

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CAJAS FANALCA F25
OPERACIONAL BASADO EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS VEHICULOS COMPACTADORES DE LA EMPRESA
INTERASEO S.A.S E.S.

ARMANDO JOSE VEGA ESCOBAR

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2021

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CAJAS FANALCA F25
OPERACIONAL BASADO EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS VEHICULOS COMPACTADORES DE LA EMPRESA
INTERASEO S.A.S E.S.

ARMANDO JOSE VEGA ESCOBAR

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gerencia de
Mantenimiento

Director

MARIA JOSE VEGA ESCOBAR
Especialista en Gerencia de Proyectos de Ingeniería

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2021

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado a Dios, por respaldarme en cada uno de mis proyectos y darme la fortaleza y el coraje necesario para culminarlos exitosamente. A mis padres por forjar en mí el carácter para afrontar todas las situaciones encontradas en el camino, por su dedicación y sus sacrificios. A mis hermanos, mi hijo y mi novia por estar a mi lado, por su motivación y por su apoyo constante. AINTEASEO SAS por permitirme desarrollar mi trabajo de grado en su prestigiosa empresa así como también a mis compañeros por su colaboración. Por último a mis profesores y compañeros de clases, por compartir todas sus experiencias, sus conocimientos y aportar en mi crecimiento profesional y personal.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente gracias a Dios por respaldarme en cada uno de mis proyectos, a mi familia por su apoyo constante en cada meta trazada.

A la universidad industrial de Santander gracias por permitirme mediante tan excelente programa aprender de los mejores.

A mis profesores y compañeros, gracias por sus enseñanzas y por compartir sus experiencias.

Porque todas las cosas proceden de él,
y existen por él y para él.
¡A él sea la gloria por siempre! Amén.

Romanos 11:36

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	
1.1 OBJETO DEL PROYECTO	10
1.2 ALCANCE DEL PROYECTO	11
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2. ANTECEDENTES	13
3. EL RCM	19
3.1 ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?	20
3.2 ¿Cuáles son los estados de falla (fallas fusionales) asociados con estas funciones?	22
3.3 ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de fallas?	23
3.4 ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?	24
3.5 ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?	26
3.6 ¿Qué puede hacerse para prevenir la falla?	28
3.7 ¿Qué puede hacerse si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?	30
3.8 TAXONOMÍA Y FRONTERA	32
3.9 IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	33
3.10 FACILITADORES	34
4. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. A LAS CAJAS COMPACTADORA FANALCA F25	35
4.1 EL CONTEXTO OPERACIONAL	35
4.2 TIPO DE TRABAJO	37

4.3 CARACTERÍSTICAS	40
4.4 ELEMENTO DE ESTUDIO	44
4.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO	47
4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO	48
5. CONCLUSIÓN	51
6. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	55

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Patrones de falla, industria aeronáutica	19
Fig. 2. Placa eyectora extendida	39
Fig. 3. Cuchilla eyectora para reparación	41
Fig. 4. Proceso de compactación	42
Fig. 5. Parte interna unidad compactadora Fanalca	47
Fig. 6. Parte interna unidad compactadora Usimeca	48
Fig. 7. Placa eyectora	49
Fig. 8. Caja compactadora y tolva	59
Fig. 9. Líneas hidráulicas	60
Fig. 10. Placa de compactación	61
Fig. 11. Cilindro eyector y deposito hidráulico	62
Fig. 12. Tolva	63
Fig. 13. Placa barrido	64
Fig. 14. Señalizaciones de operación y peligros del equipo	73
Fig. 15. Carta de lubricación	74
Fig. 16. Diagrama de funcionamiento mandos hidraulicos	75

INDICE DE ANEXOS

Anexo A. Taxonomía de unidad compactadora	58
Anexo B. Históricos de Fallos	65
Anexo C. Datos de Pareto	66
Anexo D. Gráficos de Pareto	67
Anexo E. Definición de funciones	68
Anexo F. Hoja de trabajo RCM	69

RESUMEN

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CAJAS FANALCA F25 OPERACIONAL BASADO EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS VEHICULOS COMPACTADORES DE LA EMPRESA INTERASEO S.A.S E.S.¹

AUTOR: ARMANDO JOSE VEGA ESCOBAR.²

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MEJORAMIENTO, CONFIABILIDAD, EQUIPOS COMPACTADORES.

DESCRIPCION:

Esta investigación abordo el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las cajas compactadoras de la empresa interaseo s.a.s e.s, debido a que en el momento no existe un procedimiento definido de mantenimiento, como consecuencia de esto se presentan a diario fallas en los distintos componentes, lo que traduce en incrementos de mantenimientos correctivos no planeados.

El objetivo principal de la investigación fue el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo de las cajas Fanalca F25 de los vehículos compactadores de la empresa basada en un RCM para aumentar la disponibilidad operacional, se planteó una metodología en donde el primer paso estuvo encaminado a la Recopilación de la información obtenida de los históricos de fallos, luego la lectura De la metodología del RCM la cual implementamos para alcanzar nuestro propósito, luego se realizó la Clasificación de la información obtenida a través de un diagrama de Pareto, después se Aplicó la metodología del RCM a las cajas compactadora para la selección del plan de mantenimiento apropiado y por último se estableció el plan de mantenimiento preventivo.

De acuerdo con el análisis realizado se logró el diseño del plan de mantenimiento preventivo de los compactadores de la empresa basado en un RCM, Lo más relevante fue la estandarización de tareas estipuladas para mejorar la confiabilidad de los equipos compactadores, Lo que más ayudo a generar esta metodología fue la necesidad de cambio ya que se manejaban niveles altos de estrés tanto en mantenimiento como en operaciones.

¹ Monografía de grado.

² Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Maria Jose Vega.

ABSTRAT

TITLE: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CAJAS FANALCA F25 OPERACIONAL BASADO EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS VEHICULOS COMPACTADORES DE LA EMPRESA INTERASEO S.A.S E.S.³

AUTHOR: ARMANDO JOSE VEGA ESCOBAR.⁴

KEY WORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, IMPROVEMENT, RELIABILITY, COMPACTORS EQUIPMENT.

DESCRIPTION:

This research addressed the design and implementation of a preventive maintenance plan for the compactor boxes of the company interaseo s.a.s e.s, because at the moment there is no defined maintenance procedure, as a consequence of this, there are daily failures in the different components, which translates into increases in unplanned corrective maintenance.

The main objective of the research was the design and implementation of a preventive maintenance plan for the Fanalca F25 boxes of the company's compactor vehicles based on an RCM to increase operational availability, a methodology was proposed where the first step was directed to the Compilation of the information obtained from the failure histories, then the reading of the RCM methodology which we implemented to achieve our purpose, then the Classification of the information obtained through a Pareto diagram was performed, then the RCM methodology to the compactor boxes for the selection of the appropriate maintenance plan and finally the preventive maintenance plan was established.

According to the analysis carried out, the design of the preventive maintenance plan of the compactors of the company based on an RCM was achieved, the most relevant was the standardization of stipulated tasks to improve the reliability of the compactor equipment, which most helped to generate This methodology was the need for change since high levels of stress were handled both in maintenance and operations.

³ Bachelor Thesis.

⁴ Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Maria Jose Vega.

INTRODUCCION

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El presente trabajo está encaminado al diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo, en donde aplicaremos la metodología del RCM (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad), con el propósito de constituir el plan de mantenimiento más apropiado para las cajas Fanalca F25 de los camiones compactadores que operan en la ciudad de Riohacha.

Debido a que en el momento no se cuenta con un plan de mantenimiento, se aplicara la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). Con el propósito de establecer el plan de mantenimiento adecuado para las cajas compactadoras que se utilizan en dicha organización

Para ello nos encargaremos de agrupar todos los históricos de fallos que se tengan a disposición, al igual los aportes que nos brinde el personal de mantenimiento (mecánicos antiguos experimentados de la empresa)

Por lo antes dicho aprovecharemos todos los recursos que tengamos a la mano para hacer buen uso y obtener los mejores resultados de la metodología a aplicar, Teniendo en cuenta que el área de mantenimiento tiene como meta mantener disponible su flota para que se preste un buen servicio siendo los principales responsables del preservar su vida útil.

1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

- Recopilación de la información obtenida de los históricos de fallos de las cajas compactadoras y aportes adquiridos en consulta con personal de mantenimiento experimentados antiguos de la empresa.
- Reseña De la metodología del RCM la cual implementaremos para alcanzar nuestro propósito.
- Clasificación de la información obtenida a través de un diagrama de Pareto.
- Aplicar la metodología del RCM a las cajas compactadora para la selección del plan de mantenimiento apropiado.
- Establecimiento del plan de mantenimiento

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 objetivos generales:

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo de las cajas Fanalca F25 de los vehículos compactadores de la empresa INTERASEO S.A.S E.S.P. para aumentar la disponibilidad operacional basada en un RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad).

1.3.2 objetivos específicos:

- 1.3.2.1 Establecer la información básica necesaria que se tiene de los históricos de los mantenimientos realizados para las cajas compactadoras f25.
- 1.3.2.2 Comprender y aplicar la metodología del RCM en las cajas compactadoras f25 para la consecución del plan de mantenimiento dentro del contexto operacional del equipo.
- 1.3.2.3 Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad para las cajas compactadoras f25.

2. ANTECEDENTES

El mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) es una de las formas más interesantes de abordar el mantenimiento de un activo. Podríamos decir que es la forma más tecnológica de abordar el mantenimiento, pese a que esta metodología tiene de tras ciertos requerimientos que se deben cumplir en su totalidad. Sin duda alguna los resultados que se obtienen con esta técnica son indiscutiblemente buenos. En los casos en que esté justificado emplearla será la alternativa más interesante para desarrollar la gestión del mantenimiento de un activo.

Esta técnica, fue desarrollada en la industria de la aviación durante los años 60 y 70, documentada detalladamente en 1978 por los Ing. HOWARD HEAP Y STANLEY NOWLAN de United Airlines para el departamento de defensa de los Estados Unidos de América.

La primera versión del RCM conocida fue MSG-1, se le atribuye haber reducido la cantidad de horas hombre de mantenimiento a los aviones Boeing 747 en un 85% en comparación con el modelo 707, a pesar de ser un avión mucho más espacioso que su antecesor. Al mismo tiempo la cantidad de accidentes aéreos se redujeron dramáticamente (60 vs <2 por 1,000,000 de despegues) luego de la implantación del RCM.

El éxito del RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedentes. En un periodo de 16 años posterior a su implementación, las aerolíneas comerciales no experimentaron incremento en los costes unitarios de mantenimiento, aun cuando el tamaño y la complejidad de las aeronaves, así como los costes de operación se incrementaron durante el mismo periodo. También, para el mismo periodo, se incrementaron los records de seguridad de las aerolíneas.

