PSig bypass, 5000 PSig nominal, 150 gpm nominal, visual bypass indicador	Filtro línea de presión de 10 micras	Aceite hidráulico a alta presión	Entra: Señales eléctricas de control y Sale : Señales eléctricas de control		H2	Indicar baja presión del sistema menor a 1500 PSIG
	Manómetro, 0-3000 PSig, Estranguladora de caudal.		Alta presencia de partículas de carbón.	Sale: indicador de filtro y presión.		H3	Indicar la presión de aceite del sistema hidráulico.
	Manual PEBCO actualización 2011						

Fuente: los Autores

5.3. Análisis de efectos y riesgos

Después de definir las características técnicas de los componentes del sistema hidráulico de cargue de trenes se presenta el análisis de los modos de fallas y efectos de fallas bajo la metodología FMEA. Lo anterior se logra integrando el equipo interdisciplinario (ver Figura), quienes participaron en la determinación de tareas a realizar para mitigar las consecuencias de las fallas potenciales.

Figura 4. Equipo Interdisciplinario



Fuente: Autores.

Se evalúa la criticidad en función de las consecuencias ambientales, humanas, económicas (Los costos operaciones van relacionado con la pérdida de trenes) e imagen de la compañía, lo anterior se cruza con la probabilidad de ocurrencia; bajo los parámetros anteriores se otorga un valor de criticidad. Como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Matriz de Riesgo.

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA		PROBABILIDAD					
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN			IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Una fatalidad	Efectos irreversibles	>\$ 135.000 USD	Internacional	Catastrófico	5	A5=5	B5=10	C5=15	D5=20	E5=25	F5=30
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE \$ 110.000 USD - \$ 135.000 USD	Nacional	Critico	4	A4=4	B4=8	C4=12	D4=16	E4=20	F4=24
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE \$ 55.000 - 110.000 USD	Regional	Marginal	3	A3=3	B3=6	C3=9	D3=12	E3=15	F3=18
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE \$ 5.000 USD - 55.000 USD	Local	Insignificante	2	A2=2	B2=4	C2=6	D2=8	E2=10	F2=12
Ninguna	No afecta el medio ambiente	< \$5.000 USD	Ninguno	Ninguno	1	A1=1	B1=2	C1=3	D1=4	E1=5	F1=6
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

Fuente: Autores

Tabla 3. Análisis FMEA

Nro.	ELEMENTO DE ESTUDIO	FUNCIÓN	CÓD. FUN.	DESCRIPCIÓN FALLA FUNCIONAL	CÓD. FF	MODO DE FALLA	CÓD. MF	DESCRIPCIÓN EFECTOS
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	No bombea aceite hidráulico	A1.1	Motor de 75 HP quemado por perdida de aislamiento	A1.1.1	No hay ninguna respuesta por parte del motor, se evidencia olor a quemado, se ven parte ahumadas; Posible pérdida de trenes, No se acciona los actuadores; Unidad hidráulica inoperativa; Se requiere cambiar el motor de 75 hp, costo de reparación \$ 3074.36 USD, tiempo de reparación 10 horas

1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	No bombea aceite hidráulico	A1.1	Válvula V1 de línea de succión Cerrada	A1.1.2	Se aprecia válvula V1 cerrada, sonido anormal de la bomba, excesivo vacío en lado de succión de la bomba y la operación prolongada en estas condiciones causara cavitación y falla final de la bomba; Bomba y motor expuesto a daños mayores.; Se requiere abrir la válvula para normalizar el sistema, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema.
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	No bombea aceite hidráulico	A1.1	Acople mecánico destruido	A1.1.3	Movimiento discontinuo motor-bomba, sonido anormal del sistema, altas vibraciones, calentamiento del motor; Posible pérdida de trenes, No se acciona los actuadores; Unidad hidráulica inoperativa; Se requiere tener acople mecánico, costo de reparación \$ 307.1 USD, tiempo de reparación 6 horas.
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	No bombea aceite hidráulico	A1.1	Rodamientos del motor de 75 HP frenados	A1.1.4	Altas temperatura y vibraciones del motor; ; Posible pérdida de trenes, No se acciona los actuadores; Unidad hidráulica inoperativa; Se requiere tener el motor de 75 hp, costo de reparación \$ 3074.36 USD, tiempo de reparación 10 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Bombee aceite hidráulico a menos de 40 GPM	A1.2	Partes internas de bomba rotos	A1.2.1	Sistema de cargue no se acciona correctamente, operación de la bomba extremadamente ruidosa, sistema de cargue de tren no funciona; ; Posible pérdida de trenes; Unidad hidráulica inoperativa; Se requiere cambiar la bomba, costo de reparación \$ 1673.6 USD, tiempo estimado de reparación 10 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Bombee aceite hidráulico a menos de 40 GPM	A1.2	Válvula de purga de aire pegada en posición abierta por suciedad	A1.2.2	La válvula de purga de aire no conmuta a posición cerrada por suciedad esto provoca que permanezca en posición abierta durante el accionamiento de la bomba ocasionando pérdidas de caudal. Disminución de velocidad en los actuadores; Perdida de eficiencia volumétrica del sistema.; Se requiere cambiar válvula de purga de aire, costo de reparación \$150 USD , tiempo estimado 4 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Presión del sistema por debajo de 1980 PSIG	A1.3	Válvula de alivio desajustada por debajo de la presión de trabajo	A1.3.1	Si la presión esta tarada muy por debajo de 2200 PSIG el chute no levanta, las compuertas de mantenimiento y/o compuerta de flujo no se accionan, el manómetro de presión indica baja presión; ; No se acciona los actuadores; Se requiere ajustar la válvula de alivio, tiempo estimado 1 hora
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bompear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Presión del sistema por debajo de 1980 PSIG	A1.3	Válvula de alivio pegada en posición abierta por suciedad	A1.3.2	El chute no levanta, las compuertas de mantenimiento y/o compuerta de flujo no se accionan, el manómetro de presión indica baja presión; ; Posible pérdida de trenes, No se acciona los actuadores; ; Se requiere intervenir el sistema y limpiar/cambiar la válvula de alivio, tiempo estimado de 8 horas, costo de reparación

								\$1300 USD
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bombear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Presión del sistema por encima de 2200 PSIG	A1.4	Válvula de alivio desajustada por encima de la presión de trabajo	A1.4.1	Comportamiento del sistema aparentemente normal, el motor trabaja forzado, altos impactos de la compuerta de flujo y mantenimiento, carga desbocada al bajar el chute, El manómetro de presión indica alta presión; Presión del sistema por encima de la presión nominal de las válvulas, bomba, acumuladores, conexiones, línea. Alto riesgo de daños a equipos y accesorios; Se requiere ajustar la válvula de alivio a una presión de 2200 PSIG, tiempo estimado 1 hora
1	SISTEMA DE POTENCIA	Bombear aceite hidráulico al sistema a un caudal 40 GPM y a una presión máxima de 2200 PSIG (10%)	A1	Presión del sistema por encima de 2200 PSIG	A1.4	Válvula de alivio pegada en posición cerrada por suciedad	A1.4.2	Comportamiento del sistema aparentemente normal, altos impactos de la compuerta de flujo y mantenimiento, carga desbocada al bajar el chute; Alta presión hidráulica que podría ocasionar Daño al personal; Posible pérdida de trenes; Presión del sistema por encima de la presión nominal de las válvulas, bomba, acumuladores, conexiones, línea. Alto riesgo de daños a equipos y accesorios; Se requiere intervenir el sistema y limpiar/cambiar la válvula de alivio. Tiempo estimado de 8 horas, costo de reparación \$1300 USD.
1	SISTEMA DE POTENCIA	Filtrar el aceite en la línea de succión de partículas contaminantes mayores o iguales de 100 micrones	A2	No filtra el aceite en la línea de succión de partículas contaminantes mayores o iguales a 100 micrones	A2.1	Bypass del filtro de línea de succión abierto por filtro sucio	A2.1.1	Comportamiento aparentemente normal del sistema, no protege la entrada de la bomba de partículas grandes que le puedan causar daños internos; ; Daños internos a la bomba; Se requiere limpiar la malla de succión de la contaminación, tiempo estimado 8 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Filtrar el aceite en la línea de succión de partículas contaminantes mayores o iguales de 100 micrones	A2	No filtra el aceite en la línea de succión de partículas contaminantes mayores o iguales a 100 micrones	A2.1	Filtro de línea de succión roto	A2.1.2	Comportamiento aparentemente normal del sistema, no protege la entrada de la bomba de partículas grandes que le puedan causar daños internos; Daños internos a la bomba; Se requiere cambiar el filtro de succión, costo de reparación 377 USD, tiempo estimado 8 horas.
1	SISTEMA DE POTENCIA	Purgar el aire atrapado en la bomba hidráulica	A3	No purga el aire atrapado en la bomba hidráulica	A3.1	Válvula de purga de aire pegada en posición cerrada por suciedad	A3.1.1	Sonido anormal de la bomba, cavitación de la bomba, no facilita el cebado de la bomba al iniciar con el circuito bloqueado, no purga el aire atrapado de la bomba. Daños internos a la bomba; Se requiere cambiar la válvula, Costo de relación \$150 USD , costo estimado de tiempo 8 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Aislar la bomba hidráulica y la válvula de alivio de choques de contraflujo o presión generada por los acumuladores hidráulicos.	A4	No aísla la bomba hidráulica y la válvula de alivio de la presión de los acumuladores.	A4.1	Válvula cheque con pase	A4.1.1	La presión del sistema oscila drásticamente, la bomba recibe choques de contraflujo o presiones generada de los acumuladores hidráulicos, además descarga a alta presión através de la válvula de alivio. Daños internos a la bomba; Se requiere revisar/cambiar la válvula de cheque, Costo de mantenimiento \$278 USD, Tiempo