Los beneficios obtenidos por la industria aeronáutica no fueron un secreto y pronto el RCM fue adaptado y adecuado a las necesidades de otras industrias y sectores como la de generación de potencia mediante energía nuclear y solar, la minería, el transporte marítimo, etc., así como el ámbito militar. En todos estos sectores se presentan exitosos resultados tras la aplicación del RCM, mediante la conservación o incremento de la disponibilidad, al mismo tiempo que se ahorra en costes de mantenimiento.

El modelo del RCM ha empezado a aplicarse. Paralelo a ello una nueva colección de procesos ha emergido y son llamados RCM por sus proponentes, pero a menudo tienen poco o ningún parecido al original proceso desarrollado por Nowlan y Heap; investigado estructurado y completamente probado. Como resultado, si una organización dice que quiere ayuda para usar o aprender a usar el RCM, ella no puede estar segura de qué proceso le será ofrecido.

Durante los 90, las revistas y conferencias dedicadas al mantenimiento de equipos se multiplicaron y los artículos y documentos acerca del RCM se hicieron más y más numerosos. Estos documentos describieron procesos muy diferentes a los que se les estaba dando el mismo nombre, RCM, por tanto el ejército y la industria comercial vieron la necesidad de definir la frase "Proceso RCM".

En 1996 la SAE empezó a trabajar en un modelo afín con el RCM, invitando a un grupo de representantes de la aviación, de la armada estadounidense y comunidades de naves para que le ayudaran a desarrollar una norma para programas de mantenimiento planeados. Estos representantes de la armada se habían estado reuniendo previamente, por cerca de un año, para desarrollar un proceso RCM que pudiera ser común a la aviación y los buques, es así como ellos previamente habían hecho una considerable cantidad de trabajo antes de empezar a reunirse bajo el auspicio de la SAE.

A finales de 1997, se le unió a este grupo un número de representantes principales del RCM provenientes de la industria. En ésta ocasión, se dieron cuenta de que era mejor enfocarse enteramente en el RCM, el grupo encontró el mejor enfoque para ésta norma y en 1999, completó el borrador de la norma y la presentaron a la SAE para ser sometida a votación

Hoy día el R.C.M. se encuentra definido por el estándar S.A.E. JA1011 - Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Este estándar da los criterios mínimos para definir lo que puede ser clasificado como R.C.M. Antes del desarrollo de este estándar muchos procesos fueron etiquetados como R.C.M. aunque no eran fieles a sus principios. Ahora las compañías pueden utilizar este estándar para asegurarse que los procesos, servicios y software que adquieran estén conformes con lo que se define como R.C.M., asegurando la posibilidad de lograr los múltiples beneficios que se atribuyen a este método.⁵

Tal como se mencionó anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de fallos en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenían sobre el mantenimiento.

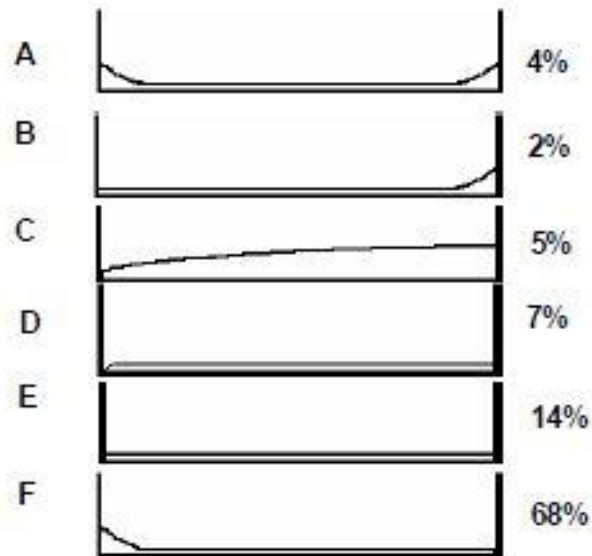
El punto de vista acerca de los fallos, en un principio, era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tenían más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de fallo sino seis diferentes. Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de los fallos de los equipos.⁶

⁵ Society of Automotive Engineers, SAE JA1011: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes, 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009.

⁶ MOUBRAY. Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd. 2004. P 4

Como se muestra en la Figura 1. El gráfico muestra la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

Figura 1. Patrones de falla, industria aeronáutica



Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad, RCMII

El modelo A es la conocida “curva de la bañera”. Comienza con una incidencia de falla alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste. El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable. El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria).

Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante.

Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F.

En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria). Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de falla (E y F).

No todas las fallas son iguales. Las consecuencias de las fallas y sus efectos en el resto del sistema, la planta y el entorno operativo en el cual ocurre. Las investigaciones sobre los modos de falla revelan que la mayoría de las fallas de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza.

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

Los beneficios obtenidos por la industria aeronáutica no fueron un secreto y pronto el RCM fue adaptado y adecuado a las necesidades de otras industrias y sectores como la de generación de potencia mediante energía nuclear y solar, la minería, el transporte marítimo, etc., así como el ámbito militar.

En todos estos sectores se presentan exitosos resultados tras la aplicación del RCM, mediante la conservación o incremento de la disponibilidad, al mismo tiempo que se ahorra en costos de mantenimiento. Algunos detalles del método se encuentran aún en desarrollo para adaptarse a las necesidades cambiantes de una amplia variedad de industrias, sin embargo, los principios básicos se mantienen.

Estas medidas preventivas tienen diferentes naturalezas pueden ser tareas de mantenimiento que hay que realizar con cierta periodicidad, pueden ser sustituciones sistemáticas de piezas, puede ser modificaciones rediseños, puede ser la elaboración de protocolos de operación de los equipos o protocolos de mantenimiento, pueden ser actividades de formación y dentro de estas categorías pueden tener mayor o menor costo.

3. EL RCM

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM.

El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocadas. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación, se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial.

Esta metodología se centra en analizar fallas potenciales que pueda tener un activo, se determinan todos los fallos, se clasifican en diferentes categorías para estudiar a continuación las medidas preventivas que se pueden adoptar.⁷

⁷ Ibid, P. 7

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

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ¿cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
- ¿cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

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:

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

Todos los elementos de estudio tienen por sí mismos una función que cumplir dentro de cualquier proceso. Su pérdida llega a afectar la disponibilidad con la consecuente pérdida económica, daño a las personas o afectación al medio ambiente.

Este es un punto muy importante de la metodología ya que por muy iguales que sean los equipos, cada particular aplicación implicará que se comporta de una manera diferente, por lo tanto debería tener un plan de mantenimiento diferente. Por ejemplo, es diferente si un equipo de transmisión eléctrica se desempeña al lado del mar, en un ambiente salino, a si ese mismo tipo de equipo se desempeña en un ambiente seco, lejos de cualquier efecto marino o contaminante.

La norma IEC 60300 define función como la “acción normal característica de un ítem”. Pero esto solo indica su función principal por la cual se adquirió o por la que se identifica.

En otras palabras, Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. Deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera.

El funcionamiento de los equipos depende del contexto operacional y la forma como se comporte en ese contexto.

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

Una falla funcional se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. Este paso es fundamental para la buena ejecución del método, por lo tanto Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido lo siguiente es saber identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones.

Diferentes definiciones se han dado sobre el término, casi una por norma y libro de referencia, pero la mayoría coinciden con las siguientes características:

- Es un evento real o probable, en el momento del análisis.
- Genera la pérdida de una o varias capacidades para cumplir una o varias funciones a la vez.
- La pérdida de la capacidad puede ser parcial o total, dependiendo del estándar de funcionamiento definido por el usuario.
- 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.

En esto tenemos:

- 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. Nota: En algunos casos podría parecer tonta la redacción si se mira con respecto a la definición de la función.

Algunos ejemplos son: Incapaz de contener gas, Restringido el flujo de gas para la capacidad requerida, Emisiones de gases a la atmósfera, No puede bombear con una cabeza de 10 m, El nivel de ruido sobrepasa el nivel ISO a 50 metros, La temperatura superficial es menor a 60°C. Al final de esta parte del ejercicio se reportarán más de una falla funcional por cada función. Si se encuentra una y solo una falla funcional, no quiere decir que esté mal pero se deberán revisar las fronteras y las definiciones hechas porque no es muy común encontrar esta situación.

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

Evento o hecho por la cual la falla funcional se presentó o se puede presentar; del mismo modo podríamos decir, que es la razón por la cual se da la falla funcional y que está referenciado sobre un elemento que falla.

Una vez determinados todos los fallos que pueden presentar un sistema, un subsistema o uno de los equipos significativos que lo componen, deben estudiarse los modos de fallo. Podríamos definir 'modo de fallo' como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto.

Cada fallo funcional o técnico puede presentar múltiples modos de fallo. Cada modo de fallo puede tener a su vez múltiples causas y estas a su vez otras causas, hasta llegar a lo que se denomina "causas raíces".

No obstante, la experiencia demuestra que si se trata de hacer un estudio tan exhaustivo, los recursos necesarios serían excesivos lo que ocasionaría que el análisis termine abandonándose con pocos avances.

Por tanto, es importante definir con qué grado de profundidad se van a estudiar los modos de fallo, de forma que el estudio sea técnicamente factible.

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

3.4 ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

Las maneras en que puede producirse un fallo se llaman Modos de Fallo. El paso siguiente en el R.C.M. sería tratar de identificar los modos de fallo que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

El siguiente paso es determinar los efectos de cada modo de fallo y, una vez determinados, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias.

La primera pregunta a responder en cada modo de fallo es, pues: ¿qué pasa si ocurre? Una sencilla explicación lo que sucederá será suficiente. A partir de esta explicación, estaremos en condiciones de valorar sus consecuencias para la seguridad y el medio ambiente, para la producción y para el mantenimiento.

Consideraremos tres posibles casos: que el fallo sea crítico, que el fallo sea importante o que sea tolerable.

De la enorme lista de modos de fallo posibles de una función sólo deben registrarse aquellos que tengan posibilidades de ocurrir. Estos suelen estar entre los modos que ya se hayan producido antes en el mismo equipo, modos que ya sean objeto de mantenimiento cíclico preventivo y que se producirían de no tenerlo y modos que, aunque no se han producido, se consideran posibles. De todas maneras la decisión de incluir o no un modo de fallo debe tomarse con mucho cuidado ya que, por ejemplo, un modo de fallo puede no ser demasiado probable, pero sus consecuencias tan graves que habría que tenerlo en cuenta. Como en las funciones y los fallos, los modos de fallo también dependen de manera importante del contexto operacional del elemento.

Para obtener información acerca de los modos de fallos se deben consultar con las fuentes como lo son: operarios, especialistas y encargados que trabajen con la maquinaria; el fabricante o vendedor de la misma; otros usuarios de la misma maquinaria y los antecedentes técnicos y bancos de datos sobre la máquina.

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada fallo. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de fallo debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgaste demasiado tiempo en el análisis del fallo en sí mismo.