								estimado 5 horas.
1	SISTEMA DE POTENCIA	Filtrar el aceite que es descargado desde la bomba a través de la válvula de alivio y retorno a taque de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	A5	No filtra el aceite descargado a través de la válvula de alivio a tanque de partículas contaminantes mayores a 10 micrones	A5.1	Bypass del filtro de descarga abierto por filtro sucio	A5.1.1	Indicador visual de derivación marca 13 PSI o mayor, Permite el paso de grandes partículas, contaminando todo el depósito de aceite. Se requiere cambiar el filtro, costo de mantto \$377 USD , tiempo estimado 2 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Filtrar el aceite que es descargado desde la bomba a través de la válvula de alivio y retorno a taque de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	A5	No filtra el aceite descargado a través de la válvula de alivio a tanque de partículas contaminantes mayores a 10 micrones	A5.1	Filtro de descarga roto	A5.1.2	Permite el paso de grandes partículas, contaminando todo el depósito de aceite. Se requiere cambiar el filtro, costo de mantto \$377 USD , tiempo estimado 2 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Indicar la presión de aceite del sistema hidráulico.	A6	Indica una presión errónea del sistema	A6.1	Puntero del manómetro desajustado	A6.1.1	El puntero de manómetro no comienza desde cero Se requiere cambiar el manómetro, costo de mantenimiento \$37 USD , tiempo estimado 2 horas
1	SISTEMA DE POTENCIA	Indicar la presión de aceite del sistema hidráulico.	A6	No indica la presión de aceite del sistema	A6.2	Caratula de manómetro contaminada	A6.2.1	El manómetro sucio de carbón/ aceite imposibilita la correcta lectura de presión; Se requiere limpiar/ cambiar el manómetro, costo \$ 37 USD, tiempo estimado 1 hora
1	SISTEMA DE POTENCIA	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de potencia.	A7	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de potencia	A7.1	Brida de la línea de succión de la bomba con fuga	A7.1.1	Se aprecia una fuga de aceite en la brida de la bomba, Entrada de aire en la zona de succión de la bomba, que pueden permitir la formación de aire o vapor en el fluido. Provocado el fenómeno de cavitación donde las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e imploran. Disminución de velocidad de accionamiento de los actuadores; ; Se requiere reparar la fuga, tiempo de reparación 5 horas, costo de mantenimiento \$ 176 USD
1	SISTEMA DE POTENCIA	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de potencia.	A7	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de potencia	A7.1	Tuberías y/o conexiones del sistema de potencia con fugas	A7.1.2	Se aprecia una fuga de aceite considerable en las tuberías y/o conexiones, Se requiere reparar fuga, tiempo estimado de reparación 6 horas, costo de reparación \$ 342 USD
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Motor de 2 HP quemado por perdida de aislamiento	B1.1.1	No hay ninguna respuesta por parte del motor, se evidencia olor a quemado, se ven parte ahumadas. No se acciona la bomba hidráulica, Calor excesivo, temperatura de aceite excesiva ,el aceite pierde sus propiedades lubricantes el cual causaría daños al todo el sistema; Se requiere cambiar el motor de 2 hp, costo de reparación \$ 987 USD, tiempo de reparación 8 horas

2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Motor de 3 HP quemado por pérdida de aislamiento	B1.1.2	No hay ninguna respuesta por parte del motor, se evidencia olor a quemado, se ven parte ahumadas. No se acciona el ventilador del intercambiador de calor, calor excesivo, temperatura de aceite excesiva ,el aceite pierde sus propiedades lubricantes el cual causaría daños al todo el sistema, Se requiere cambiar el motor de 3 hp, costo de reparación \$ 1127 USD, tiempo de reparación 8 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Partes internas de bomba rotos	B1.1.3	Operación de la bomba extremadamente ruidosa, no circula el caudal nominal en el sistema de enfriamiento recalentando el aceite del depósito. Sistema de enfriamiento y filtrado inoperativo; Se requiere cambiar la bomba, costo de reparación \$ 978 USD, tiempo estimado 8 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Rodamientos del motor de 2 HP frenados	B1.1.4	Altas temperatura y vibraciones del motor; Falla progresiva del motor podría causar el daño total del activo (motor, bomba); Se requiere cambiar el motor de 2 hp, costo de reparación \$ 987 USD, tiempo de reparación 8 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Rodamientos del motor de 3 HP frenados	B1.1.5	Altas temperatura y vibraciones del motor; Falla progresiva del motor podría causar el daño total del activo (motor, ventilador); Se requiere cambiar el motor de 3 hp, costo de reparación \$ 1127 USD, tiempo de reparación 8 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Acople mecánico del motor - bomba destruido	B1.1.6	Movimiento discontinuo motor-bomba, sonido anormal del sistema, altas vibraciones, calentamiento del motor. Se requiere tener acople mecánico, costo de reparación \$ 307.14, tiempo de reparación 4 horas.
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Intercambiador de calor obstruido externamente con suciedad	B1.1.7	Se ve rejillas del intercambiador sucio por carbón, arena, grava, etc. Dificulta la rata de disipación de calor disminuyendo el delta de temperatura de la entrada y salida del aceite, Se requiere limpiar las rejillas del intercambiador de calor, Tiempo estimado 2 hora.
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Intercambiador de calor obstruido internamente con material extraño	B1.1.8	Dificulta la rata de disipación de calor disminuyendo el delta de temperatura de la entrada y salida del aceite Se requiere limpiar/cambiar intercambiador, Costo de reparación 3729 USD, tiempo estimado 10 horas

2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Válvula de bola V4 de línea de succión cerrada	B1.1.9	Sonido anormal de la bomba, excesivo vacío en lado de succión de la bomba y la operación prologada en estas condiciones causara cavitación y falla final de la bomba; Bomba y motor expuesto a daños mayores. Se requiere abrir la válvula para normalizar el sistema, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema.
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Evacuar el calor generado en el sistema hidráulico manteniendo el aceite a una temperatura máxima de operación de 57 °C.	B1	Temperatura del aceite hidráulico mayor a 57 °C.	B1.1	Válvula de alivio del sistema de enfriamiento y filtrado pegada en posición abierta por suciedad	B1.1.10	Recirculación del aceite sin pasar por el intercambiador de calor. Aumentando la temperatura del aceite súbitamente Se requiere cambiar válvula de alivio, Costo de manto \$ 672.02 USD , tiempo estimado 6 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Filtrar el aceite a 5 micrones nominales y 10 micrones absolutos.	B2	No filtra el aceite de partículas contaminantes mayores o iguales a 10 micrones	B2.1	Bypass del filtro abierto por filtro sucio	B2.1.1	Indicador visual de derivación marca 13 PSI o mayor, Permite el paso de grandes partículas hacia el serpentín del intercambiador obstruyendo las paredes de material extraño, dichas partículas se pueden alojar en la paredes internas del serpentín divulgando la circulación del aceite de manera que el disminuiría el delta de temperatura; Falla progresiva en el funcionamiento del intercambiador de calor; Se requiere cambiar el filtro, costo de manto \$ 377 USD , tiempo estimado 2 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Filtrar el aceite a 5 micrones nominales y 10 micrones absolutos.	B2	No filtra el aceite de partículas contaminantes mayores o iguales a 10 micrones	B2.1	Filtro roto	B2.1.2	Comportamiento aparentemente normal del sistema, no protege la entrada partículas grandes hacia el intercambiador de calor, dichas partículas se pueden alojar en la paredes internas del serpentín divulgando la circulación del aceite de manera que el disminuiría el delta de temperatura; Falla progresiva en el funcionamiento del intercambiador de calor; Se requiere cambiar el filtro, costo de manto \$ 377 USD , tiempo estimado 2 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Limitar la presión del sistema de enfriamiento a 65PSIG	B3	No protege el sistema de sobrepresiones	B3.1	Válvula de alivio pegada en posición cerrada	B3.1.1	Motor de la bomba trabaja forzado, Sonido ruidoso de la bomba.; La sobrepresión puede causar daños en el motor y bomba; Se requiere cambiar la válvula de alivio, Costo de mantenimiento \$ 672.02 USD, tiempo estimado 5 horas
2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de enfriamiento.	B4	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de enfriamiento	B4.1	Brida de la línea de succión de la bomba de enfriamiento con fuga	B4.1.1	Se aprecia una fuga de aceite en la brida de la bomba, Entrada de aire en la zona de succión de la bomba, que pueden permitir la formación de aire o vapor en el fluido. Provocado el fenómeno de cavitación donde las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e imploran; Daño de la bomba de enfriamiento; Se requiere reparar la fuga, tiempo de reparación 4 horas, costo de reparación \$ 176 USD

2	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de enfriamiento.	B4	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del sistema de enfriamiento	B4.1	Tuberías y/o conexiones del s. de enfriamiento con fugas	B4.1.2	Se aprecia una fuga de aceite considerable en las tuberías y/o conexiones, Se requiere reparar fuga, tiempo estimado de reparación 6 horas, costo de reparación \$ 342 USD
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	No contiene herméticamente el aceite hidráulico	C1.1	Tanque de aceite hidráulico agrietado por deterioro	C1.1.1	Se aprecia corrosión, grietas, fugas en el tanque Se requiere reparar depósito de aceite , tiempo estimado 8 Horas
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	No contiene herméticamente el aceite hidráulico	C1.1	Sellos de sensor de temperatura de aceite cristalizados	C1.1.2	Se aprecia fuga en el sello de sensor de temperaturas requiere cambiar sellos, Tiempo estimado 5 horas
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	No contiene herméticamente el aceite hidráulico	C1.1	Sellos de sensor de nivel de aceite cristalizados	C1.1.3	Se aprecia fuga en el sello de sensor de nivel Se requiere cambiar sellos, Tiempo estimado 5 horas
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	Aceite del depósito contaminado.	C1.2	Tapa de llenado hermética con pase	C1.2.1	Se aprecia tapa de llenado desajustada ,perdida de ajuste de la tapa, polvillo de carbón logra entrar al depósito de aceite; Afecta a todos componentes del sistema; Se requiere cambiar/ ajustar la tapa de llenado, Costo de mantenimiento \$ 50 USD, tiempo estimado 1 hora
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	Aceite del depósito contaminado.	C1.2	Respiradero de aire obstruido por suciedad	C1.2.2	Se aprecia los respiraderos obstruidos por excesivas partículas de carbones el respiradero del tanque es descuidado resultara un excesivo vacío en el lado de succión de la bomba y la operación prolongada en estas condiciones causara cavitación (sonido anormal de la bomba) y falla final de la bomba. Pérdida progresiva de la integridad de la bomba; Se requiere limpiar los respiraderos o cambiarlos, tiempo de mantenimiento 2 horas

3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	Aceite del depósito contaminado.	C1.2	Aceite con alto grado de contaminación por operación	C1.2.3	La condición del aceite presenta alto grado de contaminación; Afecta a todos componentes del sistema; Se requiere evaluar las condiciones del aceite y determinar el cambio, tiempo estimado 6 horas.
3	DEPOSITO DE ACEITE	Contener herméticamente el aceite hidráulico previniendo la entrada de contaminantes y manteniendo un nivel de aceite adecuado para la operación del sistema.	C1	Nivel de aceite inadecuado para la operación del sistema	C1.3	Bajo nivel de aceite	C1.3.1	Se aprecia el nivel bajo de aceite en la mirilla de tanque, posible cavitación de la bomba.; Daños en la bomba; Se requiere llenar con aceite adecuado, tiempo estimado de 3 horas
3	DEPOSITO DE ACEITE	Indicar un nivel bajo crítico de aceite en el depósito y apagar las bombas hidráulicas.	C2	No indica un nivel bajo crítico de aceite en el depósito y no apaga las bombas hidráulicas cuando detecte un nivel crítico de aceite.	C2.1	Interruptor de nivel de aceite quemado	C2.1.1	Deposito sin control de nivel, no apaga la bomba al presentarse bajo nivel de aceite.; Afecta a todos componentes del sistema; Se requiere cambiar el interruptor de nivel, Costo de manto \$ 419 USD, tiempo estimado 4 horas.
3	DEPOSITO DE ACEITE	Enviar señal de corte para apagar el motor de la bomba hidráulica en el caso de que el aceite hidráulico obtenga una temperatura mayor o igual a 60 °C	C3	Incapaz de enviar señal de corte al motor cuando la temperatura del aceite sea mayor o igual a 60 °C	C3.1	Interruptor de temperatura de aceite TS2 quemado	C3.1.1	Sistema de enfriamiento sin control de temperatura, la temperatura de aceite podría ser excesiva, el aceite pierde sus propiedades lubricantes el cual causaría daños al todo el sistema.; Afecta a todos componentes del sistema; Se requiere cambiar el interruptor de temperatura, Costo de mantto \$ 169 USD, tiempo estimado 4 horas.
3	DEPOSITO DE ACEITE	Prevenir turbulencias y aireación del fluido hidráulico cuando retorna a tanque.	C4	Incapaz de prevenir turbulencias y aireación del fluido hidráulico cuando retorna a tanque.	C4.1	Difusor de la línea de retorno de aceite roto	C4.1.1	Sonido agitado en el tanque de aceite, altas turbulencias en el depósito. Se requiere cambiar el difusor, Costo de mantto \$ 50 USD , tiempo estimado 8 horas
3	DEPOSITO DE ACEITE	Enviar señal de accionamiento al motor del ventilador del intercambiador de calor del sistema de enfriamiento cuando la temperatura de aceite alcance los 55 °C	C5	Incapaz de enviar señal de accionamiento al motor del intercambiador de calor del sistema de enfriamiento cuando la temperatura de aceite alcance los 55 °C	C5.1	Interruptor de temperatura de aceite TS1 quemado	C5.1.1	No se acciona el motor del ventilador, el aceite alcanza temperaturas excesivas, el aceite pierde sus propiedades lubricantes el cual causaría daños al todo el sistema.; Afecta a todos componentes del sistema; Se requiere cambiar el interruptor de temperatura, Costo de mantto \$ 169 USD, tiempo estimado 4 horas.

4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	No suministra flujo suplementario a los cilindros hidráulicos en operación	D1.1	Válvula de aguja de 1-1/2" cerrada	D1.1.1	Se aprecia válvula estranguladora de caudal cerrada, comportamiento anormal del sistema, no se acciona correctamente los actuadores, no responde el sistema, no hay carga de los acumuladores, los acumuladores no entregan el caudal adicional, no se acciona el sistema de emergencia.; Se requiere abrir la válvula para normalizar el sistema, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema.
4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	No suministra flujo suplementario a los cilindros hidráulicos en operación	D1.1	Válvulas de aguja de 1/4" abierta	D1.1.2	Se aprecia válvula de descarga abierta, todo el fluido de la bomba y los acumuladores se descarga directamente a tanque el sistema no adquiere presión.; Se requiere cerrar la válvula para normalizar el sistema, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema.
4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	No suministra flujo suplementario a los cilindros hidráulicos en operación	D1.1	Válvulas de bola de 1-1/4" cerrada	D1.1.3	Válvula de bola de cualquier acumulador cerrada, aísla el acumulador del sistema, el sistema no responde con normalidad, no se acciona correctamente s. de emergencia; Se requiere abrir la válvula para normalizar el sistema, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema.
4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	Suministra menos de 27.72 galones y 2000 PSIG en operación normal y en caso de un falla de potencia	D1.2	Perdida de presión de gas de nitrógeno por operación normal	D1.2.1	La carga del gas no se mantiene a 1200 PSIG, la carga de gas no permanecerá fija indefinidamente. Mientras los acumuladores operan, el gas puede escaparse al igual puede ocurrir al descargar el fluido. Se requiere verificar la carga de gas y cargar los acumuladores, tiempo estimado 4 horas

4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	Suministra menos de 27.72 galones y 2000 PSIG en operación normal y en caso de un falla de potencia	D1.2	Sellos de los acumuladores desgastados	D1.2.2	La carga del gas no se mantiene a 1200 PSIG, eventualmente los sellos de los acumuladores se desgastan, cuando esto ocurre, se empezara a notar una rápida disminución del gas de nitrógeno, Reemplazar los sellos de los acumuladores, cambiar los acumuladores, Costo \$ 274.28 USD, tiempo estimado 8 horas
4	ACUMULADORES	Suministrar flujo suplementario a los cilindros hidráulicos adicional a la salida de la bomba y suministrar 27.72 galones a 2000 PSIG para cerrar las compuertas y levantar la tolva en caso de una falla de potencia.	D1	Suministra menos de 27.72 galones y 2000 PSIG en operación normal y en caso de un falla de potencia	D1.2	Acumuladores en operación menor a cuatro	D1.2.3	Se aprecia uno o varios acumuladores DOWN, el número de acumuladores de operación debe ser de 4 para que se pueda cumplir con 27.72 galones, cada acumulador proporciona un caudal de 6.93 galones; Afecta a la operación normal del sistema; Se requiere verificar la operación de los cuatro acumuladores para el correcto funcionamiento, realizar entrenamiento al personal para la correcta operación del sistema
4	ACUMULADORES	Drenar el aceite presurizado proveniente de los acumuladores de regreso al depósito para permitir una reparación o mantenimiento seguro de la unidad hidráulica y el sistema de descarga.	D3	No se puede drenar el aceite de los acumuladores a tanque.	D3.1	Válvula de aguja de 1/4" sin manivela.	D3.1.1	Se aprecia la válvula sin manivela y se dificulta su apertura o cierre.; Se requiere el cambio de la válvula de aguja de 1/4", costo \$ 65 USD, duración 2 horas.
4	ACUMULADORES	Aislar los acumuladores en el sistema hidráulico en el caso de una inspección de mantenimiento o desarme de cualquier equipo hidráulico	D4	Incapaz de aislar los acumuladores en el sistema hidráulico en caso de mantenimiento	D4.1	Válvulas de bola de 1-1/4" sin manivela.	D4.1.1	Se aprecia la válvula sin manivela y se dificulta su apertura o cierre.; Se requiere el cambio de la válvula de bola de 1 1/4", costo \$ 418 USD, duración 2 horas.
4	ACUMULADORES	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de los acumuladores	D5	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de los acumuladores	D5.1	Tuberías y/o conexiones de los acumuladores con fugas	D5.1.1	Se ve fugas de aceite en las conexiones y válvulas de bola de los acumuladores Se requiere repara fugas, cambio de válvulas, costo de mantto \$ 418 USD, tiempo estimado 4 horas
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Carrete de la válvula direccional obstruida por suciedad	E1.1.1	La válvula no conmuta al accionarla por taponamiento la línea de pilotaje o pegada por suciedad.; Posible pérdida de trenes.; Se requiere cambiar/limpiar válvula direccional, costo \$ 3,066 USD, Duración 6 horas.

5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	E1.1.2	La válvula piloto no conmuta al accionarla; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	E1.1.3	La válvula piloto no conmuta al accionarla, la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, al abrir la compuerta y soltar el mando esta se cierra sin accionarla.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Sensor de proximidad de posición chute abajo quemado	E1.1.4	Al mover el chute a la posición abajo este sensor no actúa, lo cual no permite que se abra la compuerta de flujo.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la calibración (distancia de censado) o cambiar el sensor. Costo \$ 200 USD. Duración 1 Hora.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Cable de sensor de posición del chute abajo roto	E1.1.5	Al mover el chute a la posición abajo este sensor no actúa, lo cual no permite que se abra la compuerta de flujo.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la alimentación del sensor y reparar o cambiar el cable. Tiempo 1 hora.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	No acciona compuerta de control de flujo	E1.1	Cilindros de compuerta de flujo con fugas internas	E1.1.6	Al cerrar la compuerta de flujo no cierra, el sello interno totalmente destruido lo cual no existe hermeticidad (lado ciego y lado vástago) entre cámaras del cilindro lo que provoca que se iguale las presiones e imposibilite el movimiento; ; Posible pérdida de trenes; ; Se debe hacer una prueba de hermeticidad de los cilindros y detectar cual lado está fugando y programar cambio de cilindro, Duración 8 horas
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	Acciona compuerta de flujo por encima de 3 segundos (abrir/ cerrar)	E1.2	Válvulas direccional esclava descalabrada	E1.2.1	La apertura de la compuerta de flujo es lenta; Se debe verificar la calibración girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. Tiempo 1 hora.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Accionar compuerta de control de flujo en 3 segundos (abrir / cerrar).	E1	Acciona compuerta de flujo por encima de 3 segundos (abrir/ cerrar)	E1.2	Cilindros con fugas internas	E1.2.2	Reducción en las velocidades de desplazamiento, perdida de la eficiencia de sellado que ocasiona fugas internas entre cámaras.; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ 450 USD. Tiempo 8 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Controlar carga de embalsamiento de la compuerta de flujo absorbiendo en forma eficiente los impactos	E2	No absorbe los impactos	E2.1	Válvula Dual contrabalancee descalabrada	E2.1.1	Se aprecia fuertes impactos a la abertura y cierre de la compuerta de flujo; ; Se afecta la estructura del chute; Se requiere calibrar la válvula dual contrabalancee a un taraje de 1600 PSI, tiempo estimado 1 hora

5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Cerrar la compuerta de control de flujo cuando ocurra una falla de potencia.	E3	No cierra la compuerta de control de flujo cuando ocurre una falla de potencia	E3.1	Carrete de la válvula direccional de seguridad obstruida por suciedad	E3.1.1	La válvula direccional de seguridad no retorna a su posición inicial al desenrizarse; Derrame de carbón, tiempo perdido, posible descarrilamiento del tren; Daño a la estructura superior si actúa la válvula de seguridad de levate de chute; Se requiere limpiar/cambiar la válvula direccional de seguridad. Costo \$ 2,331 USD. Tiempo 6 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Cerrar la compuerta de control de flujo cuando ocurra una falla de potencia.	E3	No cierra la compuerta de control de flujo cuando ocurre una falla de potencia	E3.1	Cheque de la contrabalancee con fuga	E3.1.2	Al accionar la parada de emergencia o en caso de una falla de potencia la compuerta de flujo cierra demasiado lento o no cierra totalmente; Derrame de carbón, tiempo perdido, posible descarrilamiento del tren; Daño a la estructura superior si actúa la válvula de seguridad de levate de chute; Se requiere limpiar/cambiar la válvula de contrabalancee. Costo \$ 517 USD. Tiempo 4 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Aislar la válvula direccional de seguridad durante la operación normal del circuito de la compuerta de control de flujo.	E4	Permite el paso de aceite a la válvula de seguridad en operación normal	E4.1	Modulo dual de cheque con fuga	E4.1.1	Se aprecia un accionamiento más lento de la compuerta, la presión del manifold cae, el fluido se escapa a tanque; Se requiere cambiar la válvula de cheque pilotada. Costo \$ 300 USD. Tiempo 4 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Permanecer cerrada la válvula de seguridad de control de flujo en operación normal	E5	Válvula de seguridad de control de flujo abierta en operación normal	E5.1	Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	E5.1.1	La válvula piloto no conmuta al accionarla, la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, al abrir la compuerta y soltar el mando esta se cierra sin accionarla.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Permanecer cerrada la válvula de seguridad de control de flujo en operación normal	E5	Válvula de seguridad de control de flujo abierta en operación normal	E5.1	Cable de alimentación de la solenoide roto	E5.1.2	Al encender la unidad la solenoide no se energiza por ausencia de tensión la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, al abrir la compuerta y soltar el mando esta se cierra sin accionarla.; Se debe verificar/cambiar el cable de alimentación de la bobina. Costo \$ 114 USD. Duración 4 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de flujo	E6	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de flujo	E6.1	Mangueras y/o conexiones de la compuerta de flujo con fugas	E6.1.1	Se aprecia fugas por conexiones o cuerpo de la manguera; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar la manguera con fuga. Costo \$ 348 USD. Tiempo 2 horas.
5	COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de flujo	E6	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la	E6.1	Cilindros con fugas externas	E6.1.2	Se aprecia fuga en los sellos del vástago o en el cuerpo del cilindro; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ 450 USD. Tiempo 8 horas.