En lo referente a la seguridad y al impacto medioambiental del fallo, consideraremos que el fallo es crítico si existen ciertas posibilidades de que pueda ocurrir, y ocasionaría un accidente grave, bien para la seguridad de las personas o bien para el medioambiente. Consideraremos que es importante si, aunque las consecuencias para la seguridad y el medioambiente fueran graves, la probabilidad

de que ocurra el fallo es baja. Por último, consideraremos que el fallo es tolerable si el fallo tiene poca influencia en estos dos aspectos.

En cuanto a la producción, podemos decir que un fallo es crítico si el fallo supone una parada de planta, una disminución del rendimiento o de la capacidad productiva, y además, existe cierta probabilidad de que el fallo pudiera ocurrir. Si la posibilidad es muy baja, aunque pueda suponer una parada o afecte a la potencia o al rendimiento, el fallo debe ser considerado como importante. Y por último, el fallo será tolerable si no afecta a la producción, o lo hace de modo despreciable.

3.5 ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?

Una vez que se hayan determinado las funciones, los fallos funcionales, los modos de fallo y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del R.C.M. es preguntar cómo y cuánto importa cada fallo. La razón de esto es porque las consecuencias de cada fallo dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar los fallos.

Merecerá la pena realizar una tarea preventiva si resuelve adecuadamente las consecuencias del fallo que se pretende evitar. Si resulta imposible prevenir los fallos, la naturaleza de las consecuencias de los mismos también indicarán cuál es la acción “a falta de” que haya de tomarse. R.C.M. clasifica las consecuencias de los fallos en cuatro grupos:

- Consecuencias de los fallos ocultos: Los fallos ocultos no ejercen ningún efecto directo, pero sí exponen a la planta a otros fallos cuyas consecuencias serían más graves (fallo múltiple), a menudo catastróficas. Suelen estar asociados con dispositivos de seguridad que carecen de

seguridad inherente en caso de fallo y pueden ser el motivo de hasta la mitad de los modos de fallo de los equipos complejos modernos. Un punto fuerte del R.C.M. es la forma en que trata los fallos que no son evidentes, primero, reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento. Para los fallos ocultos, solo merece la pena realizar una tarea preventiva si garantiza la disponibilidad precisa para reducir a un nivel admisible la probabilidad del fallo múltiple.

- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente: Una fallo tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. R.C.M. considera las repercusiones que cada fallo tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción. Para los modos de fallo que traen consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, una tarea preventiva sólo es eficaz si reduce a un nivel aceptable el riesgo de fallo.
- Consecuencias operacionales: Un fallo tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas. Para los modos de fallo con consecuencias operacionales, una tarea preventiva es eficaz si, a través de un período de tiempo, cuesta menos que el coste de las consecuencias operacionales más el coste de reparar los fallos que tiene como misión evitar.

- Consecuencias no operacionales: Los fallos evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación. Para los modos de fallo con consecuencias no operacionales, merece la pena realizar una tarea preventiva si, a través de un período de tiempo, cuesta menos que el coste de reparar los fallos que tiene como misión evitar. Si un fallo tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del R.C.M., es necesario preguntar si cada fallo tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo del fallo y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

3.6 ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?

Determinados los modos de fallo del sistema que se analiza y clasificados estos modos de fallo según su criticidad, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten bien evitar el fallo bien minimizar sus efectos. Desde luego, este es el punto fundamental de un estudio RCM.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son de cinco tipos: tareas de mantenimiento, mejoras, formación del personal, modificación de instrucciones de operación y modificación de instrucciones de mantenimiento. Es aquí donde se ve

la enorme potencia del análisis de fallos: no sólo se obtiene un conjunto de tareas de mantenimiento que evitarán estos fallos, sino que además se obtendrán todo un conjunto de otras medidas, como un listado de modificaciones, un plan de formación, una lista de procedimientos de operación necesarios. Y todo ello, con la garantía de que tendrán un efecto muy importante en la mejora de resultados de una instalación.

Determinadas las medidas preventivas para evitar los fallos potenciales de un sistema, el siguiente paso es agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación, procedimientos de mantenimiento y formación), lo que luego nos facilitará su implementación.

El resultado de esta agrupación será:

- Plan de Mantenimiento. Era inicialmente el principal objetivo buscado. El plan de mantenimiento lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos. Puede verse que aunque era el objetivo inicial de este análisis, no es el único resultado útil.
- Lista de mejoras técnicas a implementar. Tras el estudio, tendremos una lista de mejoras y modificaciones que es conveniente realizar en la instalación. Es conveniente depurar estas mejoras, pues habrá que justificar económicamente ante la Dirección de la planta y los gestores económicos la necesidad de estos cambios.
- Actividades de formación. Las actividades de formación determinadas estarán divididas normalmente en formación para personal de mantenimiento y formación para personal de operación. En algunos casos, es posible que

se sugiera formación para contratistas, en tareas en que éstos estén involucrados.

- Lista de Procedimientos de operación y mantenimiento a modificar. Habremos generado una lista de procedimientos a elaborar o a modificar que tienen como objetivo evitar fallos o minimizar sus efectos. Como ya se ha comentado, habrá un tipo especial de procedimientos, que serán los que hagan referencia a medidas provisionales en caso de fallo.

3.7 ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el R.C.M. se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de los fallos que pretende prevenir. Si la respuesta es negativa el R.C.M. aconseja la realización de las tareas “a falta de”, que serían las tareas a emplear en última instancia para prevenir el fallo.

Al hacer esta pregunta, el R.C.M. combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

- Una acción que signifique prevenir el fallo de una función oculta sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de un fallo múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable.

En el caso de modos de fallo ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de fallo es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en

el tiempo porque se podría estar reemplazando con otro componente similar que falle inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica R.C.M. pide explorar con pruebas para hallar el fallo funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta.

Estas pruebas se conocen como tareas de búsqueda de fallos. Las tareas de búsqueda de fallos consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallos que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese fallo en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de fallo a un nivel bajo aceptable, la decisión “a falta de” inicial será que el componente debe rediseñarse.
- Si el fallo tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo periodo de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo.

- Si el fallo tiene consecuencias no operacionales pero hay costos de mantenimiento, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias no operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. Si esto ocurre y las consecuencias no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo.

A continuación se explican varios conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

3.8 TAXONOMÍA Y FRONTERAS.

En esta metodología se requiere definir con precisión el elemento objeto de análisis, Definida como la “Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación.

La taxonomía según la Real Academia Española de la Lengua, es la “herramienta que nos ayuda a visualizar mejor nuestras plantas, sistemas y equipos para concretar el objeto de análisis”.

La norma ISO 14224 la define como “systematic classification of items into generic groups based on factors possibly common to several of the items” (Clasificación sistemática de ítems dentro de un grupo genérico basado en factores posiblemente comunes a todos los ítems). Por ello, debemos empezar desde lo macro de la planta y llegar hasta lo más bajo posible que podamos, identificando los elementos que entregan “al menos una función principal”.

3.9 IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Durante todo el proceso se deben cumplir algunas reglas básicas las cuales habilitarán la obtención del resultado, como son:

- Hacer las cosas simples (tal como lo sugieren en el libro El poder de lo simple)
- Ser consistente con los principios del MCC (tal como lo indica la norma SAE 1011)
- Construir una forma de pensar duradera (tal como son los paradigmas)
- Construya una especialización en casa (Tal como lo sugiere la gestión del conocimiento)
- Permita tomar riesgos e imperfecciones (tal como somos los seres humanos)
- Disponibilidad y disposición de funcionarios de la Empresa (tal como lo requiere el proceso).

Terminados los talleres y elaborado el nuevo plan de mantenimiento, el paso de llevar dicho plan al sistema de información es tan importante como cualquiera de los anteriores. De nada vale hacer todo el esfuerzo de los talleres, de la búsqueda de información, de las definiciones de funciones y modos de falla, de las valoraciones de riesgos y del informe final con el plan de mantenimiento si este no es llevado a la práctica e introducido como parte del sistema de información de mantenimiento.

Se debe hacer una revisión y un análisis del sistema de información de mantenimiento para que cuando se genere el plan de mantenimiento (si este no había estado ingresado previamente al sistema) se puedan migrar esos datos sin mayor dificultad y concuerden las estructuras de los datos y los códigos.

Desafortunadamente, muchos sistemas de información son muy básicos en la gestión de mantenimiento y no todos los sistemas (así aparentemente los

califiquen como los mejores) han estado siendo configurados y utilizados correctamente o alineados con la metodología. En esas circunstancias, nada raro sería que tras el análisis del software se termine generando la necesidad de su cambio o actualización.

3.10 FACILITADORES

Los grupos de análisis del RCM trabajan bajo la supervisión de un experto en la metodología, estos reciben el nombre de facilitadores. Son los integrantes más importantes del proceso de revisión. Su rol es asegurar que el análisis del RCM se lleve a cabo a nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.

Que el RCM sea claramente comprendido y aplicado correctamente por parte de los miembros del grupo.

Que el análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.

Los facilitadores también deberán trabajar con dos responsables del proyecto para asegurar que cada análisis sea debidamente planeado y reciba el apoyo directo y logístico apropiado.

4. APLICACIÓN DEL MÉTODO R.C.M. A LAS CAJAS COMPACTADORA FANALCA F25

4.1 EL CONTEXTO OPERACIONAL.

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes.

Los equipos compactadores de la empresa INTERASEO SAS ESP seccional guajira que operan en la capital del departamento y en sus corregimientos, Por estar situados en una zona costera la humedad relativa de esta son más alta que en otras regiones, la suma de este factor junto con el terreno salino aumenta el deterioro de los equipos por corrosión.

Otro factor que suma frente la problemática de la corrosión es que gran parte de sus vías no se encuentran pavimentadas y los canales de aguas lluvias son muy deficientes, en algunos casos no se cuentan con ellos. Estas aguas se acumulan por gran tiempo y sumado con el suelo salino de la región da como resultado un incremento en los procesos de oxidación de los equipos de la empresa.

Por otro lado la falta de cultura de los habitantes frente a la clasificación de los residuos (mezclar la basura con desechos de concretos, arenas piedras y materiales que no se pueden comprimir), Hace que los equipos sufran deterioros acelerados en la parte estructural y en los sistemas hidráulicos.

Figura 2. Placa eyectora extendida



La figura 2. Muestra los sedimentos formados por material terreo. Este tipo de material va en contra del normal funcionamiento de la unidad compactadora. En él se observa cómo se queda por debajo de la placa eyectora lo que ocasiona que ocurra atascamiento de esta, ya que no permite el desplazamiento del mismo.

También se observa como este material abrasivo va deteriorando de una manera acelerada la estructura. La pared del lado derecho ya está comprometida su integridad, lo que podría ocasionar fugas de lixiviados y rotura en la lámina por causa del desgaste al que ha sido sometida.

La jornada de trabajo de los esquivo está constituida por dos turnos: Turno diurno que inicia a las 6:00 Am y el turno nocturno que inicia a las 6:00 Pm. Estos turnos cuentan aproximadamente 10 horas en frecuencia alta como los son los turnos de lunes a miércoles y 8 horas para los turno de frecuencia baja como los son de jueves a sábado.

4.2 TIPO DE TRABAJO

La flota de vehículos a evaluar está constituida por 5 compactadoras de la marca FANALCA de la denominación F25, de la empresa Interaseo SAS de la regional guajira que prestan los servicio de la recolección de basura en la ciudad de Riohacha y sus corregimientos.

La denominación F25 nos indica que el equipo ha sido diseñado para contener 25 yardas cúbicas en volumen de residuos sólidos, un aproximado de 14 toneladas

De igual manera Esta unidad está dotada con una tolva hasta de 3 yd³ que aumenta la capacidad de carga en el recorrido y una altura de cargue óptima para facilitar la labor del operario, es importante tener en cuenta el nivel de llenado de la tolva (ver figura 4) ya que el exceder este genera daños en el sistema hidráulico y estructural, disminuyendo la capacidad de compactar bien la basura y mermando la carga.

Estos equipos han sido diseñado para la recolección de residuos o desechos sólidos según decreto 2981 de 2013. Elementos ajenos a este van en deterioro, daño o generan sub utilización del mismo, por lo tanto está prohibido cargar escombros, colchones, palos gruesos, partes metálicas, tinas metálicas o plásticas, tierra, arena, vidrios, sillas y poltronas entre otros

El no cumplimiento estricto en lo anterior mencionado causa daños severos en la estructura y los diferentes sistemas de la unidad compactadora como lo son.

El compactar arena, escombros, piedras causan deformaciones entre paredes pisos y superficie de las placas por ser materiales no compresibles. También causan desgaste por abrasión debilitando el metal.

Materiales como el hierro, troncos gruesos pueden perforar las láminas o generar fallos por atascamiento entre placas

Figura 3. Cuchilla eyectora para reparación



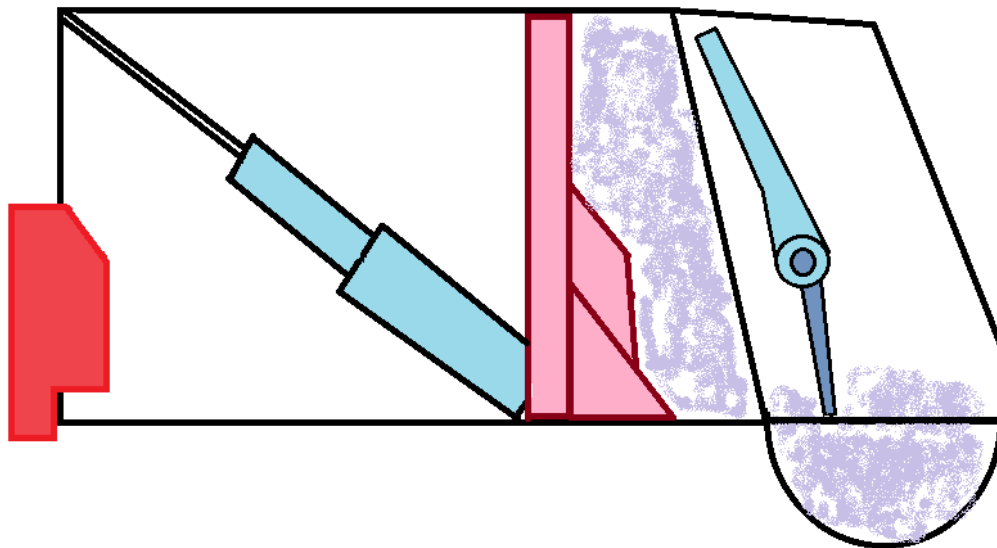
En la figura 3. Podemos ver los daños ocasionado a una cuchilla eyectora por atascamiento. Este elemento sufrió daño en la base del gato eyector y en los soportes de los tacos de deslizamiento, aparte la estructura se nota doblada y con problemas de desgaste.

El equipo debe encontrarse en excelente estado de limpieza para evitar malos olores, malos sellados entre la caja compactadora-tolva y que los fluidos de líquidos lixiviados generados por los residuos en el proceso de compactación no lleguen al depósito evitando en este último que ocurran derrame al exterior.

El proceso de recolección inicia con el equipo vacío y con las distintas placas en posición de inicio (placa eyectora a 30 cm de la tolva, placa de barrido y compactación en el punto superior como lo indica la figura 2).

Para realizar el proceso de compactación el equipo debe estar en reposo con la tolva llena de residuos hasta la altura permitida como lo muestra la figura 2, para evitar malos procesos. Por cada compactada que se realice la placa eyectora debe de retroceder 2". El sistema es accionado por la toma de fuerza que se activa de forma neumática por medio del interruptor que se encuentra situado en la cabina del conductor

Figura 4. Proceso de compactación



Hay que tener en cuenta que actualmente en INTERASEO S.A.S E.S.P sede Guajira, no existe un lineamiento interno y/o procedimiento definido de mantenimiento para este tipo de cajas compactadoras, como consecuencia de esto se presentan a diario fallas en los distintos componentes: hidráulicos, mecánicos y estructurales lo que traduce en incrementos de mantenimientos correctivos no planeados, paradas de flota (suspensión imprevista en la prestación

del servicio), incumplimiento de indicadores de operación y pérdidas económicas para la compañía.

4.3 CARACTERÍSTICA

Cuerpo	25 Y ³
Capacidad de carga	14 ton*
Garantía caja	Un (1) año
Tipo	paredes planas

Construcción caja

Material	Aceros HSLA Antidesgaste
Laterales y techo	Lamina 3.4 mm de 60,000 PSI
Sección delantera	
Laterales sección trasera	Lámina 4.5 mm de 70,000 PSI
Piso	Lámina 4.5 mm de 70,000 PSI
Panel de eyección	Lámina 2.6 mm de 50,000 PSI
Refuerzos laterales	Estructura de refuerzo compuesta Por perfiles estructurales en acero de alta resistencia.
Base anticorrosiva	Epóxica
Pintura acabado	Poliuretano color Blanco

Tolva

Piso	Lámina 6.00mm de 175,000 PSI Dureza 450 HBW
Laterales	Lámina 4.5mm de 70,000 PSI
Compactación	Hidráulica
Placa compactadora	Lámina 3.4mm de 60,000 PSI
Placa barredora	Lámina 3.4mm de 60,000 PSI

Sistema de cargue

Tipo	Manual
Localización	Posterior
Altura de cargue	1 metro
Capacidad de la tolva	1.5 yd ³

Compactación

Tipo	Hidráulica de mando manual
Ciclo de barrido	22 segundos
Presión máx. del sistema	2,500 PSI
Fuerza de compact.	34,000 kg
Densidad de compact.	650 kg/m ³

Plataforma de tripulación

Cantidad	Dos (2) estribos posteriores (Abatibles)
Localización	Esquinas traseras inferiores

Sistema hidráulico

Toma de fuerza	Acoplado a la transmisión por aire con activación e indicación desde la cabina
Bomba hidráulica	Acoplada directamente al toma de fuerza con especificaciones de caudal y presión requeridas para su correcto fundamento De 16 GPM a 1,100 RPM
Tipo de aceite	aceite con viscosidad ISO 68
T. trabajo aceite	(66-77) C°
Caudal	63 L/m
Presión	Máximo 2,500 PSI
Tanque de aceite	Capacidad de 30 galones para Aceite hidráulico
Filtro de retorno	20 Micrones
Sistema de seguridad	Válvula de alivio

Cilindros hidráulicos

Fabricación	Fabricados en tubería de alta Presión, importados, especializados En fabricación de cilindros hidráulicos
Eyección	Cilindro de doble efecto multietapas De 5 ½" de diámetro
Compactación	Dos (2) cilindros de doble efecto de

	4.1" de diámetro
Barrido	Dos (2) cilindros de doble efecto de 3.5" de diámetro
Levante tolva	Dos (2) cilindros de simple efecto de 3.0" de diámetro
Presión de operación	Máximo 2,200 PSI

Otros

Controles	Dos manuales
Luces	Reglamentarias del vehículo, trabajo Nocturno y giratorio
Tanque de evacuación De lixiviados	Uno (1) Lateral
Colector de goteo Líquidos lixiviados	Incluido un unión caja - Tolva
Empaque tolva	Uno (1) son cubrimiento total lateral E inferior. Con sistema de sujeción Por canal para fácil recambio
Sistema de cierre	Trinquete
Plan de mantenimiento	

4.4 ELEMENTO DE ESTUDIO

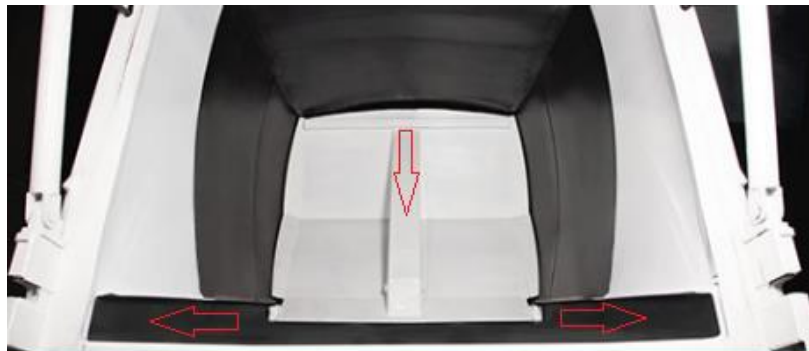
Como primera medida se tomaran los históricos de mantenimiento obtenidos y se realizara un Pareto para tomar el elemento que nos esté causando más tiempo de fallos y así de este modo simplificar la búsqueda y aplicarle el método del RCM para obtener el plan de mantenimiento que se desea

Analizando los resultados obtenidos en nuestro diagrama de Pareto según el anexo A, podemos observar que el elemento “Placa eyectora” nos representa un componente crítico en el cual se concentra gran parte de tiempos de fallos y horas de reparación, motivo por el cual centraremos el estudio

Ya teniendo como objeto nuestro elemento de estudio “placa eyectora”, conoceremos un poco de su naturaleza en una unidad compactadora antes de aplicar la metodología.

La placa eyectora es una estructura metálica encargada de ofrecer resistencia a la compresión ejercida por la placa de barrido y compactación contra la basura. Esta placa cuenta con tacos no metálicos para minimizar el desgaste y desplazarse con mayor facilidad por las guías ubicadas a lo largo del cuerpo de la caja.

Figura 5. Parte interna unidad compactadora Fanalca



Fuente: Manual de partes F20 Fanalca S.A.

En la figura 5. Podemos observar cómo está diseñado el acoplamiento entre la cuchilla eyectora a la caja compactadora por medio de rieles. Se ha notado que este diseño ha sido poco favorable al momento de ingresar a la unidad elementos de material térreos, ya que por estar cerca del nivel del piso de la caja es fácil que se acumulen este tipo de residuos en los rieles afectando de este modo su buen funcionamiento.