				compuerta de flujo				
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	No acciona compuerta de mantenimiento	F1.1	Carrete de la válvula direccional obstruida por suciedad	F1.1.1	La válvula no conmuta al accionarla por taponamiento la línea de pilotaje o pegada por suciedad.; Posible pérdida de trenes.; Se requiere cambiar/limpiar válvula direccional, costo \$ 3,066 USD, Duración 6 horas.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	No acciona compuerta de mantenimiento	F1.1	Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	F1.1.2	La válvula piloto no conmuta al accionarla.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	No acciona compuerta de mantenimiento	F1.1	Sensor de proximidad de posición chute abajo quemado	F1.1.3	Al mover el chute a la posición abajo este sensor no actúa, lo cual no permite que se abra la compuerta de mantenimiento.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la calibración (distancia de censado) o cambiar el sensor. Costo \$ 200 USD. Duración 1 Hora.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	No acciona compuerta de mantenimiento	F1.1	Cable de sensor de posición de chute abajo roto	F1.1.4	Al mover el chute a la posición abajo este sensor no actúa, lo cual no permite que se abra la compuerta de mantenimiento.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la alimentación del sensor y reparar o cambiar el cable. Tiempo 1 hora.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	No acciona compuerta de mantenimiento	F1.1	Cilindro de compuerta de mantenimiento con fugas internas	F1.1.5	Al abrir/ cerrar la compuerta de mantenimiento no realiza ningún movimiento, debido a que los sellos internos están totalmente destruido y se pierde la hermeticidad del cilindro provocando que la presión retorne a tanque y no realice ningún movimiento; posible pérdida de trenes; Se debe realizar prueba de hermeticidad del cilindro de mantenimiento y programar cambio de cilindro, Duración 8 horas.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	Acciona compuerta de mantenimiento por encima de 4 segundos (abrir / cerrar)	F1.2	Válvulas direccional esclava descalibrada	F1.2.1	La apertura de la compuerta de mantenimiento es lenta; Se debe verificar la calibración girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. Tiempo 1 hora.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Accionar compuerta de mantenimiento en 4 segundos (abrir / cerrar).	F1	Acciona compuerta de mantenimiento por encima de 4 segundos (abrir / cerrar)	F1.2	Cilindro con fugas internas	F1.2.2	Reducción en las velocidades de desplazamiento, perdida de la eficiencia de sellado que ocasiona fugas internas entre cámaras.; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ 450 USD. Tiempo 8 horas.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Controlar carga de embalamiento de la compuerta de mantenimiento absorbiendo en forma	F2	No absorbe los impactos	F2.1	Válvula Dual contrabalancee descalibrada	F2.1.1	Se aprecia fuertes impactos a la abertura y cierre de la compuerta de mantenimiento; ; Se afecta la estructura del chute; Se requiere calibrar la válvula dual contrabalancee a un taraje de 600 PSI, tiempo estimado 1 hora

		eficiente los impactos						
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Limitar la presión de aceite en el lado ciego del cilindro de la compuerta de manteamiento a 1700 PSIG	F3	Limita la presión del aceite en el lado ciego del cilindro de la compuerta de mantenimiento por debajo de 1700 PSIG	F3.1	Válvula reguladora de presión descalibrada por debajo de 1700 PSIG	F3.1.1	Se aprecia problemas al cerrar la compuerta de mantenimiento, queda abierta; Se requiere tarar la válvula de reducción de presión a 1,700 PSIG, girar en sentido horario para aumentar el taraje o cambiar válvula. Costo \$ 401 USD. Tiempo 2 horas
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Limitar la presión de aceite en el lado ciego del cilindro de la compuerta de manteamiento a 1700 PSIG	F3	Limita la presión del aceite en el lado ciego del cilindro de la compuerta de mantenimiento por encima de 1700 PSIG	F3.2	Válvula reguladora de presión descalibrada por encima de 1700 PSIG	F3.2.1	Se aprecian daños en la compuerta de mantenimiento o en el vástago de cilindro que se relacionan con fuerzas excesivas; Se requiere tarar la válvula de reducción de presión a 1,700 PSIG, girar en sentido anti horario para disminuir el taraje o cambiar válvula. Costo \$ 401 USD. Tiempo 2 horas
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de mantenimiento	F4	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de mantenimiento	F4.1	Mangueras y/o conexiones de la compuerta de mantenimiento con fugas	F4.1.1	Se aprecia fugas por conexiones o cuerpo de la manguera; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar la manguera con fuga. Costo \$ XXXX. Tiempo 2 horas.
6	COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de mantenimiento	F4	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios de la compuerta de mantenimiento	F4.1	Cilindro con fugas externas	F4.1.2	Se aprecia fuga en los sellos del vástago o en el cuerpo del cilindro; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ xxx. Tiempo 8 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	No realiza ningún movimiento el chute	G1.1	Carrete de la válvula direccional obstruida por suciedad	G1.1.1	La válvula no conmuta al accionarla por taponamiento la línea de pilotaje o pegada por suciedad.; Posible pérdida de trenes.; Se requiere cambiar/limpiar válvula direccional, costo \$ 3,066 USD, Duración 6 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	No realiza ningún movimiento el chute	G1.1	Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	G1.1.2	La válvula piloto no conmuta al accionarla; ; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.

7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	No realiza ningún movimiento el chute	G1.1	Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	G1.1.3	La válvula piloto no conmuta al accionarla, la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, el chute no baja al accionarlo; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	No realiza ningún movimiento el chute	G1.1	Sensor de proximidad de posición compuerta de flujo cerrada quemado	G1.1.4	El sensor no detecta la posición de la compuerta de flujo cerrada, lo cual no permite el accionamiento del chute; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la calibración (distancia de censado) o cambiar el sensor. Costo \$ 200 USD. Duración 1 Hora.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	No realiza ningún movimiento el chute	G1.1	Cable de sensor de posición compuerta de flujo cerrada roto	G1.1.5	El sensor no detecta la posición de la compuerta de flujo cerrada, lo cual no permite el accionamiento del chute; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la alimentación del sensor y reparar o cambiar el cable. Tiempo 1 hora.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	Acciona el chute en más de 10 segundos	G1.2	Válvulas direccional esclava descalibrada	G1.2.1	El accionamiento del chute es lento; Se debe verificar la calibración girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. Tiempo 1 hora.
7	LOADOUT CHUTE	Subir y bajar el chute en 10 segundos.	G1	Acciona el chute en más de 10 segundos	G1.2	Cilindros con fugas internas	G1.2.2	Reducción en las velocidades de desplazamiento, perdida de la eficiencia de sellado que ocasiona fugas internas entre cámaras.; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ 450 USD. Tiempo 8 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	No controla la carga de embalamiento	G2.1	Válvula de contrabalancee descalibrada por debajo de 1800 PSIG	G2.1.1	Se aprecia que al bajar el chute se desboca; Se afecta la estructura del chute; Se debe calibrar la válvula en sentido anti horario para aumentar el taraje hasta llegar a 1,800 PSIG. Tiempo 2 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	Controla la carga de bajada con movimientos intermitentes	G2.2	Válvula de contrabalancee descalibrada por encima de 1800 PSIG	G2.2.1	Se aprecia que el chute baja de forma irregular o intermitente; Se afecta la estructura del chute; Se debe calibrar la válvula en sentido horario para disminuir el taraje hasta llegar a 1,800 PSIG. Tiempo 2 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	No se sostiene el chute en la posición de reposo	G2.3	Cilindros con fugas internas	G2.3.1	Se aprecia que el chute se descuelga en posición de reposo sin presión en el sistema, perdida de la eficiencia de sellado que ocasiona fugas internas entre cámaras; Se requiere realizar prueba de estanqueidad a los cilindros para confirmar esta condición y cambiar cilindros. Costo \$ 450 USD. Tiempo 10 horas.

7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	No se sostiene el chute en la posición de reposo	G2.3	Válvula de contrabalancee descalibrada por debajo de 1800 PSIG	G2.3.2	Se aprecia que el chute se descuelga en posición de reposo sin presión en el sistema, la presión generada por el peso del chute vence al taraje de la válvula contrabalancee permitiendo que esta se abra. Se afecta la estructura del chute; Se debe calibrar la válvula en sentido anti horario para aumentar el taraje hasta llegar a 1,800 PSIG o cambiar la válvula en caso de que no permita su taraje. Costo \$ 663 USD. Tiempo 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	No se sostiene el chute en la posición de reposo	G2.3	Cheque de la válvula contrabalancee con fuga	G2.3.3	Se aprecia que el chute se descuelga en posición de reposo sin presión en el sistema, Se escucha paso de flujo presurizado en el bloque; Limpiar o cambiar la válvula de contrabalancee. Costo \$ 663 USD. Tiempo 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Controlar la carga de embalamiento y sostener la carga del chute.	G2	No se sostiene el chute en la posición de reposo	G2.3	Modulo dual de cheque de chute con fuga	G2.3.4	Se aprecia que el chute se descuelga en posición de reposo sin presión en el sistema, Se escucha paso de flujo presurizado en el bloque; Limpiar o cambiar la válvula cheque pilotada. Costo \$ 300 USD. Tiempo 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Subir el chute y llevarlo a la posición de reposo cuando ocurra una falla de potencia.	G3	No sube el chute y no se posiciona en su posición de reposo cuando ocurre una falla de potencia	G3.1	Carrete de la válvula direccional obstruido por suciedad	G3.1.1	En caso de una falla de potencia, la válvula direccional de seguridad no retorna a su posición inicial al desenerizarse.; Se requiere limpiar/cambiar la válvula direccional de seguridad. Costo \$ 2,331 USD. Tiempo 6 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Subir el chute y llevarlo a la posición de reposo cuando ocurra una falla de potencia.	G3	No sube el chute y no se posiciona en su posición de reposo cuando ocurre una falla de potencia	G3.1	Cheque de la contrabalancee con fuga	G3.1.2	Al accionar la parada de emergencia o en caso de una falla de potencia el chute no sube completamente/ lento; Se requiere limpiar/cambiar la válvula de contrabalancee. Costo \$ 517 USD. Tiempo 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Aislar la válvula de direccional de seguridad durante la operación normal del circuito de descarga de tolva.	G4	Permite el paso de aceite a la válvula de seguridad durante la operación normal	G4.1	Modulo dual de cheque con fuga	G4.1.1	Dificultad para subir el chute, la presión del manifold cae, el fluido se escapa a tanque; Se requiere cambiar la válvula de cheque pilotada. Costo \$ 300 USD. Tiempo 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Permanecer cerrada la válvula de seguridad de la tolva en operación normal.	G5	No permanece cerrada la válvula de seguridad de la tolva en operación normal	G5.1	Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	G5.1.1	La válvula piloto no conmuta al accionarla, la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, el chute tiende a levantarse.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar la bobina afectada, que no esté en corto o que las conexiones no estén sueltas. Costo \$ 1,628 USD. Duración 2 horas.

7	LOADOUT CHUTE	Permanecer cerrada la válvula de seguridad de la tolva en operación normal.	G5	No permanece cerrada la válvula de seguridad de la tolva en operación normal	G5.1	Cable de alimentación de la solenoide roto	G5.1.2	Al encender la unidad la solenoide no se energiza por ausencia de tensión la presión del sistema pasa a través de la válvula de seguridad generando una presión de contra flujo, el chute tiende a levantarse.; Posible pérdida de trenes.; Se debe verificar/cambiar el cable de alimentación de la bobina. Costo \$ 114 USD. Duración 4 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del chute	G6	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del chute	G6.1	Mangueras y/o conexiones del chute con fugas	G6.1.1	Se aprecia fugas por conexiones o cuerpo de la manguera; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar la manguera con fuga. Costo \$ 345 USD. Tiempo 2 horas.
7	LOADOUT CHUTE	Contener el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del chute	G6	No contiene el aceite herméticamente en los componentes y accesorios del chute	G6.1	Cilindros con fugas externas	G6.1.2	Se aprecia fuga en los sellos del vástago o en el cuerpo del cilindro; Reguero de aceite que crea riesgo de resbalar; Se debe cambiar el cilindro con fuga. Costo \$ 450 USD. Tiempo 8 horas.
8	SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Filtrar el aceite del manifold de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	H1	No filtra el aceite de manifold de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	H1.1	Bypass del filtro abierto por filtro sucio	H1.1.1	Indicador visual de derivación marca 45 PSI o mayor, Permite el paso de grandes partículas hacia el manifold, dichas partículas destruyen los sellos afectando válvulas y cilindros del sistema .; ; ; Falla progresiva en el funcionamiento del manifold y cilindros; Se requiere cambiar el filtro, costo de mantto , tiempo estimado 2 horas
8	SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Filtrar el aceite del manifold de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	H1	No filtra el aceite de manifold de partículas contaminantes mayores o iguales de 10 micrones	H1.1	Filtro roto	H1.1.2	Comportamiento aparentemente normal del sistema, no protege la entrada partículas grandes hacia el manifold, dichas partículas destruyen los sellos afectando válvulas y cilindros del sistema. Falla progresiva en el funcionamiento del manifold y cilindros; Se requiere cambiar el filtro, costo de mantto \$ 377 USD , tiempo estimado 2 horas
8	SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Indicar baja presión del sistema menor a 1500 PSIG	H2	Incapaz de indicar baja presión del sistema menor a 1500 PSIG	H2.1	Interruptor de presión quemado	H2.1.1	No indica alarma por baja presión del sistema Se requiere cambiar interruptor de presión , costo de mantto \$ 21.61 USD, tiempo de reparación 2 horas
8	SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Indicar la presión de aceite del manifold	H3	Indica una presión errónea del sistema	H3.1	Puntero del manómetro desajustado	H3.1.1	El puntero de manómetro no comienza desde cero Se requiere cambiar el manómetro, costo de mantenimiento \$ 37 USD , tiempo estimado 2 horas
8	SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	Indicar la presión de aceite del manifold	H3	No indica la presión de aceite del sistema	H3.2	Caratula de manómetro contamina	H3.2.1	El manómetro sucio de carbón/ aceite imposibilita la correcta lectura de presión; Se requiere limpiar/cambiar el manómetro, costo \$ 37 USD, tiempo estimado 1 hora

Fuente: Autores

Tabla 4. Definición de tareas

FALLA OCULTA	Cód. MF	Probabilidad	Valoración del Riesgo	Valor económico del riesgo (Número)	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	Tipo de Variable	FREC.	RECURSOS	Cod. Tarea	Otros datos de la tarea
NO	A1.1.1	Improbable	H	\$ 135.000,00	MONITOREO	Inspeccionar la temperatura del motor de 75 hp con termografía infrarroja	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía	T1	Despliegue para ver más datos
NO	A1.1.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	A1.1.3	Improbable	H	\$ 135.000,00	MONITOREO	Realizar inspección por vibraciones mecánica del lado acople motor - bomba	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones	T2	Despliegue para ver más datos
NO	A1.1.4	Ocasional	H	\$ 110.000,00	REACOND.	Lubricar los rodamientos del motor de 75 HP	Mes calendario	1	Tec. Eléctrico;	T3	Despliegue para ver más datos
SI	A1.2.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Medir el caudal de la bomba del sistema de potencia y compararlo con el nominal, si la eficiencia es menor a 80% reportar al supervisor de mantenimiento para programar cambio del componente.	Mes calendario	6	Tec. Mecánico, operador; Caudalímetro	T4	Despliegue para ver más datos
SI	A1.2.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	A1.3.1	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Verificar la presión del sistema en el manómetro que corresponda a 2200 PSIG y reajustar de ser necesario	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T5	Despliegue para ver más datos
NO	A1.3.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	A1.4.1	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Verificar la presión del sistema en el manómetro que corresponda a 2200 PSIG y reajustar de ser necesario	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T6	Despliegue para ver más datos
SI	A1.4.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	A2.1.1	Moderado	H	\$ 55.000,00	REACOND.	Limpiar la malla de succión de la bomba	Mes calendario	4	Tec. Mecánico.	T7	Despliegue para ver más datos
SI	A2.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Verificar si la malla de succión de la bomba se encuentra rota y en caso de estar rota reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	4	Tec. Mecánico.	T8	Despliegue para ver más datos
SI	A3.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A						No hay

					FALLA					más datos	
SI	A4.1.1	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas dinámicas al sistema, verificando el comportamiento de los ciclos de carga de los acumuladores, inspeccione que la presión del sistema no oscile drásticamente, verifique que al momento de alcanzar los 2200 PSIG la bomba descargue a baja presión (cambio de sonido en la bomba)	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T9	Despliegue para ver más datos
SI	A5.1.1	Moderado	H	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro de descarga durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 15 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 13 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado.	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T10	Despliegue para ver más datos
SI	A5.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	CAMBIO	Reemplazar el filtro de línea de descarga de la bomba	Mes calendario	12	Tec. Mecánico.	T11	Despliegue para ver más datos
SI	A6.1.1	Remoto	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	A6.2.1	Moderado	M	\$ -	REACOND.	Limpiar la caratula del manómetro, si se encuentra contaminado de aceite y/o carbón la parte interior del manómetro reemplazar.	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T12	Despliegue para ver más datos
SI	A7.1.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar visualmente si la brida de acople de la bomba tiene fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T13	Despliegue para ver más datos
SI	A7.1.2	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar visualmente si las conexiones y/o tuberías tienen fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T14	Despliegue para ver más datos
NO	B1.1.1	Ocasional	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Inspeccionar la temperatura del motor de 2 hp con termografía infrarroja	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía	T15	Despliegue para ver más datos
NO	B1.1.2	Improbable	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Inspeccionar la temperatura del motor de 3 hp con termografía infrarroja	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía	T16	Despliegue para ver más datos
SI	B1.1.3	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Medir el caudal de la bomba de enfriamiento y compararlo con el	Mes calendario	6	Tec. Mecánico, operador. Caudal	T17	Despliegue para ver

						nominal, si la eficiencia es menor a 80% reportar al supervisor de mantenimiento para programar cambio del componente.			metro		más datos
NO	B1.1.4	Improbable	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Realizar inspección por vibraciones mecánica a los rodamientos del motor de 2 Hp de la bomba de enfriamiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones	T18	Despliegue para ver más datos
NO	B1.1.5	Improbable	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Realizar inspección por vibraciones mecánica a los rodamientos del motor de 3 Hp del ventilador	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones	T19	Despliegue para ver más datos
NO	B1.1.6	Improbable	M	\$ 55.000,00	MONITOREO	Realizar inspección por vibraciones mecánica del lado acople motor - bomba del sistema de enfriamiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones	T20	Despliegue para ver más datos
SI	B1.1.7	Frecuente	M	\$ 5.000,00	REACOND.	Limpiar las rejillas del intercambiador de calor	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T21	Despliegue para ver más datos
SI	B1.1.8	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar la temperatura en la entrada y salida del serpentín y verificar Delta de temperatura sea mayor 10 grados y de no ser así reportarlo con el supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico; formato de inspección; Pistola laser infrarrojo de temperatura	T22	Despliegue para ver más datos
SI	B1.1.9	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	B1.1.10	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	B2.1.1	Moderado	H	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro del sistema de enfriamiento durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 15 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 13 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado.	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T23	Despliegue para ver más datos
SI	B2.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	CAMBIO	Reemplazar el filtro de del sistema de enfriamiento del sistema	Mes calendario	12	Tec. Mecánico.	T24	Despliegue para ver más datos
SI	B3.1.1	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	B4.1.1	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar visualmente si la brida de acople de la bomba tiene fugas de aceite	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T25	Despliegue para ver

						y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento					más datos
SI	B4.1.2	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar visualmente si las conexiones y/o tuberías tienen fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T26	Despliegue para ver más datos
SI	C1.1.1	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	C1.1.2	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	C1.1.3	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	C1.2.1	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Verificar si la tapa de llenado del depósito se encuentra cerrada y no permite el paso de contaminantes	Mes calendario	1	Tec. Mecánico.	T27	Despliegue para ver más datos
SI	C1.2.2	Frecuente	H	\$ 55.000,00	REACOND.	Limpiar los respiraderos con solvente y secar con aire comprimido. De ser necesario coordinar el remplazo de los respiraderos que estén en muy mal estado.	Mes calendario	1	Tec. Mecánico; Solvente y aire comprimido;	T28	Despliegue para ver más datos
SI	C1.2.3	Ocasional	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Tomar muestra de aceite para realizar análisis de aceite con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado, o si debe ser cambiado	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, Grupo GIT.	T29	Despliegue para ver más datos
SI	C1.3.1	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del depósito del sistema	Semana calendario	1	Operador.	T30	Despliegue para ver más datos
SI	C2.1.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de nivel de aceite y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	6	Tec. Eléctrico, operador.	T31	Despliegue para ver más datos
SI	C3.1.1	Remoto	H	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de temperatura TS2 y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	6	Tec. Eléctrico, operador.	T32	Despliegue para ver más datos
SI	C4.1.1	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	C5.1.1	Remoto	H	\$ 110.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de temperatura TS1 y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	6	Tec. Eléctrico, operador.	T33	Despliegue para ver más datos
NO	D1.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	D1.1.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	D1.1.3	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A						No hay