Otros equipos tienen un mejor desempeño en estas situaciones debido a que en su diseño los rieles se encuentran a mayor altura con respecto al piso de la tolva lo que disminuye en gran parte el riesgo de sufrir atascamientos de este tipo como los son los de las cajas compactadoras USIMECA como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Parte interna unidad compactadora Usimeca



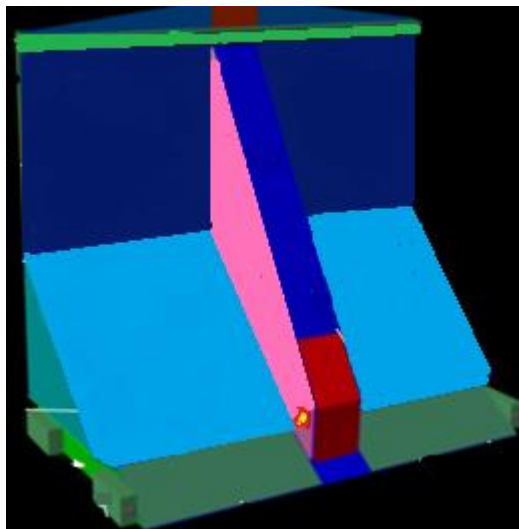
Fuente: Manual de partes Usimeca

Cabe resaltar que estas cajas no están diseñadas para compactar este tipo de materiales, pero por la naturaleza de la operación de recolección en algún momento lo es requerido.

La placa eyectora obtiene su movimiento debido a la fuerza que ejerce el cilindro eyector sobre ella, Las tolerancias que posee este elemento entre el piso y paredes son mínima para evitar que los residuos pasen del lado opuesto a la placa evitando de esta forma que ocurran fallas funcionales en el sistema.

Esta placa es la encargada de retirar la basura de la unidad compactadora cuando se encuentra en el proceso de evacuación de los desechos en los sitios de disposición final.

Figura 7. Placa eyectora



Fuente: Manual de partes F20 Fanalca S.A.

La figura 5. Nos muestra las partes que conforman al elemento placa eyectora

Debido al alto costo que representa este tipo de repuesto, solo se tiene un stock para 5 unidades, los elemento que sean reemplazados serán reparados por el personal de mantenimiento para que este quede como stock. Por lo antes dicho se debe evitar los fallos en cascada de este componente, ya que se vería comprometida la disponibilidad de los equipos y con ello la correcta prestación del servicio prestado.

4.4 APLICACIÓN DEL MÉTODO

Una vez explicado el contexto operacional y las características de nuestro sistema, Comenzaremos aplicando el método para la consecución de nuestro plan de mantenimiento.

Como primera medida se realiza la taxonomía de nuestro equipo para comprender mejor el elemento de estudio. Ver Anexo A.

Como segunda medida nos corresponde definir las funciones que posee nuestro elemento de estudio, para ello agrupamos toda la información del Anexo B.

Nuestro siguiente paso es agrupar toda la información de las funciones, falla funcional, modos de falla y efectos de falla. Para esto utilizaremos una hoja de trabajo de información RCM para consolidar toda la información, ver Anexo C.

Habiendo aplicado la metodología a nuestro elemento de estudio y teniendo definido las fallas ocultas, los riesgos, tipo de decisiones, asignación de tareas de mantenimiento, frecuencias y recurso de cada uno de los fallos como lo podemos observar en el Anexo C, expondremos acá los resultados encontrados para luego realizar el plan de mantenimiento.

Cada dos Días (50 horas)

- realizar inspecciones de los laterales (estados de las uniones soldadas y desgaste en metal).
- realizar inspecciones de los rieles y tacos guías de la placa eyectora

Cada 6 meses (2500 Horas)

- realizar reemplazo de los tacos guías una vez hayan alcanzado un desgaste de 2 cm aproximado
- realizar cambio de riel aprovechando la parte inferior del mismo para dar más altura
- realizar reemplazo de los soportes de los tacos de deslizamiento

Cada 12 meses (5000 Horas)

- realizar reemplazo de placa eyectora al presentar síntomas de desgaste

4.6 PLAN DE MANTENIMIENTO

Con los datos obtenidos en nuestro RCM realizamos el siguiente plan de mantenimiento:

Diariamente

- Comprobación de nivel de aceite hidráulico
- Lubricación de los puntos de pivote placa de compactación
- Lubricación de los puntos de giro de cilindros de compactación
- Lubricación de los puntos de giro de los cilindros de barrido
- Lavado tanque de lixiviado
- Lavado parte interna caja y tolva
- Lubricación de rieles placa eyectora

Cada 50 Horas

- Lubricación de pivotes brazo rígido
- Lubricar mando del toma de fuerza
- Inspección visual rieles superficies y uniones soldadas en laterales
- Realizar mediciones en tacos guías y riel

Cada 100 Horas

- Lubricación de los puntos de giro de cilindros eyector
- Lubricación de los puntos de la tolva
- Lubricación de los puntos de giro de cilindros de levante de tolva
- Inspección visual estados de líneas hidráulicas (mangueras, tuberías y accesorios)
- Calibrar presión del sistema (si lo requiere)

Cada 300 Horas

- Tomar muestra de aceite
- Realizar purga al depósito de hidráulico
- Inspección a línea neumática

Cada 500 Horas

- Inspeccionar operación correcta del toma de fuerza
- Inspeccionar el tiempo del ciclo de barrido
- Inspeccionar el tiempo del ciclo de compactación
- Verificar tiempo se levante de tolva
- Verificar tiempo de descenso de tolva

- Verificar funcionamiento del sistema de aceleración automática
- Extender cilindro eyector e inspeccionar secciones

Cada 2500 Horas

- Toma de muestra de aceite
- Reemplazo tacos guía de cuchilla eyectora
- Reemplazo de riel de cuchilla eyectora
- Reemplazo soporte de tacos guía
- Cambio elemento filtro hidráulico
- Realizar fluxión al fluido hidráulico
- Cambio elemento filtro aire
- Cambio empaque portalón

Cada 5000 Horas

- Cambio aceite hidráulico
- Cambio elemento filtro aceite
- Cambio elemento filtro aire
- Limpieza deposito hidráulico
- Cambio cuchilla eyectora
- Cambio sufrideras tolva
- Cambio sufridera placa barrido
- Cambio pasadores cilindro barrido y compactación

5. CONCLUSION

En este trabajo se Diseñó un plan de mantenimiento preventivo de las cajas Fanalca F25 de los vehículos compactadores de la empresa INTERASEO S.A.S E.S.P. para aumentar la disponibilidad operacional basado en un RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad).

Lo más importante de la generación de este plan de mantenimiento fue la estandarización de tareas estipuladas para mejorar la confiabilidad de los equipos compactadores ya que antes de esto se estaba ejerciendo el típico trabajo de bomberos como se dice comúnmente en mantenimiento (apagando incendios) debido a que no se tenía un control de los fallos, lo que ocasionaba que porque....

Lo que más ayudo a generar esta metodología fue la necesidad de cambio ya que se manejaban niveles altos de estrés tanto en el área de mantenimiento como el de operaciones debido a que los equipos presentaban fallos reiterativos y su confiabilidad era baja. Aparte de esto el apoyo que se tuvo con el personal de mantenimiento sirvió claramente como un entrenamiento, ya que en la aplicación del RCM se afianzaron los conocimientos sobre los sistemas al que se le empleo la metodología y se creó conciencia del porque es importante realizar las tareas de mantenimiento y las consecuencias que podrían aquejar si no se cumple lo estipulado.

Lo más difícil en la generación de esta metodología fue la recopilación de todo los históricos de fallos debido a que la empresa estaba iniciando un proceso de migración a un software de mantenimiento (info@mante) para mejorar la trazabilidad de los procesos ya que gran parte de los trabajos de mantenimiento no se documentaban o se perdían registros de los mismo.

Parte de esta valiosa información se obtuvo con la ayuda del personal más antiguo del área de mantenimiento

Debido a que los procedimientos de mantención de un equipo establecidos por los distribuidores, generalmente son efectivos hasta cierto punto, ya que no todos los equipos operan bajo los mismos parámetros de funcionamiento, o bajo el mismo contexto operacional, realizar un análisis RCM a un equipo nuevo o que lleve poco tiempo operando es de gran ayuda para el personal de mantención, porque se pueden tomar decisiones más rápidas y más asertivas en cuanto a las posibles fallas y su respectiva tarea a realizar.

6. RECOMENDACIONES

Cabe resaltar que antes de iniciar con el plan de mantenimiento se aconseja realizar la estandarización de los equipos en lo concerniente a la señalización de operación y áreas de peligros, al igual las líneas hidráulicas teniendo en cuenta los ítems a continuación:

- Verificar que todos los equipos cuenten con la señalización (ilustraciones de cómo se deben utilizar los mandos hidráulicos de los equipos de compactación y zonas de peligro. Ver Figura 14)
- Realizar anclaje de todos los elementos que se observan sueltos (tuberías, mangueras y accesorios) que pudieran causar daños entre si y a terceros
- Verificar que la tripulación se encuentre capacitada para operar este tipo de sistema.

Ya que en algunos equipos debido al tiempo de operación que han tenido, se les ha venido deteriorando. Para que de este modo se pueda eliminar en lo posible los fallos por mala operación de los equipos y daños prematuros entre componentes como lo es el que ocurre por roces entre mangueras y tuberías.

BIBLIOGRAFIA

FERNÁNDEZ, F.J. “teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado”. Madrid: Fundación Confemetal, 2005.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Industrial. Madrid: Renovetec., 2009-2012.