					FALLA						más datos
SI	D1.2.1	Frecuente	H	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar si la carga de los acumuladores es de 1200 Psi y de no ser así, proceder adicionar precarga.	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T34	Despliegue para ver más datos
SI	D1.2.2	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Verifique la presión de los acumuladores y realice pruebas cíclicas, si nota una pérdida de presión acelerada reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	6	Tec. Mecánico, operador.	T35	Despliegue para ver más datos
SI	D1.2.3	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA			1			No hay más datos
NO	D3.1.1	Imposible	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	D4.1.1	Imposible	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	D5.1.1	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las válvulas y/o en los conectores del acumulador	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T36	Despliegue para ver más datos
NO	E1.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	E1.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T37	Despliegue para ver más datos
NO	E1.1.3	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de la solenoide de la válvula direccional de seguridad de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T38	Despliegue para ver más datos
NO	E1.1.4	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar si el sensor de proximidad de posición del chute se activa a llegar a la posición de abajo y ajustar posición del sensor	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador;	T39	Despliegue para ver más datos
NO	E1.1.5	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	E1.1.6	Remoto	H	\$ 110.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de flujo y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador;	T40	Despliegue para ver más datos
SI	E1.2.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Realizar prueba dinámica de la compuerta de flujo y verificar si la compuerta se abre y cierra a 3 segundos y en caso que no sea así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad.	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T41	Despliegue para ver más datos
SI	E1.2.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los	Mes	3	Tec. Mecánico,	T42	Despliegue

						cilindros hidráulicos de la compuerta de flujo y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	calendario		operador;		para ver más datos
NO	E2.1.1	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	E3.1.1	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T43	Despliegue para ver más datos
SI	E3.1.2	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T44	Despliegue para ver más datos
SI	E4.1.1	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	E5.1.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de seguridad de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T45	Despliegue para ver más datos
SI	E5.1.2	Improbable	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	E6.1.1	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones de la compuerta de flujo	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T46	Despliegue para ver más datos
SI	E6.1.2	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en los cilindros de la compuerta de flujo	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T47	Despliegue para ver más datos
NO	F1.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	F1.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de la compuerta de mantenimiento y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T48	Despliegue para ver más datos
NO	F1.1.3	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar si el sensor de proximidad de posición del chute se activa a llegar a la posición de abajo y ajustar posición del sensor	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T49	Despliegue para ver más datos
NO	F1.1.4	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	F1.1.5	Remoto	H	\$ 110.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de mantenimiento y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador;	T50	Despliegue para ver más datos

SI	F1.2.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Realizar prueba dinámica de la compuerta de mantenimiento y verificar si la compuerta se abre y cierra a 4 segundos y en caso que no sea así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad.	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T51	Despliegue para ver más datos
SI	F1.2.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de mantenimiento y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador;	T52	Despliegue para ver más datos
NO	F2.1.1	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	F3.1.1	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	F3.2.1	Improbable	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	F4.1.1	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones de la compuerta de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T53	Despliegue para ver más datos
SI	F4.1.2	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en el cilindro de la compuerta de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T54	Despliegue para ver más datos
NO	G1.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	G1.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional del chute (arriba/abajo) y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T55	Despliegue para ver más datos
NO	G1.1.3	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoide de la válvula direccional de seguridad del chute y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T56	Despliegue para ver más datos
NO	G1.1.4	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar si el sensor de proximidad de compuerta de flujo se activa a llegar a la posición de cerrado y ajustar posición del sensor	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T57	Despliegue para ver más datos
NO	G1.1.5	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G1.2.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Realizar prueba dinámica de la descarga del chute y verificar si el chute sube y baja en 10 segundos y en caso que no se así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad.	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T58	Despliegue para ver más datos
SI	G1.2.2	Ocasional	H	\$ 110.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los	Mes	3	Tec. Mecánico,	T59	Despliegue

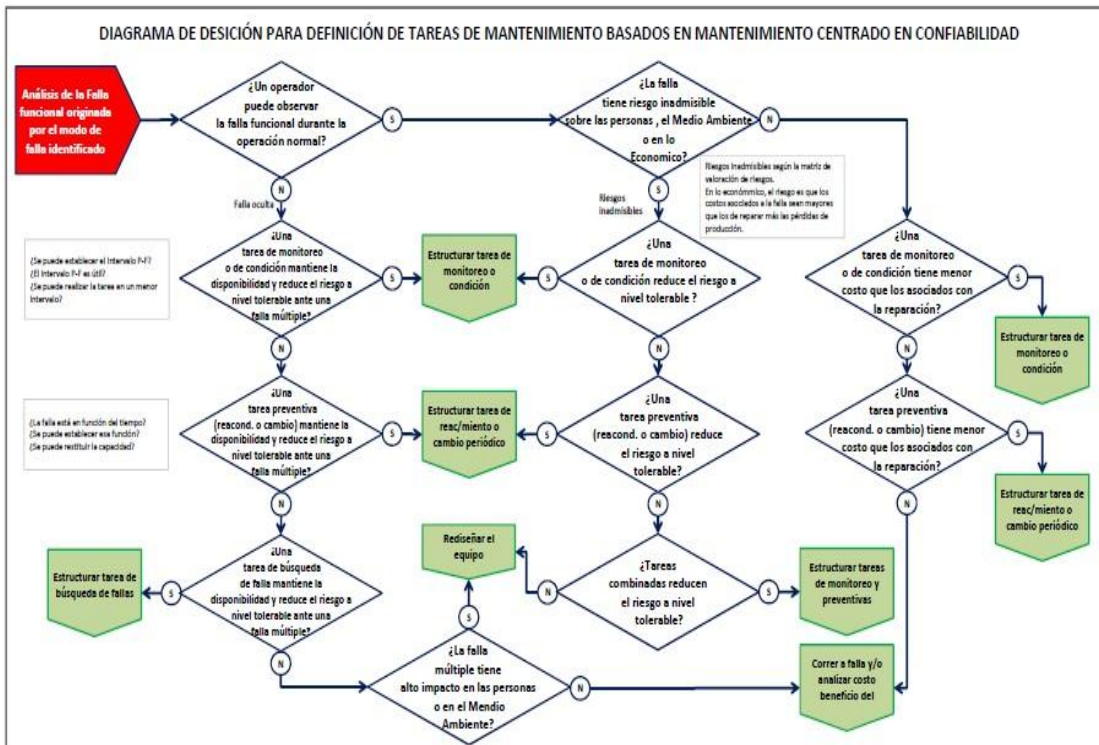
						cilindros hidráulicos de subir/bajar chute y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	calendario		operador.		para ver más datos
NO	G2.1.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
NO	G2.2.1	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G2.3.1	Ocasional	H	\$ 110.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de subir/bajar chute y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	3	Tec. Mecánico, operador.	T60	Despliegue para ver más datos
SI	G2.3.2	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G2.3.3	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G2.3.4	Imposible	L	\$ 55.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G3.1.1	Ocasional	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T61	Despliegue para ver más datos
SI	G3.1.2	Improbable	M	\$ 55.000,00	BÚSQ_FALLA	Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T62	Despliegue para ver más datos
SI	G4.1.1	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G5.1.1	Remoto	M	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Verificar el correcto funcionamiento de las solenoide de la válvula direccional de seguridad del chute y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide	Mes calendario	3	Tec. Eléctrico, operador.	T63	Despliegue para ver más datos
SI	G5.1.2	Imposible	L	\$ 5.000,00	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	G6.1.1	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones del loado chute	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T64	Despliegue para ver más datos
SI	G6.1.2	Ocasional	M	\$ 5.000,00	BÚSQ_FALLA	Inspeccionar en busca de fugas de aceite en los cilindros de subir y bajar chute	Mes calendario	3	Tec. Mecánico.	T65	Despliegue para ver más datos
SI	H1.1.1	Moderado	H	\$ 55.000,00	MONITOREO Y REACOND.	Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro de manifold durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 50 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 45 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado.	Mes calendario	1	Tec. Mecánico, operador.	T66	Despliegue para ver más datos
SI	H1.1.2	Remoto	M	\$ 55.000,00	CAMBIO	Reemplazar el filtro del manifold del	Mes	18	Tec. Mecánico.	T67	Despliegue

						sistema	calendario				para ver más datos
SI	H2.1.1	Improbable	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	H3.1.1	Improbable	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos
SI	H3.2.1	Improbable	L	\$ -	CORRER A FALLA						No hay más datos

Fuente: Autores

El diagrama de desiciones utilizado como guia para determinar el tipo de tarea de mantenimiento a desarrollar en el sistema hidraulico de cargue de trenes es el indicado en la figura 5.

Figura 5. Diagrama de desicion.



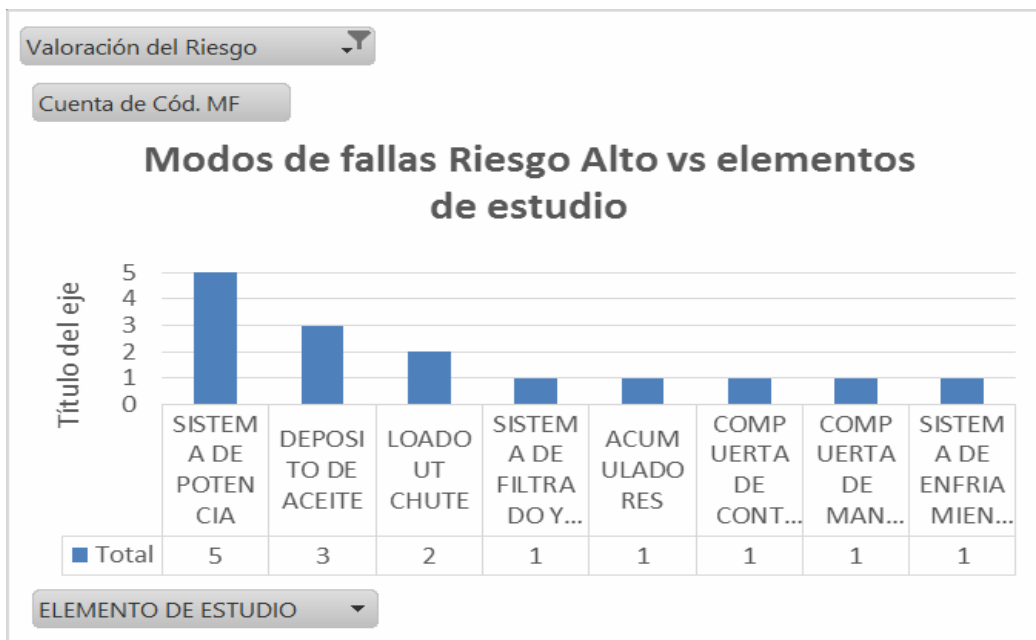
Fuente: Ortiz Ruiz Consultores S.A.S.