MOUBRAY. Jhon. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd. 2004

PEREZ J, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento – Sistemas de Información. Soporte y Cia Ltda – Colombia

Anexo A. Taxonomía de unidad compactadora

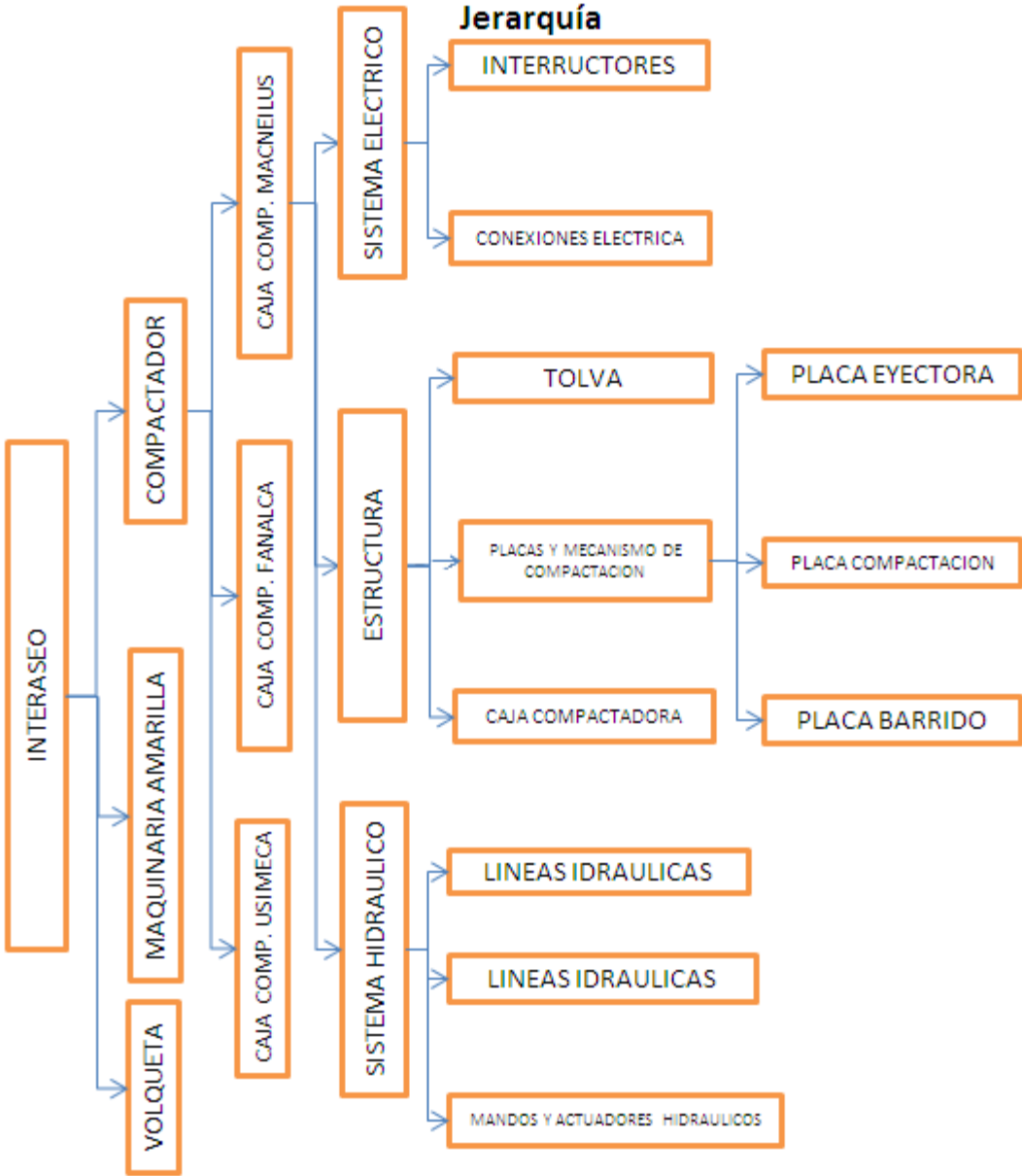
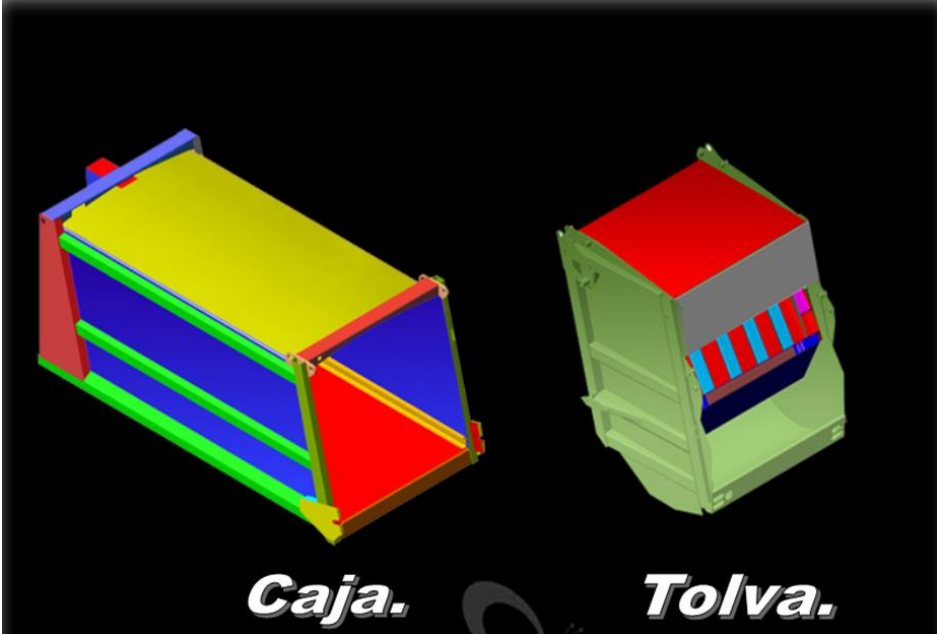
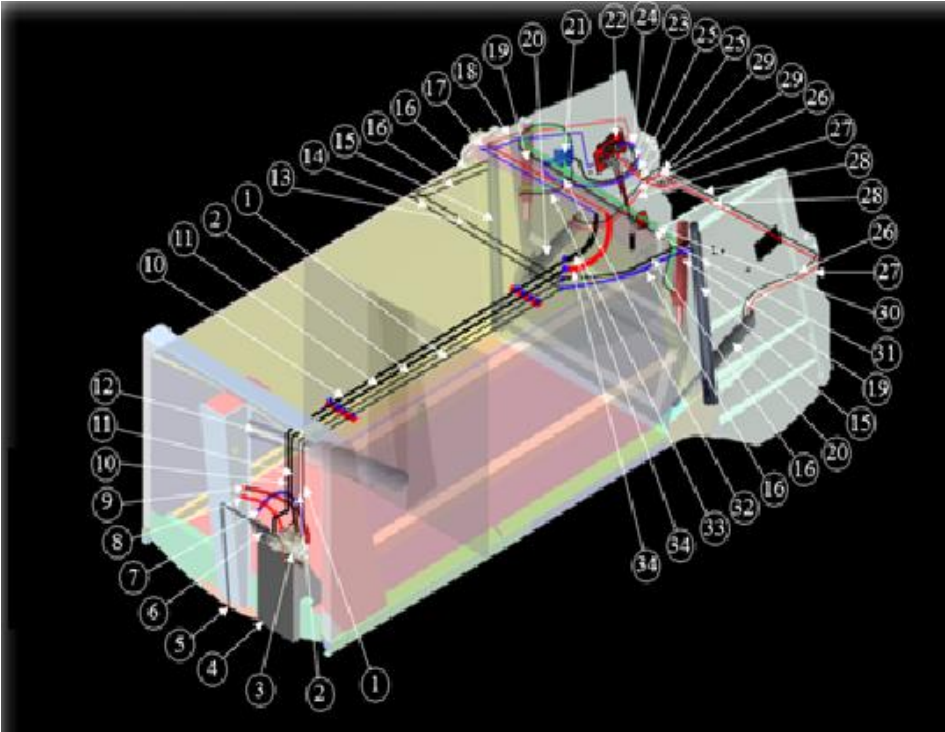


Figura 8. Caja compactadora y tolva



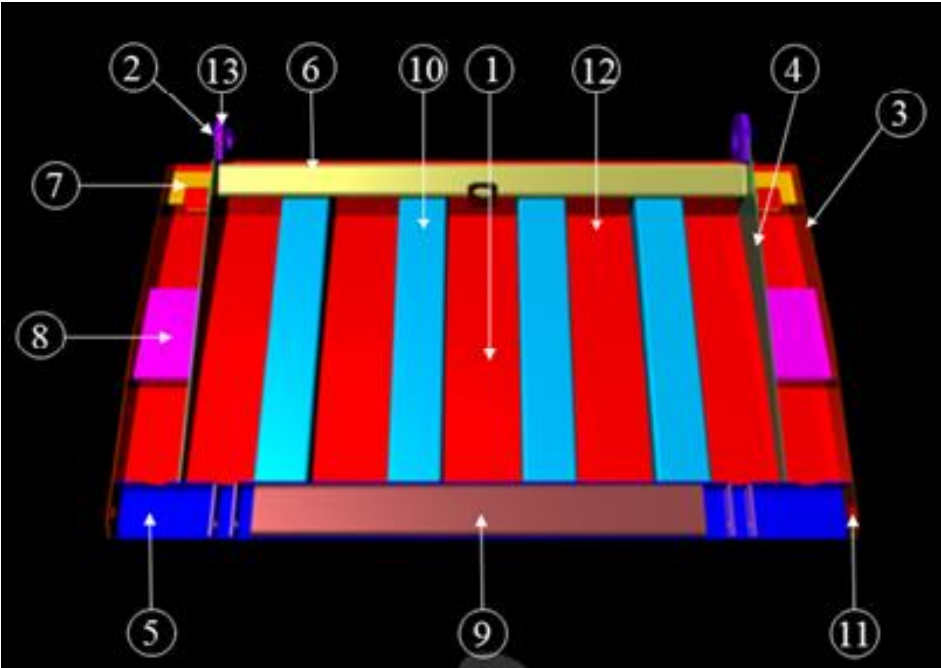
Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 9. Líneas hidráulicas



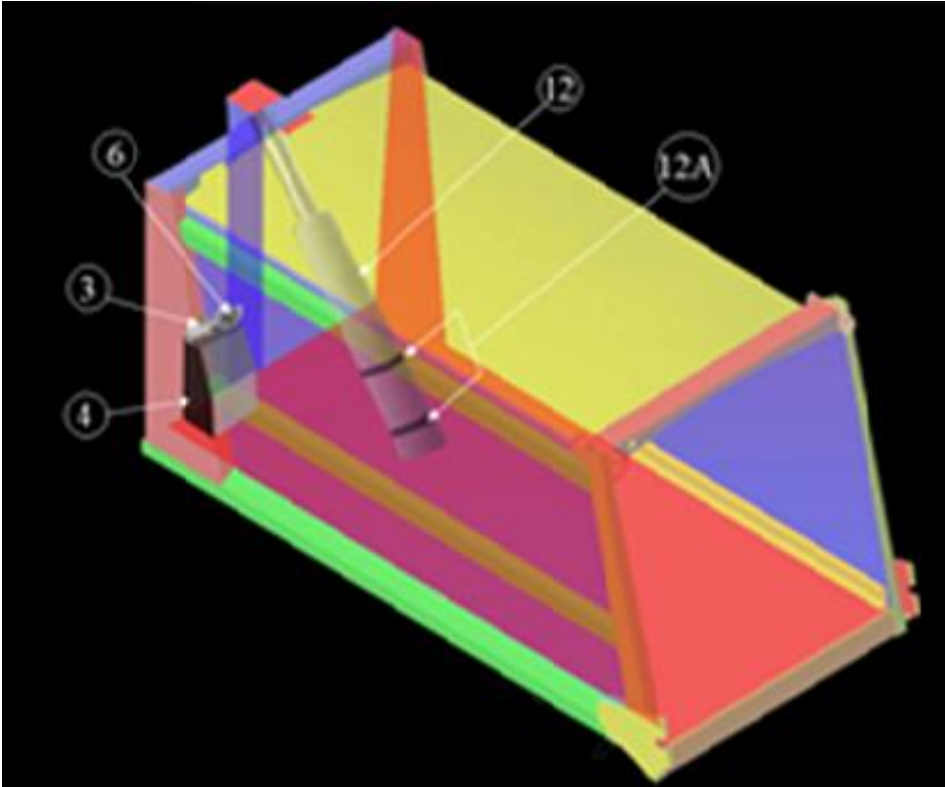
Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 10. Placa de compactación