5.4. Clasificación de los componentes por criticidad

La valoración de criticidad de los componentes del sistema, inicia a partir de la puntuación otorgada en la matriz de evaluación de riesgo, donde se otorga una puntuación de acuerdo al riesgo en función de las consecuencias y la probabilidad

de ocurrencia. En las siguientes tablas se puede observar los modos de fallas según el tipo de riesgo en función de las ocurrencias.

Figura 6. Gráfico Modos de fallas Riesgo Alto vs elementos de estudio.



Fuente: Autores

Tabla 5. Modos de fallas de riesgo alto

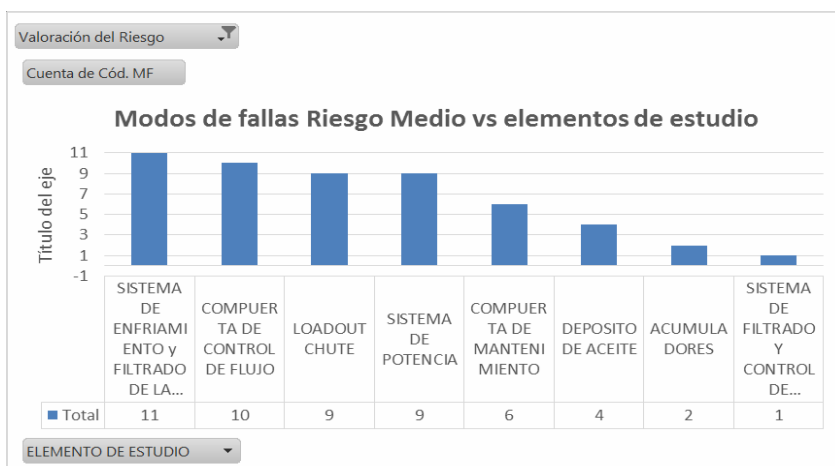
VALORACIÓN DEL RIESGO	ALTO
ETIQUETAS DE FILA	Cuenta de Cód. MF
SISTEMA DE POTENCIA	5
Motor de 75 HP quemado por pérdida de aislamiento	1
Acople mecánico destruido	1
Rodamientos del motor de 75 HP frenados	1
Bypass del filtro de descarga abierto por filtro sucio	1
Bypass del filtro de línea de succión abierto por filtro sucio	1
DEPOSITO DE ACEITE	3
Interruptor de temperatura de aceite TS1 quemado	1
Interruptor de temperatura de aceite TS2 quemado	1
Respiradero de aire obstruido por suciedad	1

LOADOUT CHUTE	2
Cilindros con fugas internas	2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	1
Bypass del filtro abierto por filtro sucio	1
ACUMULADORES	1
Perdida de presión de gas de nitrógeno por operación normal	1
COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	1
Cilindros de compuerta de flujo con fugas internas	1
COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	1
Cilindro de compuerta de mantenimiento con fugas internas	1
SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	1
Bypass del filtro abierto por filtro sucio	1
TOTAL GENERAL	15

Fuente: Autores

De la tabla 5 se puede concluir que el elemento de estudio más crítico es el sistema de potencia que presenta un total de 5 modos de fallas con un riesgo de ocurrencia ALTO. Los cuales son Acople mecánico destruido, Bypass del filtro de descarga abierto por filtro sucio, Bypass del filtro de línea de succión abierto por filtro sucio, Motor de 75 HP quemado por pérdida de aislamiento y Rodamientos del motor de 75 HP frenados.

Figura 7. Gráfico modos de fallas riesgo medio vs elementos de estudio.



Fuente: Autores

Tabla 6. Modos de fallas de riesgo medio

VALORACIÓN DEL RIESGO	MEDIO
ETIQUETAS DE FILA	Cuenta de Cód. MF
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y FILTRADO DE LA UNIDAD	11
Partes internas de bomba rotos	1
Acople mecánico del motor - bomba destruido	1
Rodamientos del motor de 3 HP frenados	1
Brida de la línea de succión de la bomba de enfriamiento con fuga	1
Motor de 3 HP quemado por pérdida de aislamiento	1
Filtro roto	1
Rodamientos del motor de 2 HP frenados	1
Intercambiador de calor obstruido externamente con suciedad	1
Tuberías y/o conexiones del s. de enfriamiento con fugas	1
Intercambiador de calor obstruido internamente con material extraño	1
Motor de 2 HP quemado por pérdida de aislamiento	1
SISTEMA DE POTENCIA	9
Válvula de alivio desajustada por debajo de la presión de trabajo	1
Tuberías y/o conexiones del sistema de potencia con fugas	1
Brida de la línea de succión de la bomba con fuga	1
Caratula de manómetro contaminada	1
Válvula cheque con pase	1
Filtro de descarga roto	1
Válvula de alivio desajustada por encima de la presión de trabajo	1
Filtro de línea de succión roto	1
Partes internas de bomba rotos	1
LOADOUT CHUTE	9
Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	2
Cilindros con fugas externas	1
Sensor de proximidad de posición compuerta de flujo cerrada quemado	1
Mangueras y/o conexiones del chute con fugas	1
Carrete de la válvula direccional obstruido por suciedad	1
Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	1
Válvulas direccional esclava descalibrada	1
Cheque de la contrabalancee con fuga	1
COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	10
Carrete de la válvula direccional de seguridad en posición abierta por solenoide inoperativa	2

Sensor de proximidad de posición chute abajo quemado	1
Cilindros de compuerta de flujo con fugas internas	1
Carrete de la válvula direccional de seguridad obstruida por suciedad	1
Válvulas direccional esclava descalibrada	1
Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	1
Cilindros de compuerta de flujo con fugas externas	1
Cheque de la contra balance con fuga	1
Mangueras y/o conexiones de la compuerta de flujo con fugas	1
COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	6
Válvulas direccional esclava descalibrada	1
Cilindro de compuerta de mantenimiento con fugas externas	1
Cilindro de compuerta de mantenimiento con fugas internas	1
Mangueras y/o conexiones de la compuerta de mantenimiento con fugas	1
Carrete de la válvula direccional inmóvil por solenoide inoperativa	1
Sensor de proximidad de posición chute abajo quemado	1
DEPOSITO DE ACEITE	4
Tapa de llenado hermética con pase	1
Interruptor de nivel de aceite quemado	1
Aceite con alto grado de contaminación por operación	1
Bajo nivel de aceite	1
ACUMULADORES	2
Tuberías y/o conexiones de los acumuladores con fugas	1
Sellos de los acumuladores desgastados	1
SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	1
Filtro roto	1
TOTAL GENERAL	52

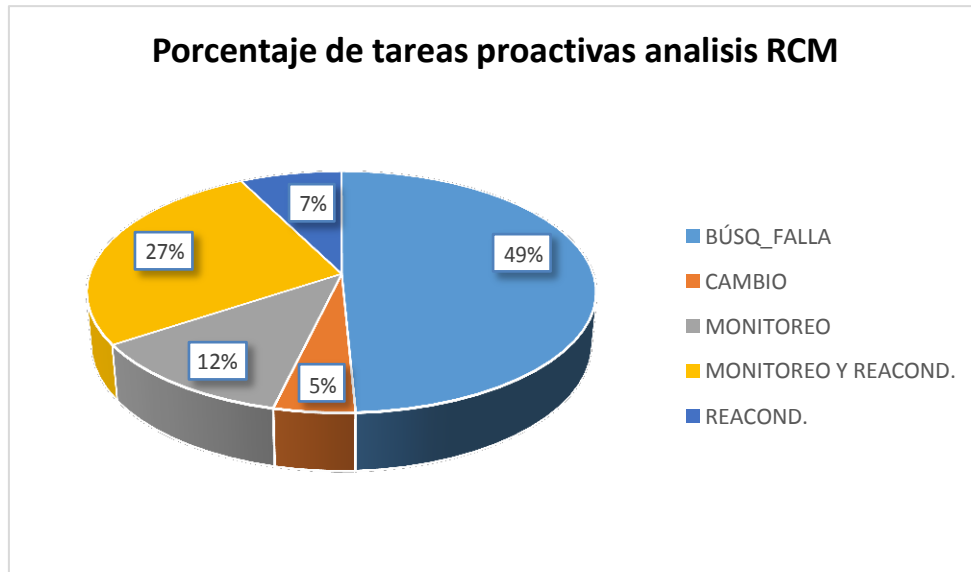
Fuente: Autores

De la tabla 6 se puede concluir que el elemento de estudio de criticidad media con mayor cantidad de fallas se presenta en el sistema de enfriamiento y filtrado de la unidad.

5.5. Plan de mantenimiento.

Después de evaluar todos los modos de fallas y efectos de las partes del sistema hidráulico se procede a consolidar el plan de mantenimiento.

Figura 8. Tareas de mantenimiento proactivas según análisis RCM



Fuente: Autores

Tabla 7. Plan de mantenimiento valoración de riesgo alto

VALORACIÓN DEL RIESGO	ALTO			
	MES			
ETIQUETAS DE FILA	1	3	4	6
ACUMULADORES		1		
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si la carga de los acumuladores es de 1200 Psi y de no ser así, proceder adicionar precarga. ✓ Tec. Mecánico 		1		
COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO		1		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de flujo y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador 		1		
COMPUERTA DE MANTENIMIENTO		1		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de mantenimiento y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador 		1		

DEPOSITO DE ACEITE	1			1
<ul style="list-style-type: none"> Limpiar los respiraderos con solvente y secar con aire comprimido. De ser necesario coordinar el remplazo de los respiraderos que estén en muy mal estado. ✓ Tec. Mecánico; Solvente y aire comprimido; 	1			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de temperatura TS1 y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Eléctrico, operador; 				1
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de temperatura TS2 y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Eléctrico, operador; 				1
LOADOUT CHUTE	2			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de subir/bajar chute y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 		2		
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	1			
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro del sistema de enfriamiento durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 15 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 13 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado. ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1			
SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD	1			
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro de manifold durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 50 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 45 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado. ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1			
SISTEMA DE POTENCIA	2	2	1	
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar la temperatura del motor de 75 hp con termografía infrarroja ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía 		1		
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente el indicador de derivación del filtro de descarga durante la operación del equipo, se debe mirar el indicador dos o tres ciclos para asegurar una lectura correcta. La derivación (Bypass) se abre aproximadamente a 15 PSI por lo tanto si la lectura sobre el indicador es 13 psi o mayor, el cartucho debe ser reemplazado ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1			
<ul style="list-style-type: none"> Limpiar la malla de succión de la bomba ✓ Tec. Mecánico; 			1	
<ul style="list-style-type: none"> Lubricar los rodamientos del motor de 75 HP ✓ Tec. Eléctrico; 	1			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar inspección por vibraciones mecánica del lado acople motor - bomba ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones 		1		