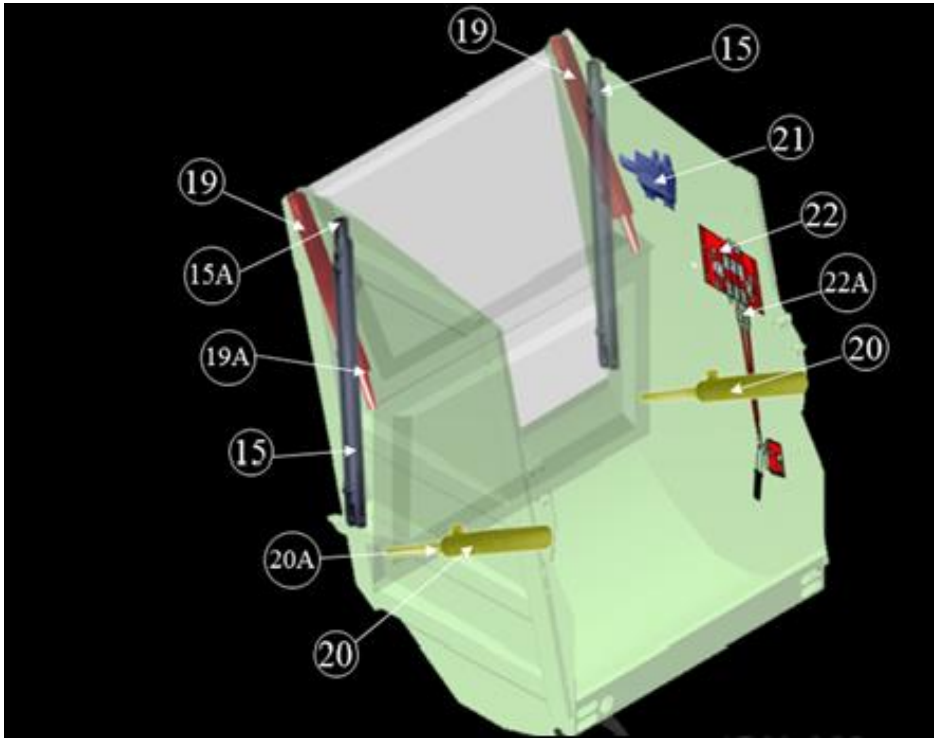
Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 11. Cilindro evector v deposito hidráulico



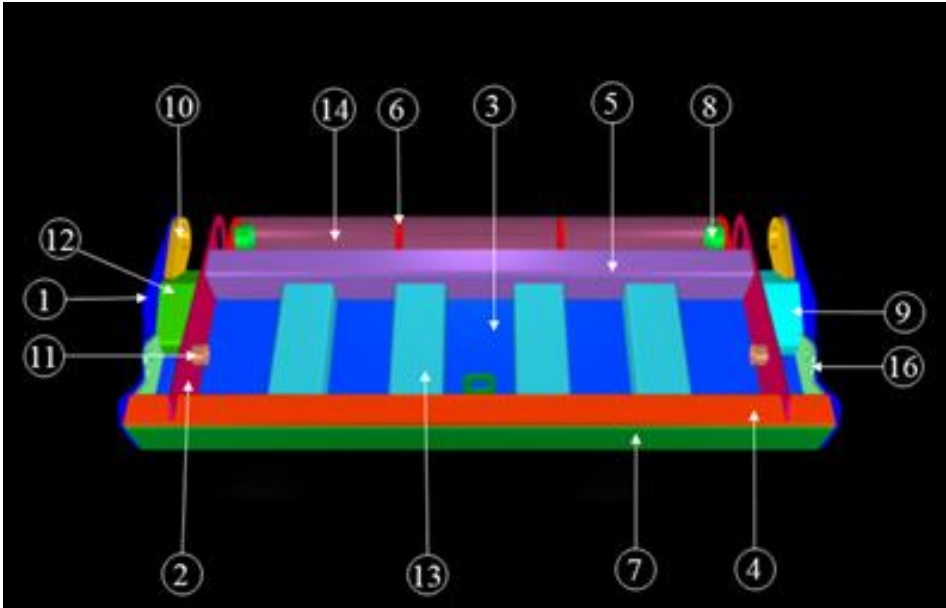
Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 12. Tolva



Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 13. Placa barrido



Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

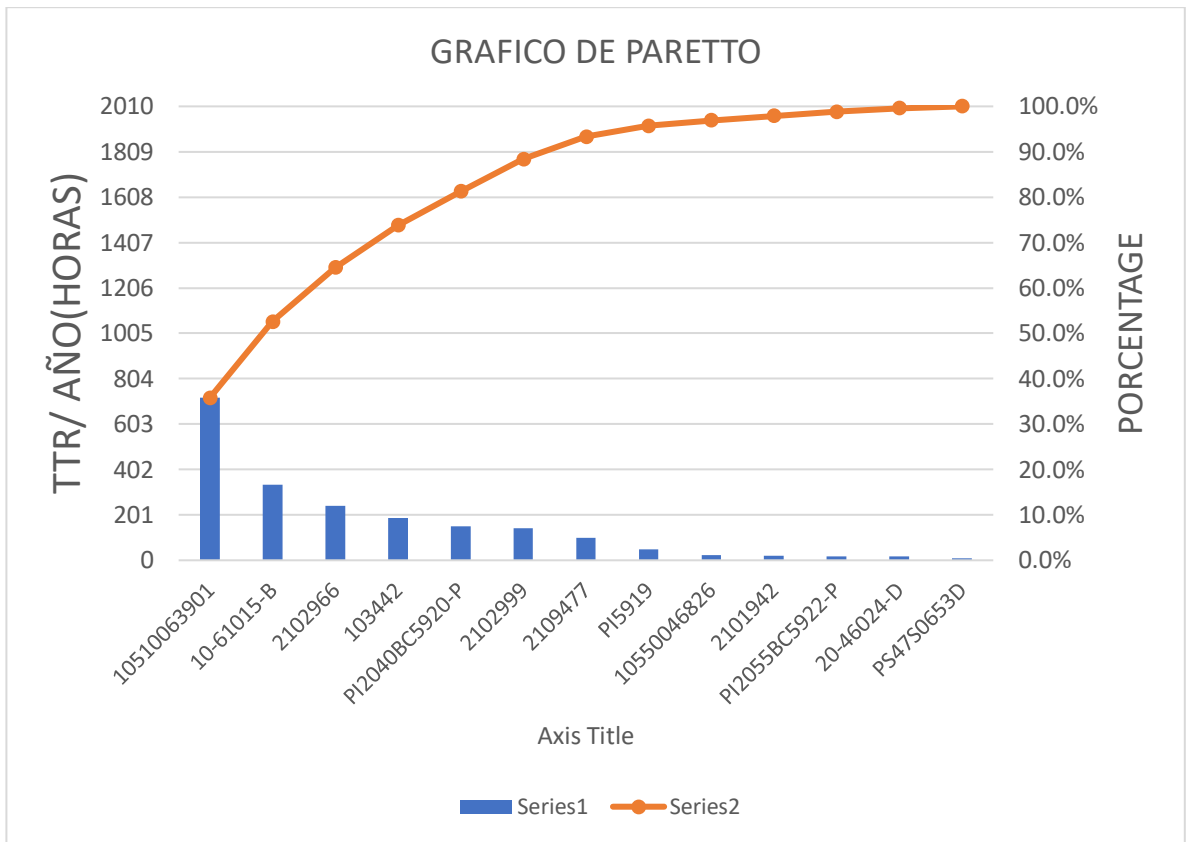
Anexo B. Históricos de Fallos

NO	COMPONENTE	CODIGO DE COMPONENTE	TTR/AÑO (HORAS)
1	cilindro compactacion	PI2055BC5922-P	18
2	cilindro eyector	PS47S0653D	8
3	cilindro levante	PI5919	48
4	cilindros barrido	PI2040BC5920-P	151
5	empaque portalon	10550046826	24
6	manguera sistemama	103442	187
7	PIN (pasador barrido)	2102999	143
8	PIN (pasador compactacion)	2109477	99
9	placa barrido	2102966	240
10	placa compactacion	20-46024-D	16
11	placa eyectora	10510063901	720
12	tolva	10-61015-B	336
13	tubo hidraulico	2101942	20

Anexo C. Datos de Pareto

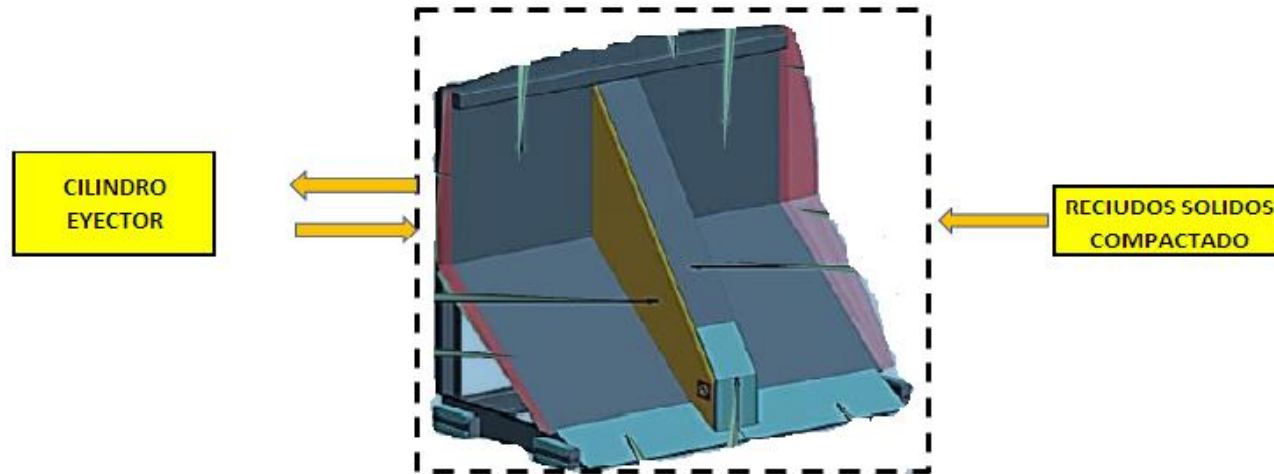
CODIGO COMPONENTE	TTR/AÑO (HORAS)	%	ACUMULADO	% ACUM.
10510063901	720	35,8%	720	35,8%
10-61015-B	336	16,7%	1056	52,5%
2102966	240	11,9%	1296	64,5%
103442	187	9,3%	1483	73,8%
PI2040BC5920-P	151	7,5%	1634	81,3%
2102999	143	7,1%	1777	88,4%
2109477	99	4,9%	1876	93,3%
PI5919	48	2,4%	1924	95,7%
10550046826	24	1,2%	1948	96,9%
2101942	20	1,0%	1968	97,9%
PI2055BC5922-P	18	0,9%	1986	98,8%
20-46024-D	16	0,8%	2002	99,6%
PS47S0653D	8	0,4%	2010	100,0%
TOTAL	2010	100%		