Fuente: Autores

Tabla 8. Plan de mantenimiento valoración de riesgo medio

VALORACIÓN DEL RIESGO	MEDIO					
CUENTA DE MODO DE FALLA	MES					
ETIQUETAS DE FILA	1	3	4	6	12	18
ACUMULADORES	1			1		
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las válvulas y/o en los conectores del acumulador ✓ Tec. Mecánico; 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Verifique la presión de los acumuladores y realice pruebas cíclicas, si nota una pérdida de presión acelerada reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 				1		
COMPUERTA DE CONTROL DE FLUJO	2	8				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones de la compuerta de flujo ✓ Tec. Mecánico; 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en los cilindros de la compuerta de flujo ✓ Tec. Mecánico; 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar prueba dinámica de la compuerta de flujo y verificar si la compuerta se abre y cierra a 3 segundos y en caso que no sea así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. ✓ Tec. Mecánico, operador; 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	2					
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de la solenoide de la válvula direccional de seguridad de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador; 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de seguridad de la compuerta de flujo y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si el sensor de proximidad de posición del chute se activa a llegar a la posición de abajo y ajustar posición del sensor ✓ Tec. Eléctrico, operador 		1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de flujo y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador 		1				

COMPUERTA DE MANTENIMIENTO	6				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en el cilindro de la compuerta de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones de la compuerta de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar prueba dinámica de la compuerta de mantenimiento y verificar si la compuerta se abre y cierra a 4 segundos y en caso que no sea así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional de la compuerta de mantenimiento y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si el sensor de proximidad de posición del chute se activa a llegar a la posición de abajo y ajustar posición del sensor ✓ Tec. Eléctrico, operador 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de estanqueidad de los cilindros hidráulicos de la compuerta de mantenimiento y en caso de defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador 	1				
DEPOSITO DE ACEITE	2	1	1		
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente el nivel de aceite del depósito del sistema ✓ Operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas al funcionamiento del interruptor de nivel de aceite y en caso de encontrar defectos reportar al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Eléctrico, operador; 			1		
<ul style="list-style-type: none"> Tomar muestra de aceite para realizar análisis de aceite con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado, o si debe ser cambiado ✓ Tec. Mecánico ,Grupo GIT; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si la tapa de llenado del depósito se encuentra cerrada y no permite el paso de contaminantes ✓ Tec. Mecánico; 	1				
LOADOUT CHUTE	2	7			
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en las mangueras y conexiones del loadout chute ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar en busca de fugas de aceite en los cilindros de subir y bajar chute ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar prueba dinámica de la descarga del chute y verificar si el chute sube y baja en 10 segundos y en caso que no sea así, se debe calibrar la válvula direccional esclava girando en sentido anti horario para aumentar la velocidad. Tec. Mecánico, operador; 	1				

<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas de emergencias del sistema y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	2				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de las solenoide de la válvula direccional de seguridad del chute y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador; 	2				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar el correcto funcionamiento de las solenoides de la válvula direccional del chute (arriba/abajo) y limpiar conexiones de alimentación de la solenoide ✓ Tec. Eléctrico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si el sensor de proximidad de compuerta de flujo se activa a llegar a la posición de cerrado y ajustar posición del sensor ✓ Tec. Eléctrico, operador; 	1				
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO y FILTRADO DE LA UNIDAD	9	1	1		
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente si la brida de acople de la bomba tiene fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente si las conexiones y/o tuberías tienen fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar la temperatura del motor de 2 hp con termografía infrarroja ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar la temperatura del motor de 3 hp con termografía infrarroja ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Cámara termografía 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar la temperatura en la entrada y salida del serpentín y verificar Delta de temperatura sea mayor 10 grados y de no ser así reportarlo con el supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico; formato de inspección; Pistola laser infrarrojo de temperatura 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Limpiar las rejillas del intercambiador de calor ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Medir el caudal de la bomba de enfriamiento y compararlo con el nominal, si la eficiencia es menor a 80% reportar al supervisor de mantenimiento para programar cambio del componente. ✓ Tec. Mecánico, operador; Caudalímetro 			1		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar inspección por vibraciones mecánica a los rodamientos del motor de 2 Hp de la bomba de enfriamiento ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Realizar inspección por vibraciones mecánica a los rodamientos del motor de 3 Hp del ventilador ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones 	1				

<ul style="list-style-type: none"> Realizar inspección por vibraciones mecánica del lado acople motor - bomba del sistema de enfriamiento ✓ Tec. Mecánico, operador; formato de inspección; Medidor de vibraciones 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Reemplazar el filtro de del sistema de enfriamiento del sistema ✓ Tec. Mecánico; 				1	
SISTEMA DE FILTRADO Y CONTROL DE MANIFOLD					1
<ul style="list-style-type: none"> Reemplazar el filtro del manifold del sistema ✓ Tec. Mecánico; 					1
SISTEMA DE POTENCIA					6 1 1 1
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente si la brida de acople de la bomba tiene fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Inspeccionar visualmente si las conexiones y/o tuberías tienen fugas de aceite y en caso de defectos reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Limpiar la caratula del manómetro, si se encuentra contaminado de aceite y/o carbón la parte interior del manómetro reemplazar. ✓ Tec. Mecánico; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Medir el caudal de la bomba del sistema de potencia y compararlo con el nominal, si la eficiencia es menor a 80% reportar al supervisor de mantenimiento para programar cambio del componente. ✓ Tec. Mecánico, operador; Caudalímetro 			1		
<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas dinámicas al sistema, verificando el comportamiento de los ciclos de carga de los acumuladores, inspeccione que la presión del sistema no oscile drásticamente, verifique que al momento de alcanzar los 2200 PSIG la bomba descargue a baja presión (cambio de sonido en la bomba) ✓ Tec. Mecánico, operador; 	1				
<ul style="list-style-type: none"> Reemplazar el filtro de línea de descarga de la bomba ✓ Tec. Mecánico; 				1	
<ul style="list-style-type: none"> Verificar la presión del sistema en el manómetro que corresponda a 2200 PSIG y reajustar de ser necesario ✓ Tec. Mecánico, operador; 	2				
<ul style="list-style-type: none"> Verificar si la malla de succión de la bomba se encuentra rota y en caso de estar rota reportarlo al supervisor de mantenimiento ✓ Tec. Mecánico; 		1			

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este trabajo se abordó el problema de la aplicación de RCM a el sistema hidráulico de cargue de tren para lograr un concepto de mantenimiento eficiente y eficaz. El mantenimiento que se realiza hoy en día en el sistema hidráulico de cargue de tren refleja que no previene o mitiga las consecuencias de los fallas operacionales que ponen en riesgo la operación de cargue de trenes.

El RCM fue visto como una técnica prometedora debido a varios factores. En primer lugar, las percepciones técnicas obtenidas fueron mejores que las existentes, de modo que varios procesos de mantenimiento podrían ser revisados y ajustados. En segundo lugar, el enfoque utilizado para realizar el análisis fue muy enriquecedor y muy alentador donde se pudo obtener una mejor comprensión del comportamiento del sistema hidráulico. En tercer lugar, permitió alcanzar una buena documentación y análisis de los modos de fallas, efectos y criticidad, para aplicarlo en un diagrama de decisión y proporcionar las tareas a desempeñar para mejorar la confiabilidad operacional del sistema.

Las tareas proactivas a desempeñar son en 49% búsquedas de fallas, 27% combinadas (monitoreo y reacondicionamiento), 12% monitoreo, 7% reacondicionamiento y 5% cambio cíclico.

Se recomienda implementar el plan creado en el sistema de información de mantenimiento “Ventyx Ellipse” con el fin de llevar la trazabilidad en la ejecución de mantenimientos, es decir la puesta en vivo del RCM.

Además tener presente y en seguimiento los modos de fallas que su evaluación de riesgo fue baja y genero una decisión de correr a falla. Estas podrían en algún momento tener mayor impacto, cambiar el riesgo, por lo tanto deberá en un futuro evaluarse una actividad para bajar el riesgo.

De igual manera, realizar un seguimiento a las actividades proactivas para verificar que no se vuelvan a presentar fallas por esos modos de falla. En caso de presentarse la falla, quiere decir que se debe revisar la tarea, la frecuencia o la forma como se ejecuta la tarea.

Es necesario entrenar al personal técnico en el funcionamiento, los modos de fallas del sistema y la manera correcta de cómo se ejecuta las tareas para asegurar una confiabilidad humana.

BIBLIOGRAFÍA.

1. *Application of RCM to a medium scale industry.* **Deshpande, V.S. y J.P.Modak.** 2002, IEEE, págs. 31-43.
2. *Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks .* **Carretero, Jesús, y otros, y otros.** 2003, IEEE, págs. 257-273.
3. **Carbones de Cerrejon Limited.** Cerrejon Minería Responsable. [En línea] 13 de Mayo de 2016. <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>.
4. **Carbones de Cerrejon Limited.** *Informe de Sostenibilidad . bogota : s.n., 2012.*
5. **DOE GUIDELINE.** ROOT CAUSE ANALYSIS GUIDANCE DOCUMENT. *U.S. Department of Energy .* [En línea] 6 de Febrero de 2015. <http://energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/nst1004.pdf>.
6. **Duran, Jose.** *Análisis de Causa Raiz.* Reino Unido : Wood House Partnership LTD, 2000.
7. **International Electrotechnical Commission.** IEC 60300-3-11. *Application guide – Reliability centred maintenance.* 1999.
8. **INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION.** *ISO 55000.* Ginebra : ISO, 2014.
9. **Navarro, Luis, Pastor, Ana y Mugaburu, Jaime.** *Gestion Integral de Mantenimiento.* Barcelona : Marcombo boixareu Editores, 1997.
10. **Norma ISO 14224.** *petroleum, petrochemical and gas industries- collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* Suiza : ISO, 2006.
11. **Nowlan, F. Stanley and Howard F. Heap.** Report Number AD-A066579, Unclassified. *Reliability-centered Maintenance.* Washington, D.C : Department of Defense, 1978.
12. **Mora, Alberto.** *Norma SAE JA1011.* Medellin : Coldi imitada , 2003.
13. **Moubray, John.** *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II.* Reino Unido : Aladon Ltd, 2004

14. **Ortiz, Daniel.** *MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.* BOGOTA : ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S, 2014.
15. SAE JA1012. *A guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard.* 2002.
16. **Society of Automotive Engineering.** SAEJA1011. *Evaluation criteria for Reliability - Centered Maintenance (RCM) processes.* 1999.