Anexo D. Gráficos de Pareto



Anexo E. Definición de funciones

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)	Cód Fun.	FUNCIONES
PLACA EYECTORA	Evacuar 25y3 de residuo solido compactado en 15 segundo	16 horas de trabajo continuo 6 días a la semana	TIPO DE AMBIENTE DE TRABAJO: ALTA POLUCION		E- presión que ejerce la basura compactada		Evacuar los residuos solidos almacenados en la caja de compactación
	Brindar un área de contencion efectiva de metros cuadrado	2 turnos por días	Ambiente alto en material abrasivo		E- presión hidráulica en el proceso de eyección		Contener los residuos solidos de una manera efectiva en cada proceso de compactación
	Retroceder 2" entre compactada		Ambiente con alto contenido corrosivo de líquidos		S- presión hidráulica en el proceso de retroceso		



Anexo F. hoja de trabajo RCM

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
1	contener la basura del ciclo de compactación	A	falla estructural en la placa de eyección	1	los laterales de la placa se encuentran en mal estado	los residuos pasan por encima o del lado de la placa eyectora a la parte de atrás
1	contener la basura del ciclo de compactación	B	descarrilamiento de placa eyectora	2	la placa eyectora se sale de los soportes por falta de sujeción	los residuos pasan a la parte detrás de la placa eyectora por no estar en su sitio
2	eyectar todos los residuos sólidos contenido en la caja compactadora	A	perdida de movilidad de la placa eyectora	1	atascamiento de la placa eyectora	se produce entre rieles por desperfecto en patines deslizantes lo que ocasiona que la placa se desalinee

Anexo F. (continuación)

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
2	eyectar todos los residuos solidos contenido en la caja compactadora	B	falla estructural en la placa de eyección	1	atascamiento de la placa eyectora	se da cuando material abrasivo (arena tierra) se encuentra en exceso entre los rieles y patines de deslizamiento
2	eyectar todos los residuos solidos contenido en la caja compactadora	A	perdida de movilidad de la placa eyectora	2	atascamiento de la placa eyectora	se produce por desgaste en los patines de deslizamiento lo que ocasiona que los soportes de la cuchilla friccionen contra el piso
2	eyectar todos los residuos solidos contenido en la caja compactadora	B	falla estructural en la placa de eyección	3	rotura en soporte y base de la placa eyectora	desgaste en partes estructurales por corrosión de líquidos lixiviados y material abrasivo

Anexo F. (continuación)

Cód. Func.	Cód. FF	Cód. MF	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor económico del riesgo (\$)	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
1	A	1	NO	D5	C5	C5	C5	400.000	MON	REALIZAR INSPECCIONES DE LOS LATERALES (ESTADOS DE LAS UNIONES SOLDADAS Y DESGASTE EN METAL)	CADA DOS DIAS	TECNICO 1 OPERADOR
1	B	2	NO	C5	C5	C3	C5	1.200.000	MON	REALIZAR INSPECCIONES DE LOS RIELES Y TACOS GUIAS DE LA PLACA EYECTORA	CADA DOS DIAS	TECNICO 1
2	A	1	NO	C5	C5	C5	C5	750.000	CAM	REALIZAR REEMPLAZO DE LOS TACOS GUIAS UNA VEZ HAYAN ALCANZANDO UN DESGASTEN DE 2 CM APROXIMADO	CADA 6 MESES OCUCANDO SE REQUIERA	TECNICO 1

Anexo F. (continuación)

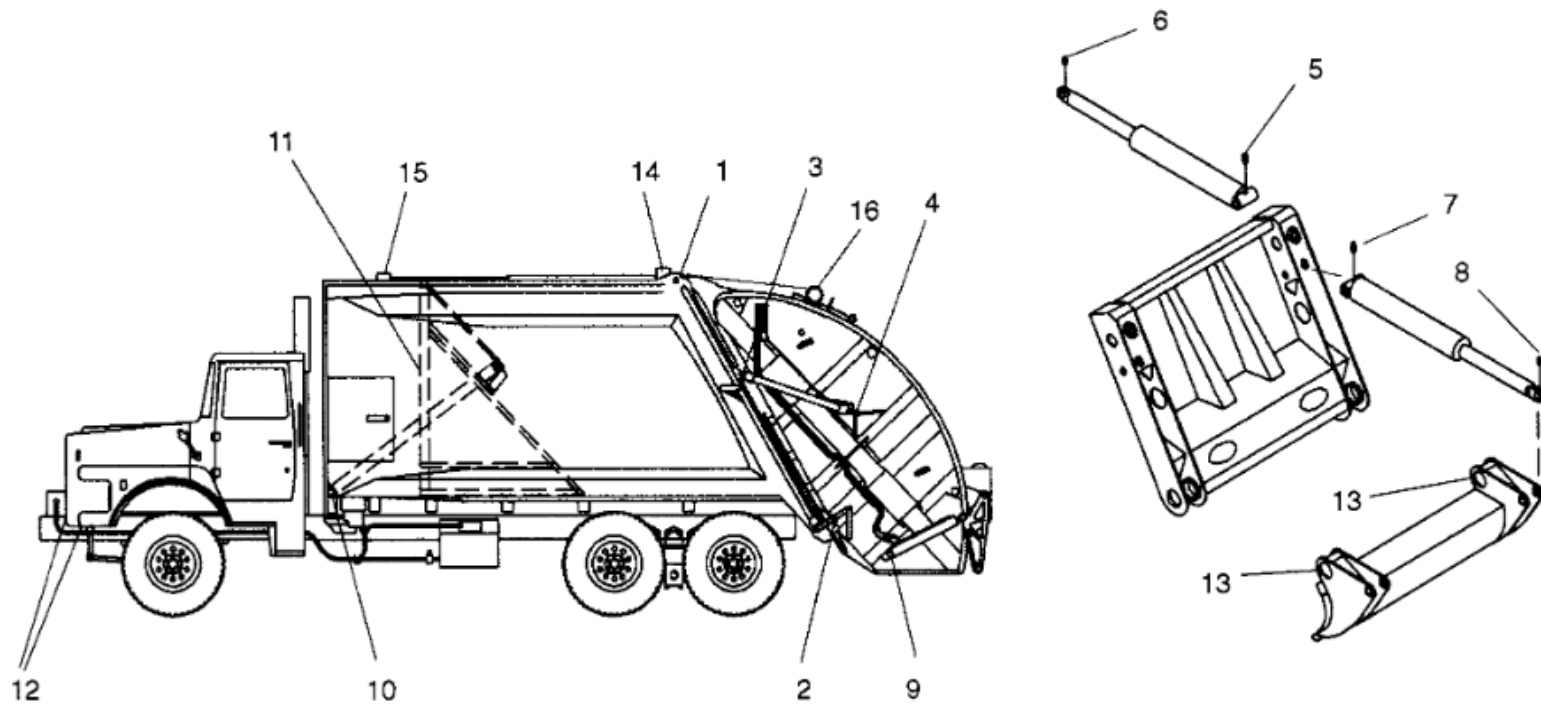
Cód. Func.	Cód. FF	Cód.. MF	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor económico del riesgo (\$)	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS
2	B	1	NO	C3	C3	C3	C2	5.200.000	REACON.	REALIZAR CAMBIO DE RIEL APROVECHANDO LA PARTE INFERIOR DEL MISMO PARA DAR MAS ALTURA	CADA 6 MESES OCUANDO SE REQUIERA	TECNICO SOLDADOR
2	A	2	NO	C3	C3	C5	C2	750.000	CAM	REALIZAR REEMPLAZO DE LOS SOPORTES DE LOS TACOS DE DESLIZAMIENTO	CADA 6 MESES OCUANDO SE REQUIERA	TECNICO 1
2	B	3	SI	C3	C3	C3	C2	7.500.000	CAM	REALIZAR REEMPLAZO DE PLACA EYECTORA AL PRESENTAR SINTOMAS DE DESGASTE	CADA 12 MESES	TECNICO 1 TECNICO SOLDADOR

Figura 14. Señalizaciones de operación y peligros del equipo



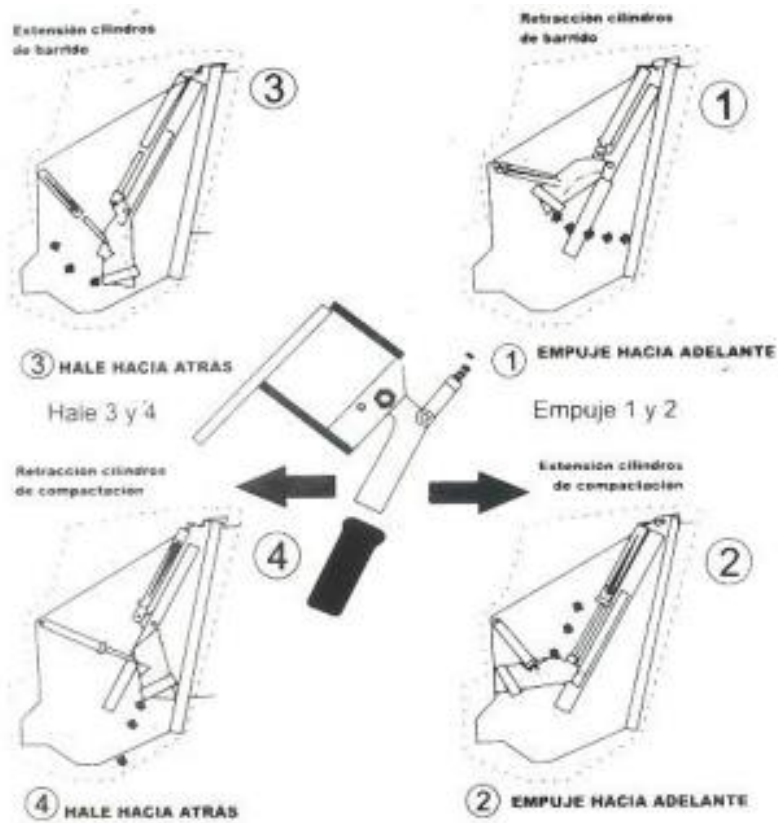
Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 15. Carta de lubricación



Fuente: Manual de partes Fanalca S.A.

Figura 16. Diagrama de funcionamiento mandos hidráulicos



Fuente: Manual de partes F20 Fanalca S.A.